

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

***PROYECTO DE EJECUCIÓN  
REFORMA DE NAVE Nº1***

***DOCUMENTO Nº 4 - CÁLCULOS***

**Estudiante** *Guevara, Azcuna, Gerardo*

**Director** *Rojí, Chandró, Eduardo*

**Departamento** *Ingeniería mecánica*

**Curso académico** *19/20*

*Bilbao, 07, 08, 2020*

## Índice

|   |     |
|---|-----|
| 4. CÁLCULOS.....  | 3   |
| 4.1. CÁLCULOS ESTRUCTURALES .....                             | 3   |
| 4.1.1. ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA.....                          | 3   |
| 4.1.2. ACCIONES .....   | 3   |
| 4.1.3. CUBIERTA.....  | 9   |
| 4.1.4. ESTUDIO DEL CERRAMIENTO LATERAL Y FRONTAL.....         | 27  |
| 4.1.5. CORREAS.....   | 38  |
| 4.1.6. LOSA DE CIMENTACIÓN.....                               | 56  |
| 4.1.7. PUERTAS .....  | 61  |
| 4.1.8. DIMENSIONADO MEDIANTE EL PROGRAMA CYPE INGENIEROS..... | 65  |
| 4.1.9. CÁLCULO DE LAS UNIONES.....                            | 112 |
| 4.1.10. INSTALACIONES Y ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL .....     | 115 |

## 4. CÁLCULOS

### 4.1. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

#### 4.1.1. ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA

El encargo corresponde a la solicitud hecha por la empresa Elmet SLU para el cierre y cubrición de espacios anexos a la nave 1, y compartimentación interior de la misma, a fin de anular las emisiones residuales de polvo.

Para el diseño y cálculo de esta estructura, se comprobará la validez de la cubierta, correas, pórticos, arriostramientos, muros de hormigón, columnas, vigas y cimentación.

Los cálculos se realizarán con la ayuda del programa informático CYPE, capaz de realizar el diseño y cálculo en estructuras de hormigón y/o metal; paralelamente, para confirmar la aptitud de los elementos que forman la estructura, se trabajará con los documentos del “Código Técnico de la edificación” e “Instrucción de Hormigón Estructural”.

Se realizarán los cálculos y diseño del almacén 1, ya existente, y de los cierres de espacios circundantes a ella. A lo que el almacén se refiere, se tomarán los siguientes datos de partida:

- Longitud del almacén: 58,5 m.
- Ancho del almacén: 44 m.
- Altura libre: 14 y 10 m.
- Pendiente de la cubierta: 15°.
- Formado por 11 pórticos distanciados 6 m entre sí.

#### 4.1.2. ACCIONES

En este apartado se explicarán una a una las diferentes acciones que aparecen en la estructura, así como los métodos de estimación para determinar dichas acciones. La combinación de estos esfuerzos y los efectos que tienen en la estructura, determinarán los diferentes elementos estructurales y perfiles óptimos para cada uno de ellos. Todas las cargas se considerarán constantes, a excepción de los pesos propios, que serán desconocidos hasta determinar los tipos de perfiles óptimos.

De acuerdo al CTE DB-SE A, se tendrán en cuenta todas las cargas que sufrirá la estructura, siendo la naturaleza de estas las siguientes:

- Sobrecarga de uso.
- Carga permanente.
- Sobrecarga de viento.
- Sobrecarga de nieve.
- Acciones térmicas.

#### **CARGAS APLICADAS**

## CARGA PERMANENTE

Según lo descrito por el CTE en el “Documento Básico de Seguridad estructural”, se considerarán las siguientes acciones: las acciones en la edificación, el peso propio, el pretensado y las acciones del terreno.

El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimiento (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.

El valor característico del peso propio de los elementos constructivos, se determinará, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios.

La acción del pretensado se evaluará a partir de lo establecido en la Instrucción EHE.

Las acciones derivadas del empuje del terreno, tanto las procedentes de su peso como de otras acciones que actúan sobre él, o las acciones debidas a sus desplazamientos y deformaciones, se evalúan y tratan según establece el DB-SE-C.

## SOBRECARGA DE USO

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso.

Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del mismo, se adoptarán como valores característicos los de la siguiente tabla.

| Categoría de uso |  | Subcategorías de uso |   | Carga uniforme<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Carga concentrada<br>[kN] |
|------------------|--|----------------------|---|--|---------------------------|
| A                | Zonas residenciales  | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles  | 2                                      | 2                         |
|                  |  | A2                   | Trasteros   | 3                                      | 2                         |
| B                | Zonas administrativas  |                      |   | 2                                      | 2                         |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas  | 3                                      | 4                         |
|                  |  | C2                   | Zonas con asientos fijos  | 4                                      | 4                         |
|                  |  | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5                                      | 4                         |
|                  |  | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas   | 5                                      | 7                         |
|                  |  | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)  | 5                                      | 4                         |
| D                | Zonas comerciales  | D1                   | Locales comerciales   | 5                                      | 4                         |
|                  |  | D2                   | Supermercados, hipermercados o grandes superficies  | 5                                      | 7                         |
| E                | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)                             |                      |   | 2                                      | 20 <sup>(1)</sup>         |
| F                | Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>   |                      |   | 1                                      | 2                         |
| G                | Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>   | G1 <sup>(7)</sup>    | Cubiertas con inclinación inferior a 20°  | 1 <sup>(4)(8)</sup>                    | 2                         |
|                  |  | G2                   | Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>  | 0,4 <sup>(4)</sup>                     | 1                         |
|                  |  |                      |   | 0                                      | 2                         |

Tabla 4.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso.

Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, contenido de los conductos, maquinaria y en su caso vehículos,

así como las derivadas de la utilización poco habitual, como acumulación de personas, o de mobiliario con ocasión de un traslado.

Para el dimensionado de los elementos portantes horizontales (vigas, nervios de forjados, etc.), y de sus elementos de enlace (ménsulas, ábacos, etc.), la suma de las sobrecargas de una misma categoría de uso que actúen sobre él, puede reducirse multiplicándola por el coeficiente de la tabla 2, para las categorías de uso A, B, C y D. De la misma manera, para el dimensionado de un elemento vertical (pilar, muro), la suma de las sobrecargas de un mismo uso que graviten sobre él, puede reducirse multiplicándola por el coeficiente de dicha tabla, para las categorías de uso A, B, C y D.

| Elementos verticales            |       |         | Elementos horizontales                  |     |     |     |
|---------------------------------|-------|---------|---|-----|-----|-----|
| Número de plantas del mismo uso |       |         | Superficie tributaria (m <sup>2</sup> ) |     |     |     |
| 1 ó 2                           | 3 ó 4 | 5 ó más | 16                                      | 25  | 50  | 100 |
| 1,0                             | 0,9   | 0,8     | 1,0                                     | 0,9 | 0,8 | 0,7 |

Tabla 4.2. Coeficiente de reducción de sobrecargas.

Los coeficientes de reducción anteriores podrán aplicarse simultáneamente en un elemento vertical cuando las plantas situadas por encima de dicho elemento estén destinadas al mismo uso y siempre que correspondan a diferentes usuarios, lo que se hará constar en la memoria del proyecto y en las instrucciones de uso y mantenimiento.

### SOBRECARGA DE VIENTO

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

Las dimensiones del Documento Básico no son aplicables a los edificios situados en altitudes superiores a 2000 m. En estos casos, las presiones del viento se deben establecer a partir de datos empíricos disponibles.

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática,  $q_e$  puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

siendo:

- $q_b$ : Presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse  $0,5 \text{ kN/m}^2$ .
- $c_e$ : Coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.
- $c_p$  el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie. Un valor negativo indica succión.

Los edificios se comprobarán ante la acción del viento en todas las direcciones, independientemente de la existencia de construcciones contiguas medianeras, aunque generalmente bastará la consideración en dos sensiblemente ortogonales cualesquiera. Para cada dirección se debe considerar la acción en los dos sentidos.

En naves y construcciones diáfanas, sin forjados que conecten las fachadas, la acción de viento debe individualizarse en cada elemento de superficie exterior. Cuando en al menos dos de los lados del edificio (fachadas o cubiertas) el área total de los huecos exceda el 30% del área total del lado considerado. Se determina considerando la estructura como una marquesina o una pared libre.

Si el edificio presenta grandes huecos, la acción del viento genera, además de presiones en el exterior, presiones en el interior, que se suman a las anteriores.

El coeficiente eólico de presión interior,  $c_{pi}$ , se considera único en todos los paramentos interiores del edificio que delimitan la zona afectada por la fachada o cubierta que presenta grandes huecos.

| Esbeltez en el plano paralelo al viento | Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
|   | 0,0  | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |
| ≤1                                      | 0,7  | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | -0,3 | -0,4 | -0,5 |
| ≥4                                      | 0,5  | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,3 |

Tabla 4.3. Coeficientes de presión interior.

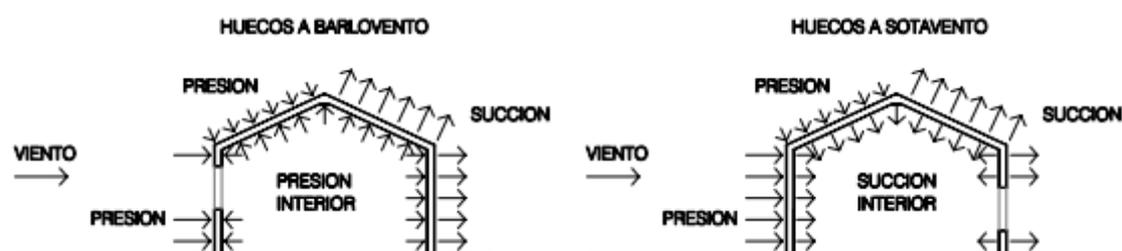


Ilustración 4.1. Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana.

## SOBRECARGA DE NIEVE

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

En cubiertas planas de edificios de pisos situados en localidades de altitud inferior a 1000 m, es suficiente considerar una carga de nieve de  $1,0 \text{ kN/m}^2$ . En otros casos o en estructuras ligeras, sensibles a carga vertical, los valores pueden obtenerse como se indica a continuación.

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal,  $q_n$ , pueden tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

donde,

- $\mu$ : Coeficiente de forma de la cubierta.
- $s_k$ : Valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

Cuando la construcción esté protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve podrá reducirse en un 20%. Si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto, el valor deberá aumentarse en un 20%.

Para el cálculo de los elementos volados de la cubierta de edificios situados en altitudes superiores a 1000 m debe considerarse, además de la carga superficial de nieve, una carga lineal  $p_n$ , en el borde del elemento, debido a la formación de hielo, que viene dada por la expresión (donde  $k=3$  metros):

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

El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal,  $s_k$ , en las capitales de provincia y ciudades autónomas se puede tomar de la siguiente tabla.

| Capital            | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> | Capital           | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> | Capital                    | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|--------------------|--------------|----------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|
| Albacete           | 690          | 0,6                        | Guadalajara       | 680          | 0,6                        | Pontevedra                 | 0            | 0,3                        |
| Alicante / Alacant | 0            | 0,2                        | Huelva            | 470          | 0,2                        | Salamanca                  | 780          | 0,5                        |
| Almería            | 1.130        | 0,2                        | Huesca            | 570          | 0,7                        | SanSebas-<br>tían/Donostia | 0            | 0,3                        |
| Ávila              | 180          | 1,0                        | Jaén              | 820          | 0,4                        | Santander                  | 1.000        | 0,3                        |
| Badajoz            | 0            | 0,2                        | León              | 150          | 1,2                        | Segovia                    | 10           | 0,7                        |
| Barcelona          | 0            | 0,4                        | Lérida / Lleida   | 380          | 0,5                        | Sevilla                    | 1.090        | 0,2                        |
| Bilbao / Bilbo     | 860          | 0,3                        | Logroño           | 470          | 0,6                        | Soria                      | 0            | 0,9                        |
| Burgos             | 440          | 0,6                        | Lugo              | 660          | 0,7                        | Tarragona                  | 0            | 0,4                        |
| Cáceres            | 0            | 0,4                        | Madrid            | 0            | 0,6                        | Tenerife                   | 950          | 0,2                        |
| Cádiz              | 0            | 0,2                        | Málaga            | 40           | 0,2                        | Teruel                     | 550          | 0,9                        |
| Castellón          | 640          | 0,2                        | Murcia            | 130          | 0,2                        | Toledo                     | 0            | 0,5                        |
| Ciudad Real        | 100          | 0,6                        | Orense / Ourense  | 230          | 0,4                        | Valencia/València          | 690          | 0,2                        |
| Córdoba            | 0            | 0,2                        | Oviedo            | 740          | 0,5                        | Valladolid                 | 520          | 0,4                        |
| Coruña / A Coruña  | 1.010        | 0,3                        | Palencia          | 0            | 0,4                        | Vitoria / Gasteiz          | 650          | 0,7                        |
| Cuenca             | 70           | 1,0                        | Palma de Mallorca | 0            | 0,2                        | Zamora                     | 210          | 0,4                        |
| Gerona / Girona    | 690          | 0,4                        | Palmas, Las       | 450          | 0,2                        | Zaragoza                   | 0            | 0,5                        |
| Granada            | 690          | 0,5                        | Pamplona/Iruña    | 450          | 0,7                        | Ceuta y Melilla            |              | 0,2                        |

Tabla 4.4. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas.

## ACCIONES TÉRMICAS

Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. La magnitud de las mismas depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y de la exposición del edificio, las características de los materiales constructivos y de los acabados o revestimiento, y del régimen de calefacción y ventilación interior, así como del aislamiento térmico.

Las variaciones de la temperatura en el edificio conducen a deformaciones de todos los elementos constructivos, en particular, los estructurales, que, en los casos en los que estén impedidas, producen tensiones en los elementos afectados.

La disposición de juntas de dilatación puede contribuir a disminuir los efectos de las variaciones de la temperatura. En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud. Para otro tipo de edificios, los DB incluyen la distancia máxima entre juntas de dilatación en función de las características del material utilizado.

Como se ha explicado en apartados anteriores, para el cálculo y el dimensionamiento, se despreciarán las cargas generadas por las acciones térmicas.

### SISMO

Las acciones sísmicas están reguladas en la NSCE, Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación. Ahí se explica como la aplicación de esta norma carece de importancia en construcciones normales, como es el caso que se aplica en este proyecto, ya que el almacén está dotado de pórticos arrastrados en todas las direcciones. Además, Berango, el emplazamiento del pabellón, presenta una aceleración sísmica de  $0,08 \cdot g$ , donde "g" es la aceleración de la gravedad.

### INCENDIO

Las acciones debidas a la agresión térmica del incendio están definidas en el DB-SI.

### IMPACTO

Las acciones sobre un edificio causadas por un impacto dependen de la masa, de la geometría y de la velocidad del cuerpo impactante, así como de la capacidad de deformación y de amortiguamiento tanto del cuerpo como del elemento contra el que impacta.

Salvo que se adoptasen medidas de protección, cuya eficacia debe verificarse, con el fin de disminuir la probabilidad de ocurrencia de un impacto o de atenuar sus consecuencias en caso de producirse, los elementos resistentes afectados por un impacto deben dimensionarse teniendo en cuenta las acciones debidas al mismo, con el fin de alcanzar una seguridad estructural adecuada.

El impacto de un cuerpo sobre un edificio puede representarse mediante una fuerza estática equivalente que tenga en cuenta los parámetros mencionados.

Este Documento Básico considera solo las acciones debidas a impactos accidentales, quedando excluidos los premeditados, tales como la del impacto de un vehículo o la caída del contrapeso de un aparato elevador.

Estas acciones también serán despreciables para este proyecto.

### OTRAS ACCIONES ACCIDENTALES

En los edificios con usos tales como fabricas químicas, laboratorios o almacenes de materiales explosivos, se hará constar en el proyecto las acciones accidentales específicas consideradas, con indicación de su valor característico y su modelo.

#### 4.1.3. CUBIERTA

##### ELECCIÓN DE LA CUBIERTA

Atendiendo a lo establecido en el CTE, se procederá a determinar las cargas de la envolvente.

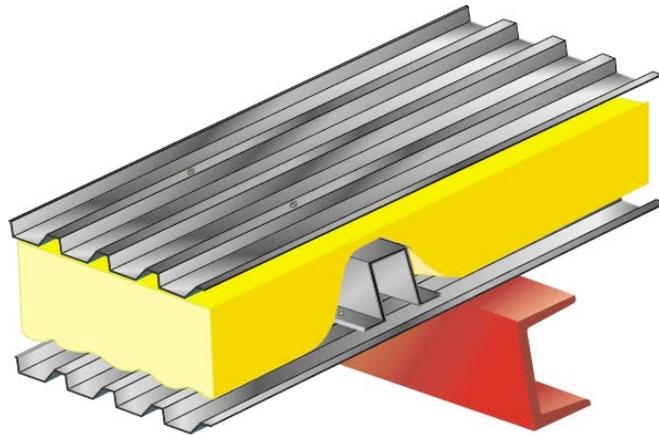


Ilustración 4.2. Panel sándwich.

Las cubiertas serán de panel sándwich formado por dos chapas grecadas de 0,6 mm de acero prelacado, separadas por omegas de acero galvanizado de 30 mm y aislamiento de fibra de vidrio IBR-80 sin papel en cámara.

El panel compuesto elegido para la cubierta, presenta dos revestimientos de chapa metálica, separadas por una capa de fibra de vidrio. Se trata de un panel de gran resistencia mecánica y plenas garantías de estanqueidad sobre cualquier estructura portante sea de madera, acero u hormigón.

Una vez realizadas las comprobaciones pertinentes, se elegirá un cerramiento de 50 mm de espesor, con peso propio de 11,62 kg/m<sup>2</sup>.

| Luz<br>(mm)  | S<br>mm | K              |                           | Peso<br>panel<br>kg/m <sup>2</sup> |
|--|---------|----------------|---------------------------|------------------------------------|
|  |         | Kcal<br>m/h °C | Watt<br>m <sup>2</sup> °C |                                    |
| Chapa exterior de acero prebarnizado 6/10 mm<br>Chapa interior de acero prebarnizado 5/10 mm | 40      | 0,30           | 0,35                      | 11,22                              |
| Chapa exterior de acero prebarnizado 6/10 mm<br>Chapa interior de acero prebarnizado 5/10 mm | 50      | 0,26           | 0,30                      | 11,62                              |

Tabla 4.5. Peso y aislamiento térmico.

En la siguiente tabla se muestran las tensiones máximas admisibles. Se tendrán en cuenta las condiciones de diseño anteriormente descritas.

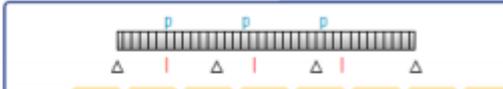
| Luz (mm)   | S mm | K                        |                        | Peso panel kg/m <sup>2</sup> |  |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|------|--------------------------|------------------------|------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  |      | Kcal m <sup>2</sup> h °C | Watt m <sup>2</sup> °C |                              | l = mm   | 1050 | 1400 | 1750 | 2100 | 2450 | 2800 | 3150 | 3500 |
| Chapa exterior de acero prebarnizado 6/10 mm<br>Chapa interior de acero prebarnizado 5/10 mm | 40   | 0,30                     | 0,35                   | 11,22                        | p =  | 559  | 360  | 261  | 200  | 158  | 128  | 106  | 88   |
| Chapa exterior de acero prebarnizado 6/10 mm<br>Chapa interior de acero prebarnizado 5/10 mm | 50   | 0,26                     | 0,30                   | 11,62                        | p =  | 590  | 384  | 286  | 222  | 178  | 146  | 121  | 101  |

Tabla 4.6. Cargas admisibles panel sándwich.

Por otro lado, el cerramiento de cubierta se sustentará sobre correas; de modo que tendrá varios apoyos. Cuanto mayor sea la distancia entre apoyos, mayores serán las cargas sufridas por los mismos. Con el fin de obtener una distribución homogénea a lo largo de toda la fachada, se supondrá una distancia de 1,05 m.

Como puede apreciarse en la tabla 6, la tensión máxima admisible para la cubierta será de 590 kg/m<sup>2</sup>.

Se tomarán los siguientes datos:

- Peso: 11,62 kg/m<sup>2</sup>.
- $q_{pp} = 11,62 \text{ kg/m}^2 \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 1 \text{ kN} / 1000 \text{ N} = 0,114 \text{ kN/m}^2$ .
- Espesor nominal: 50 mm.
- Tensión máxima admisible: 590 kg/m<sup>2</sup>.

### PESO PROPIO

Como se ha explicado anteriormente, se ha elegido un panel sándwich de chapa prelacada con aislamiento interior, y sustentada sobre petrales. Cuenta con un grosor de 50 mm y varios apoyos.

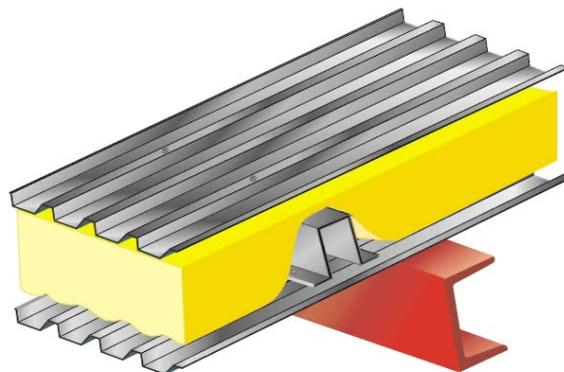


Ilustración 4.3. Detalles de la cubierta.

- ✓  $q_{pp} = 11,62 \text{ kg/m}^2 \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 1 \text{ kN/} 1000 \text{ N} = 0,114 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Espesor nominal: 50 mm
- ✓ **Tensión máxima admisible: 590 kg/m<sup>2</sup>**

### SOBRECARGA USO

La sobrecarga de uso tiene en cuenta todas las cargas actuantes sobre la estructura, tales como personas, herramientas, autos, ...

Para el caso de estudio, únicamente podrá acceder al tejado personal para trabajos de mantenimiento.

Los paneles no superaran 1 kN/m<sup>2</sup> de peso, por lo que se considerará como cerramiento ligero apoyado sobre correas.

Según la tabla de Seguridad Estructura del Documento Básico:

| Categoría de uso |  | Subcategorías de uso |   | Carga uniforme<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Carga concentrada<br>[kN] |
|------------------|--|----------------------|---|--|---------------------------|
| A                | Zonas residenciales  | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles  | 2                                      | 2                         |
|                  |  | A2                   | Trasteros   | 3                                      | 2                         |
| B                | Zonas administrativas  |                      |   | 2                                      | 2                         |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas  | 3                                      | 4                         |
|                  |  | C2                   | Zonas con asientos fijos  | 4                                      | 4                         |
|                  |  | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5                                      | 4                         |
|                  |  | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas   | 5                                      | 7                         |
|                  |  | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)  | 5                                      | 4                         |
| D                | Zonas comerciales  | D1                   | Locales comerciales   | 5                                      | 4                         |
|                  |  | D2                   | Supermercados, hipermercados o grandes superficies  | 5                                      | 7                         |
| E                | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)                             |                      |   | 2                                      | 20 <sup>(1)</sup>         |
| F                | Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>   |                      |   | 1                                      | 2                         |
| G                | Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>   | G1 <sup>(7)</sup>    | Cubiertas con inclinación inferior a 20°  | 1 <sup>(4)/(6)</sup>                   | 2                         |
|                  |  |                      | Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>  | 0,4 <sup>(4)</sup>                     | 1                         |
|                  |  | G2                   | Cubiertas con inclinación superior a 40°  | 0                                      | 2                         |

Tabla 4.7. Valores característicos sobrecarga de uso.

La cubierta pertenece a la categoría G, ya que como se ha dicho será accesible únicamente para conservación. Dentro de esta categoría, se colocará en la G1, puesto que cuenta con un ángulo de inclinación menor a 20° y apoyo sobre correas.

El CTE considera como cubierta ligera cuando las cargas permanentes no superan el valor de 1 kN/m<sup>2</sup>. De este modo, la sobrecarga de uso no es concomitante con otras acciones variables, ya que los días de abundante viento o nieve, no se realizarán trabajos de mantenimiento en la cubierta.

La inclinación será de 15°, como se muestra a continuación:

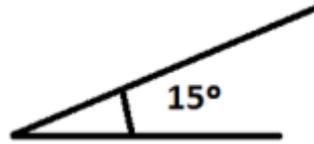


Ilustración 4.4. Inclinación cubierta.

Así pues:

$$q_{s, \text{uso.}} = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) = 0,3836 \text{ kN/m}^2$$

Descomponiendo la carga, se consiguen los siguientes valores en la dirección perpendicular y paralela:

- $q_{s \text{ útil. } \perp} = q_{s \text{ útil.}} \cdot \cos(\alpha) \cdot \cos(\alpha)$
- $q_{s \text{ útil. } //} = q_{s \text{ útil.}} \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha)$

Introduciendo los valores:

- $q_{s \text{ útil. } \perp} = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot \cos(15^\circ) = 0,3732 \text{ kN/m}^2$ .
- $q_{s \text{ útil. } //} = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot \sin(15^\circ) = 0,1 \text{ kN/m}^2$ .

## NIEVE

El proyecto se ubica en el barrio de Berango, cerca de Bilbao. Como puede apreciarse en la siguiente tabla, Bilbao se encuentra a 0 m de altitud y, por lo tanto, el coeficiente “ $s_k$ ” toma el valor de 0,3 kN/m<sup>2</sup>. Como la inclinación de la cubierta es menor de 30°, el valor de “ $\mu$ ” es igual a 1.

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

| Capital            | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> | Capital           | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> | Capital                    | Altitud<br>m | $s_k$<br>kN/m <sup>2</sup> |
|--------------------|--------------|----------------------------|-------------------|--------------|----------------------------|----------------------------|--------------|----------------------------|
| Albacete           | 690          | 0,6                        | Guadalajara       | 680          | 0,6                        | Pontevedra                 | 0            | 0,3                        |
| Alicante / Alacant | 0            | 0,2                        | Huelva            | 0            | 0,2                        | Salamanca                  | 780          | 0,5                        |
| Almería            | 0            | 0,2                        | Huesca            | 470          | 0,7                        | SanSebas-<br>tián/Donostia | 0            | 0,3                        |
| Ávila              | 1.130        | 1,0                        | Jaén              | 570          | 0,4                        | Santander                  | 1.000        | 0,7                        |
| Badajoz            | 180          | 0,2                        | León              | 820          | 1,2                        | Segovia                    | 10           | 0,2                        |
| Barcelona          | 0            | 0,4                        | Lérida / Lleida   | 150          | 0,5                        | Sevilla                    | 1.090        | 0,2                        |
| Bilbao / Bilbo     | 0            | 0,3                        | Logroño           | 380          | 0,6                        | Soria                      | 0            | 0,9                        |
| Burgos             | 860          | 0,6                        | Lugo              | 470          | 0,7                        | Tarragona                  | 0            | 0,4                        |
| Cáceres            | 440          | 0,4                        | Madrid            | 660          | 0,6                        | Tenerife                   | 950          | 0,2                        |
| Cádiz              | 0            | 0,2                        | Málaga            | 0            | 0,2                        | Teruel                     | 550          | 0,9                        |
| Castellón          | 0            | 0,2                        | Murcia            | 40           | 0,2                        | Toledo                     | 0            | 0,5                        |
| Ciudad Real        | 640          | 0,6                        | Orense / Ourense  | 130          | 0,4                        | Valencia/València          | 690          | 0,2                        |
| Córdoba            | 100          | 0,2                        | Oviedo            | 230          | 0,5                        | Valladolid                 | 520          | 0,4                        |
| Coruña / A Coruña  | 0            | 0,3                        | Palencia          | 740          | 0,4                        | Vitoria / Gasteiz          | 650          | 0,7                        |
| Cuenca             | 1.010        | 1,0                        | Palma de Mallorca | 0            | 0,2                        | Zamora                     | 210          | 0,4                        |
| Gerona / Girona    | 70           | 0,4                        | Palmas, Las       | 0            | 0,2                        | Zaragoza                   | 0            | 0,5                        |
| Granada            | 690          | 0,5                        | Pamplona/Iruña    | 450          | 0,7                        | Ceuta y Melilla            | 0            | 0,2                        |

Tabla 4.8. Valor característico de la sobrecarga de nieve.

Por lo tanto,

$$q_n = 0,3 \text{ kN/m}^2$$

Dado que este valor es en dirección horizontal, queda lo siguiente:

$$q_n = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) = 0,2897 \text{ kN/m}^2.$$

Introduciendo las cargas de nieve:

$$q_{s\perp} = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot \cos(15^\circ) = 0,2799 \text{ kN/m}^2.$$

$$q_{s//} = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot \sin(15^\circ) = 0,075 \text{ kN/m}^2.$$

## VIENTO

El pórtico de la cubierta se considerará a un agua, por lo tanto:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

- Presión dinámica:  $q_b$

El CTE dictamina este valor, atendiendo a la localización geográfica del edificio. Se calcula a través de la siguiente fórmula:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

donde  $\delta$  es la densidad del aire y  $v_b$  es el valor básico de la velocidad del viento.

El valor básico de la velocidad del viento  $v_b$ , coincide con el valor característico medio de la velocidad del viento, en un periodo de 10 minutos, y para una altura de 10 m desde el suelo y en una zona plana y desprotegida.

La densidad del aire es función de la altitud, de la temperatura del ambiente y de la fracción de agua en suspensión. Normalmente toma el valor de  $1,25 \text{ kg/m}^3$ , pero para lugares cercanos al mar o donde pueda aparecer rocío, el valor de la densidad aumenta considerablemente.

Como puede apreciarse en la siguiente imagen, la velocidad básica varía en función de la zona, tomando valores de 0,43 para la zona A, 0,45 para la zona B y 0,52 para la zona C.



Ilustración 4.5. Zonas climatológicas de la Península Ibérica.

Atendiendo a lo anterior, el valor de la presión dinámica resultante será:

$$q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

- Coeficiente de exposición:  $c_e$

Este coeficiente considera las turbulencias producidas por los relieves y la topografía del suelo.

Como el almacén tiene una altura menor de 30 m, se dispondrá de la siguiente tabla para calcular dicho coeficiente.

Este coeficiente varía en función de la altitud y de la aspereza. De la misma forma que la aspereza depende de la ubicación del almacén, en este caso, como se encuentra en una zona urbana, industrial o forestal, pertenece al Grado de aspereza del entorno IV.

| Grado de aspereza del entorno  | Altura del punto considerado (m) |     |     |     |     |     |     |     |
|--|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | 3                                | 6   | 9   | 12  | 15  | 18  | 24  | 30  |
| I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud | 2,4                              | 2,7 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,4 | 3,5 | 3,7 |
| II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia   | 2,1                              | 2,5 | 2,7 | 2,9 | 3,0 | 3,1 | 3,3 | 3,5 |
| III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas       | 1,6                              | 2,0 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 2,9 | 3,1 |
| <b>IV Zona urbana en general, industrial o forestal</b>  | 1,3                              | 1,4 | 1,7 | 1,9 | 2,1 | 2,2 | 2,4 | 2,6 |
| V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura                                    | 1,2                              | 1,2 | 1,2 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 2,0 |

Tabla 4.9. Valores coeficiente exposición.

La altura máxima es de 14 m, y, por lo tanto, interpolando:

$$C_e = 1,967$$

- Coeficiente de presión:  $c_p$

En cuanto al coeficiente eólico de naves y construcciones diáfnas, perteneciente al apartado 3.3.5 del DB SE-AE, para el caso de naves y construcciones diáfnas, sin forjados que conecten las fachadas, la acción de viento debe individualizarse en cada elemento de superficie exterior. Cuando en al menos dos de los lados del edificio (fachadas o cubiertas) el área total de los huecos exceda el 30% del área total del lado considerado, la acción del viento se determina considerando la estructura como una marquesina o una pared libre.

A efectos del cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se podrá utilizar la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.3, que recogen el pésimo en cada punto debido a varias direcciones de viento. A los efectos locales, tales como correas, paneles de cerramiento, o anclajes, deben utilizarse los valores correspondientes a la zona o zonas en que se encuentra ubicado dicho elemento.

Si el edificio presenta grandes huecos la acción de viento genera, además de presiones en el exterior, presiones en el interior, que se suman a las anteriores. El coeficiente eólico de presión interior,  $c_{pi}$ , se considera único en todos los paramentos interiores del edificio que delimitan la zona afectada por la fachada o cubierta que presenta grandes huecos. Para la determinación de la presión interior, en edificios de una sola planta, se considerará como coeficiente de exposición el correspondiente a la altura del punto medio del hueco, salvo que exista un hueco dominante, en cuyo caso el coeficiente de exposición será el correspondiente a la altura media de dicho hueco. Si el edificio tiene varias plantas se considerará la altura media de la planta analizada. Un hueco se considera dominante si su área es por lo menos diez veces superior a la suma de las áreas de los huecos restantes.

Cuando el área de las aberturas de una fachada sea el doble de las aberturas en el resto de las fachadas del edificio, se tomará  $c_{pi} = 0,75 \cdot c_{pe}$ ; si es el triple  $c_{pi} = 0,9 \cdot c_{pe}$  siendo  $c_{pe}$  el coeficiente eólico de presión exterior. En casos intermedios se interpolará linealmente. En otro caso se tomarán los valores de la siguiente tabla.

| Esbeltez en el plano paralelo al viento | Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio |     |     |     |     |     |     |      |      |      |      |  |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
|   | 0,0  | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7  | 0,8  | 0,9  | 1    |  |
| $\leq 1$                                | 0,7  | 0,7 | 0,6 | 0,4 | 0,3 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | -0,3 | -0,4 | -0,5 |  |
| $\geq 4$                                | 0,5  | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,0 | -0,1 | -0,2 | -0,3 | -0,3 |  |

Tabla 4.10. Coeficiente de presión interior.

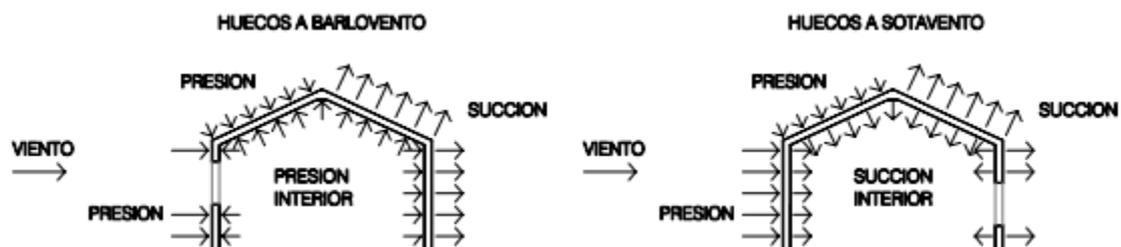


Ilustración 4.6. Presiones ejercidas en el viento en una construcción diáfana.

Los coeficientes de presión exterior o eólico,  $c_{pe}$ , dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición de elemento considerado y de su área de influencia.

Para elementos con área de influencia  $A$ , entre  $1 \text{ m}^2$  y  $10 \text{ m}^2$ , el coeficiente de presión exterior se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

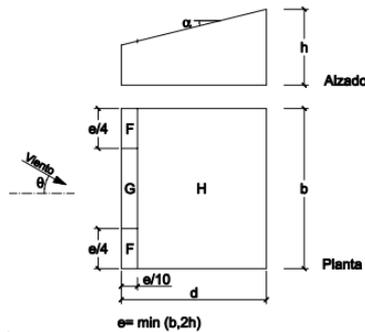
siendo:

- $c_{pe,10}$  coeficiente de presión exterior para elementos con un área de influencia  $A \geq 10 \text{ m}^2$
- $c_{pe,1}$  coeficiente de presión exterior para elementos con un área de influencia  $A \leq 1 \text{ m}^2$

#### VIENTO TRANSVERSAL A) $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

En este caso, se trata de una estructura industrial con cubierta a un agua y, por lo tanto, la tabla que mejor se adapta es la siguiente. Con una pendiente de  $15^\circ$  y una sección de influencia menor a  $10 \text{ m}^2$ .

En la tabla aparecen los valores de presión y succión, de modo que habrá que considerar ambas hipótesis para el viento lateral.



| Pendiente de la cubierta $\alpha$ | A ( $\text{m}^2$ ) | Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$ |      |      |
|-----------------------------------|--------------------|--|------|------|
|                                   |                    | F  | G    | H    |
| 5°                                | $\geq 10$          | -1,7   | -1,2 | -0,6 |
|                                   | $\leq 1$           | +0,0   | +0,0 | +0,0 |
| 15°                               | $\geq 10$          | -2,5   | -2,0 | -1,2 |
|                                   | $\leq 1$           | +0,0   | +0,0 | +0,0 |
| 30°                               | $\geq 10$          | -0,9   | -0,8 | -0,3 |
|                                   | $\leq 1$           | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| 45°                               | $\geq 10$          | -2,0   | -1,5 | -0,3 |
|                                   | $\leq 1$           | 0,2  | 0,2  | 0,2  |
| 60°                               | $\geq 10$          | -0,5   | -0,5 | -0,2 |
|                                   | $\leq 1$           | 0,7  | 0,7  | 0,4  |
| 75°                               | $\geq 10$          | -1,5   | -1,5 | -0,2 |
|                                   | $\leq 1$           | 0,7  | 0,7  | 0,4  |
| 90°                               | $\geq 10$          | -0,0   | -0,0 | -0,0 |
|                                   | $\leq 1$           | 0,7  | 0,7  | 0,6  |
| 135°                              | $\geq 10$          | -0,0   | -0,0 | -0,0 |
|                                   | $\leq 1$           | 0,7  | 0,7  | 0,6  |
| 180°                              | $\geq 10$          | 0,7  | 0,7  | 0,7  |
|                                   | $\leq 1$           | 0,7  | 0,7  | 0,7  |
| 225°                              | $\geq 10$          | 0,8  | 0,8  | 0,8  |
|                                   | $\leq 1$           | 0,8  | 0,8  | 0,8  |

Ilustración 4.7. Viento transversal.

#### CÁLCULO DE LA SECCIÓN

- ✓  $b = 58,5 \text{ m}$
- ✓  $d = 44 \text{ m}$
- ✓  $d/2 = 22 \text{ m}$

- ✓  $h = 14 \text{ m}$
- ✓  $e = \min(b, 2h) = 28 \text{ m}$
- ✓  $e/10 = 2,8 \text{ m}$
- ✓  $e/4 = 7 \text{ m}$

| Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|
| $\theta = 15^\circ$  | ZONA F | ZONA G | ZONA H |
| $A_t \geq 10 \text{ m}^2$                                  |        |        |        |
| PRESIÓN  | 0,2    | 0,2    | 0,2    |
| SUCCIÓN  | -0,9   | -0,8   | -0,3   |

Tabla 4.11. Coeficiente de presión exterior para sección 10 m<sup>2</sup>.

| Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|
| $\theta = 15^\circ$  | ZONA F | ZONA G | ZONA H |
| $A_t \leq 1 \text{ m}^2$                                   |        |        |        |
| PRESIÓN  | 0,2    | 0,2    | 0,2    |
| SUCCIÓN  | -2     | -1,5   | -0,3   |

Tabla 4.12. Coeficiente de presión exterior para sección 1 m<sup>2</sup>.

Con ayuda de la siguiente expresión se podrá conseguir los diferentes valores del coeficiente de presión para las siguientes zonas.

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

### PRESIÓN

$$\text{ZONA } F_p = c_{pe,8,179F} = 0,2 + (0,2 - 0,2) \cdot \log_{10} 8,179 = 0,2$$

$$\text{ZONA } G_p = c_{pe,8,179G} = 0,2 + (0,2 - 0,2) \cdot \log_{10} 8,179 = 0,2$$

$$\text{ZONA } H_p = c_{pe,8,179H} = 0,2 + (0,2 - 0,2) \cdot \log_{10} 8,179 = 0,2$$

### SUCCIÓN

$$\text{ZONA } F_x = c_{pe,8,179F} = -2 + (-0,9 + 2) \cdot \log_{10} 8,179 = -1$$

$$\text{ZONA } G_x = c_{pe,8,179G} = -1,5 + (-0,8 + 1,5) \cdot \log_{10} 8,179 = -0,86$$

$$\text{ZONA } H_x = c_{pe,8,179H} = -0,3 + (-0,3 + 0,3) \cdot \log_{10} 8,179 = -0,3$$

| Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ |        |        |        |
|--|--------|--------|--------|
| $\theta = 15^\circ$  | ZONA F | ZONA G | ZONA H |
| $A = 8,179 \text{ m}^2$                                    |        |        |        |
| PRESIÓN  | 0,2    | 0,2    | 0,2    |
| SUCCIÓN  | -1     | -0,86  | -0,3   |

Tabla 4.13. Coeficiente de presión exterior para sección 8,179 m<sup>2</sup>.

Para los cálculos realizados se ha tenido en cuenta una sección de 8,179 m<sup>2</sup>, siendo la inclinación de 15°, no será necesario realizar ninguna interpolación para obtener el coeficiente de presión  $c_p$ .

- Viento transversal 1: Presión

|   | $q_b$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $c_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $c_p$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $q_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| F | 0,52                       | 1,967                      | 0,2                        | 0,204                      |
| G | 0,52                       | 1,967                      | 0,2                        | 0,204                      |
| H | 0,52                       | 1,967                      | 0,2                        | 0,204                      |

Tabla 4.14. Viento transversal y presión exterior (presión).

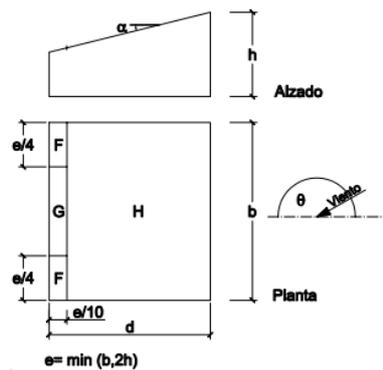
- Viento transversal 2: Succión

|   | $q_b$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $c_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $c_p$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $q_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| F | 0,52                       | 1,967                      | -1                         | -1,023                     |
| G | 0,52                       | 1,967                      | -0,86                      | -0,879                     |
| H | 0,52                       | 1,967                      | -0,3                       | -0,307                     |

Tabla 4.15. Viento transversal y presión exterior (succión).

VIENTO TRANSVERSAL B)  $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$

Tratándose de una estructura industrial con cubierta a un agua la tabla que mejor se adapta a este caso es la siguiente. Con una pendiente de  $15^\circ$  y una sección de influencia menor a  $10 \text{ m}^2$ .



| Pendiente de la cubierta $\alpha$ | A (m <sup>2</sup> ) | Zona (según figura), $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$ |      |      |
|-----------------------------------|---------------------|---|------|------|
|                                   |                     | F   | G    | H    |
| 5°                                | $\geq 10$           | -2,3  | -1,3 | -0,8 |
|                                   | $\leq 1$            | -2,5  | -2,0 | -1,2 |
| 15°                               | $\geq 10$           | -2,5  | -1,3 | -0,9 |
|                                   | $\leq 1$            | -2,8  | -2,0 | -1,2 |
| 30°                               | $\geq 10$           | -1,1  | -0,8 | -0,8 |
|                                   | $\leq 1$            | -2,3  | -1,5 | -0,8 |
| 45°                               | $\geq 10$           | -0,6  | -0,5 | -0,7 |
|                                   | $\leq 1$            | -1,3  | -0,5 | -0,7 |
| 60°                               | $\geq 10$           | -0,5  | -0,5 | -0,5 |
|                                   | $\leq 1$            | -1,0  | -0,5 | -0,5 |
| 75°                               | $\geq 10$           | -0,5  | -0,5 | -0,5 |
|                                   | $\leq 1$            | -1,0  | -0,5 | -0,5 |

Ilustración 4.8. Viento transversal dirección b).

**CÁLCULO DE LA SECCIÓN**

- ✓  $b = 58,5 \text{ m}$
- ✓  $d = 44 \text{ m}$
- ✓  $d/2 = 21,66 \text{ m}$
- ✓  $h = 14 \text{ m}$
- ✓  $e = \min(b, 2h) = 28 \text{ m}$

- ✓  $e/10 = 2,8 \text{ m}$
- ✓  $e/4 = 7 \text{ m}$

| Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$ |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|
| $\theta = 15^\circ$   | ZONA F | ZONA G | ZONA H |
| $A = 8,179 \text{ m}^2$                                     |        |        |        |
| SUCCIÓN   | -2,5   | -1,3   | 0,9    |

Tabla 4.16. Coeficiente de presión exterior para sección 10 m<sup>2</sup> y succión.

| Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$ |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|
| $\theta = 15^\circ$   | ZONA F | ZONA G | ZONA H |
| $A_t \leq 1 \text{ m}^2$                                    |        |        |        |
| SUCCIÓN   | -2,8   | -2     | -1,2   |

Tabla 4.17. Coeficiente de presión exterior para sección 10 m<sup>2</sup> y succión.

A través de la siguiente expresión se podrá conseguir los diferentes valores del coeficiente de presión para las siguientes zonas.

$$c_{pe,A} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

#### SUCCIÓN

$$\text{ZONA } F_x = c_{pe,8,179F} = -2,8 + (-2,5 + 2,8) \cdot \log_{10} 8,179 = -2,626$$

$$\text{ZONA } G_x = c_{pe,8,179G} = -2 + (-1,3 + 2) \cdot \log_{10} 8,179 = -1,361$$

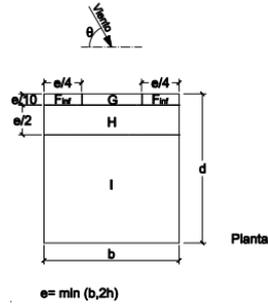
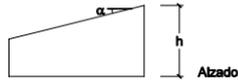
$$\text{ZONA } H_x = c_{pe,8,179H} = -1,2 + (-0,9 + 1,2) \cdot \log_{10} 8,179 = -0,926$$

|   | qb (kN/m <sup>2</sup> ) | ce (kN/m <sup>2</sup> ) | cp (kN/m <sup>2</sup> ) | qe (kN/m <sup>2</sup> ) |
|---|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| F | 0,52                    | 1,967                   | -2,626                  | -2,686                  |
| G | 0,52                    | 1,967                   | -1,361                  | -1,392                  |
| H | 0,52                    | 1,967                   | -0,926                  | -0,947                  |

Tabla 4.18. Viento transversal y presión exterior (succión).

Para los cálculos realizados se ha tenido en cuenta una sección de 8,179 m<sup>2</sup>, siendo la inclinación de 15°, no será necesario realizar ninguna interpolación para obtener el coeficiente de presión  $c_p$ .

#### VIENTO LONGITUDINAL C) $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



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

| Pendiente de la cubierta $\alpha$ | A (m <sup>2</sup> ) | Zona (según figura), $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ |                  |      |      |      |
|-----------------------------------|---------------------|--|------------------|------|------|------|
|                                   |                     | F <sub>inf</sub>   | F <sub>sup</sub> | G    | H    | I    |
| 5°                                | ≥ 10                | -2,1   | -2,1             | -1,8 | -0,6 | -0,5 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,4   | -2,6             | -2,0 | -1,2 | -0,5 |
| 15°                               | ≥ 10                | -1,6   | -2,4             | -1,9 | -0,8 | -0,7 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,4   | 2,9              | -2,5 | -1,2 | -1,2 |
| 30°                               | ≥ 10                | -1,3   | -2,1             | -1,5 | -1,0 | -0,8 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,0   | -2,9             | -2,0 | -1,3 | -1,2 |
| 45°                               | ≥ 10                | -1,3   | -1,5             | -1,4 | -1,0 | -0,9 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,0   | -2,4             | -2,0 | -1,3 | -1,2 |
| 60°                               | ≥ 10                | -1,2   | -1,2             | -1,2 | -1,0 | -0,7 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,0   | -2,0             | -2,0 | -1,3 | -1,2 |
| 75°                               | ≥ 10                | -1,2   | -1,2             | -1,2 | -1,0 | -0,5 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,0   | -2,0             | -2,0 | -1,3 | -0,5 |

Ilustración 4.9. Viento longitudinal.

### CÁLCULO DE LA SECCIÓN

- ✓ b = 44 m
- ✓ d = 58,5 m
- ✓ d/2 = 29,25 m
- ✓ h = 14 m
- ✓ e = min(b, 2h) = 28 m
- ✓ e/10 = 2,8 m
- ✓ e/4 = 7 m

| Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$ |                       |                       |        |        |        |
|---|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
| $\theta = 15^\circ$   | ZONA F <sub>inf</sub> | ZONA F <sub>sup</sub> | ZONA G | ZONA H | ZONA I |
| A ≥ 10 m <sup>2</sup>                                       |                       |                       |        |        |        |
| SUCCIÓN   | -1,6                  | -2,4                  | -1,9   | -0,8   | -0,7   |

Tabla 4.19. Coeficiente de presión exterior para sección 10 m<sup>2</sup> y succión.

| Dirección del viento $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$ |                       |                       |        |        |        |
|---|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|
| $\theta = 15^\circ$   | ZONA F <sub>inf</sub> | ZONA F <sub>sup</sub> | ZONA G | ZONA H | ZONA I |
| At ≤ 1 m <sup>2</sup>                                       |                       |                       |        |        |        |
| SUCCIÓN   | -2,4                  | -2,9                  | -2,5   | -1,2   | -1,2   |

Tabla 4.20. Coeficiente de presión exterior para sección 0 m<sup>2</sup> y succión.

A través de la siguiente expresión se podrá conseguir los diferentes valores del coeficiente de presión para las siguientes zonas.

$$C_{pe,A} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

### SUCCIÓN

$$\begin{aligned} \text{ZONA } F_{\text{sup},X} &= C_{\text{pe},8,179F} = -2,4 + (-1,6 + 2,4) \cdot \log_{10} 8,179 = -1,67 \\ \text{ZONA } F_{\text{inf},X} &= C_{\text{pe},8,179F} = -2,9 + (-2,4 + 2,9) \cdot \log_{10} 8,179 = -2,443 \\ \text{ZONA } G_X &= C_{\text{pe},8,179F} = -2,5 + (-1,9 + 2,5) \cdot \log_{10} 8,179 = -1,952 \\ \text{ZONA } H_X &= C_{\text{pe},8,179F} = -1,2 + (-0,8 + 1,2) \cdot \log_{10} 8,179 = -0,84 \\ \text{ZONA } I_X &= C_{\text{pe},8,179F} = -1,2 + (-0,7 + 1,2) \cdot \log_{10} 8,179 = -0,743 \end{aligned}$$

| SECCIÓN A = 8,179 m <sup>2</sup> en la longitudinal |                  |                  |        |       |        |
|---|------------------|------------------|--------|-------|--------|
| ZONA  |                  |                  |        |       |        |
|   | F <sub>sup</sub> | F <sub>inf</sub> | G      | H     | I      |
| 15°   | -1,67            | -2,443           | -1,952 | -0,84 | -0,743 |

Tabla 4.21. Valores del coeficiente de presión exterior en la longitudinal para succión.

|                  | q <sub>b</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) | c <sub>e</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) | c <sub>p</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) | q <sub>e</sub> (kN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| F <sub>sup</sub> | 0,52                                | 1,967                               | -1,67                               | -1,708                              |
| F <sub>inf</sub> | 0,52                                | 1,967                               | -2,443                              | -2,499                              |
| G                | 0,52                                | 1,967                               | -1,952                              | -1,997                              |
| H                | 0,52                                | 1,967                               | -0,84                               | -0,859                              |
| I                | 0,52                                | 1,967                               | -0,743                              | -0,760                              |

Tabla 4.22. Acción del viento para succión.

#### COEFICIENTE DE PRESIÓN INTERIOR c<sub>pi</sub>

Se define como el coeficiente de presión interior al valor que aparece cuando una fachada dispone de huecos o brechas, siendo único e de mismo valor para todo el interior de la estructura. La estructura objeto de estudio tendrá como huecos cinco accesos desde el exterior de tipo puerta rápida (25 m<sup>2</sup>), a pesar de esto, los cálculos se aplicarán únicamente a las dos puertas del almacén 1, una delantera y otra trasera, además de tres puertas de emergencia (3,5 m<sup>2</sup>).

Se estudiará el caso más desfavorable, es decir, cuando el viento pega en la dirección longitudinal, tomando como abierta la puerta delantera y cerrada la trasera, y también con el viento ejerciendo sobre la puerta cerrada y con la otra abierta.

Cuando el viento transversal actúe sobre las puertas abierta o cerradas, la acción del viento se calculará con la siguiente expresión:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

donde,

- q<sub>b</sub>: Presión dinámica del viento. En la zona C, como en el caso anterior, obteniéndose un valor de 0,52 kN/m<sup>2</sup>.
- c<sub>e</sub>: coeficiente de exposición. Función de la mitad de la altitud. En nuestro caso, supondremos puertas de 4 m de altitud y por lo tanto la mitad de la altitud será 2 m y grado de aspereza IV. Se obtiene un valor de 1,3.

Se considera despreciable las puertas de emergencia, teniendo en cuenta que las secciones de estas son insignificantes en comparación con las anteriores. Se estudiarán los casos anteriormente explicados, con las puertas abiertas y cerradas.

#### Viento longitudinal (puerta delantera abierta y trasera cerrada).

Para calcular el parámetro de presión interior,  $c_{pi}$ , será necesario obtener dos valores de esbeltez, es decir, la sección de los huecos de succión en el plano paralelo al viento respecto a la sección total de los huecos.

$$h/d = 14/58,5 = 0,239 < 1$$

siendo "h" el valor de la altura y "d" la longitud total de la estructura en la dirección paralela al viento.

Hay que diferenciar, expresamente, entre el viento longitudinal que azota por adelante y por atrás.

##### I. Viento longitudinal, cara delantera (barlovento)

Debe determinarse lo siguiente.

Sección de los huecos de succión / sección total de los huecos.

Huecos a barlovento (puerta abierta y viento pegando por ahí).

$$0 \text{ m}^2 / 25 \text{ m}^2 = 0 \rightarrow c_{pi} = 0,7 \text{ (presión interior)}$$

$$q_e = 0,52 \cdot 1,967 \cdot 0,7 = 0,716 \text{ kN/m}^2$$

##### II. Viento longitudinal, cara trasera (sotavento)

Huecos a sotavento (puerta cerrada y viento pegando por ahí).

$$25 \text{ m}^2 / 25 \text{ m}^2 = 1 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pi} = -0,5 \text{ (succión interior)}$$

$$q_e = 0,52 \cdot 1,967 \cdot (-0,5) = -0,523 \text{ kN/m}^2$$

##### III. Viento transversal

No se consideran puertas en la pared lateral, cuando el viento pega en la transversal se considerará únicamente el caso de sotavento.

##### IV. Huecos a sotavento (puertas cerradas en la sección por donde viene el viento)

$$25 \text{ m}^2 / 25 \text{ m}^2 = 1 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pi} = -0,5 \text{ (succión interior)}$$

$$q_e = 0,52 \cdot 1,967 \cdot (-0,5) = -0,523 \text{ kN/m}^2$$

Como puede observarse, los valores obtenidos con las tablas con inferiores y, por lo tanto, del lado de la seguridad, se tomarán los valores más restrictivos.

### RESULTADO DE LAS CARGAS PROVOCADAS POR EL VIENTO.

#### I. Acción exterior del viento

|               | TRANSVERSAL |         |         | LONGITUDINAL |
|---------------|-------------|---------|---------|--------------|
|               | PRESIÓN     | SUCCIÓN | SUCCIÓN | SUCCIÓN      |
| $q_e F$       | 0,204       | -1,023  | -2,686  | -            |
| $q_e F_{inf}$ | -           | -       | -       | -2,499       |
| $q_e F_{sup}$ | -           | -       | -       | -1,708       |
| $q_e G$       | 0,204       | -0,879  | -1,392  | -1,997       |
| $q_e H$       | 0,204       | -0,307  | -0,947  | -0,859       |
| $q_e I$       | -           | -       | -       | -0,76        |

Tabla 4.23. Viento exterior.

#### II. Acción interior del viento

##### Huecos a barlovento

Presión interior:

$$q_{vpi} = 0,52 \cdot 1,967 \cdot 0,7 = 0,716 \text{ kN/m}^2$$

##### Huecos a sotavento

Succión interior:

$$q_{vxi} = 0,52 \cdot 1,967 \cdot (-0,5) = -0,523 \text{ kN/m}^2$$

### RESULTADOS

$$q_v = q_{vext} - q_{vint}$$

#### I. TRANSVERSAL

Como se han despreciado las paredes laterales, en el interior de la estructura se dará el caso de sotavento, con succión en el interior.

De este modo:

$$q_v = q_{vext}$$

| PRESIÓN                         | SUCCIÓN                         |
|---------------------------------|---------------------------------|
| $q_v F = 0,204 + 0,523 = 0,727$ | $q_v F = -1,023 + 0,523 = -0,5$ |

$$q_v G = 0,204 + 0,523 = 0,727$$

$$q_v H = 0,204 + 0,523 = 0,727$$

$$q_v G = -0,879 + 0,523 = -0,356$$

$$q_v H = -0,307 + 0,523 = 0,216$$

#### SUCCIÓN

$$q_v F = -2,686 + 0,338 = -2,348$$

$$q_v G = -1,392 + 0,338 = -1,054$$

$$q_v H = -0,947 + 0,338 = -0,609$$

Como puede apreciarse, cuando el viento pega por la transversal, se produce una succión interior y, por tanto, a la hora de calcular la carga total de viento en cada zona, la carga de presión aumenta, reduciéndose la de succión.

El caso más crítico se dará con viento exterior bajo presión.

## II. LONGITUDINAL

En este caso se dispone de puertas, por lo tanto:

$$q_v = q_{vext} - q_{vint}$$

| HUECOS A BARLOVENTO<br>SUCCIÓN          | HUECOS A SOTAVENTO<br>SUCCIÓN              |
|---|--|
| $q_v F_{inf} = -2,499 - 0,716 = -3,215$ | $q_v F_{inf} = -2,499 - (-0,523) = -1,976$ |
| $q_v F_{sup} = -1,708 - 0,716 = -2,424$ | $q_v F_{sup} = -1,708 - (-0,523) = -1,185$ |
| $q_v G = -1,997 - 0,716 = -2,713$       | $q_v G = -1,997 - (-0,523) = -1,474$       |
| $q_v H = -0,859 - 0,716 = -1,575$       | $q_v H = -0,859 - (-0,523) = -0,336$       |
| $q_v I = -0,76 - 0,716 = -1,476$        | $q_v I = -0,76 - (-0,523) = -0,237$        |

Como puede verse en sotavento, el viento interior no genera las cargas críticas, ya que cuando la estructura se encuentra totalmente cerrada estas serán mayores. Por lo tanto, en el caso de viento longitudinal, el viento barlovento será el más crítico.

## CARGAS CRÍTICAS

En resumen, las cargas críticas son las siguientes:

- $q_v$ , presión:  $0,727 \text{ kN/m}^2$  (viento transversal, presión)
- $q_v$ , succión:  $-3,215 \text{ kN/m}^2$  (viento longitudinal, barlovento)

## RESUMEN DE LAS ACCIONES

Con el fin de realizar la combinación de acciones, se presenta el resumen de todas las cargas:

### I. CARGAS PERMANENTES

Peso propio:

- Como todavía no se ha decidido el tipo de cubierta, se desconoce este valor.

### II. CARGAS NO PERMANENTES

Sobrecarga de uso:

- $q_{s, uso \perp} = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot \cos(15^\circ) = 0,3732 \text{ kN/m}^2$ .
- $q_{s, uso //} = 0,4 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot \sin(15^\circ) = 0,1 \text{ kN/m}^2$ .

### III. SOBRECARGA DE NIEVE

- $q_{s, nieve \perp} = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot \cos(15^\circ) = 0,2799 \text{ kN/m}^2$ .
- $q_{s, nieve //} = 0,3 \text{ kN/m}^2 \cdot \cos(15^\circ) \cdot \sin(15^\circ) = 0,075 \text{ kN/m}^2$ .

### IV. EFECTO DESFAVORABLE DEL VIENTO

- $q_v$  presión:  $0,727 \text{ kN/m}^2$
- $q_v$  succión:  $-3,215 \text{ kN/m}^2$

## COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para la combinación de acciones se utilizará el Documento Básico de Seguridad Estructural. Los coeficientes se obtendrán de las siguientes tablas, perteneciente a dicho documento y las combinaciones del apartado 4.3.2.

| Tipo de verificación <sup>(1)</sup> | Tipo de acción                | Situación persistente o transitoria |                       |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
|                                     |                               | desfavorable                        | favorable             |
| Resistencia                         | Permanente                    |                                     |                       |
|                                     | Peso propio, peso del terreno | 1,35                                | 0,80                  |
|                                     | Empuje del terreno            | 1,35                                | 0,70                  |
|                                     | Presión del agua              | 1,20                                | 0,90                  |
|                                     | Variable                      | 1,50                                | 0                     |
| Estabilidad                         |                               | <b>desestabilizadora</b>            | <b>estabilizadora</b> |
|                                     | Permanente                    |                                     |                       |
|                                     | Peso propio, peso del terreno | 1,10                                | 0,90                  |
|                                     | Empuje del terreno            | 1,35                                | 0,80                  |
|                                     | Presión del agua              | 1,05                                | 0,95                  |
|                                     | Variable                      | 1,50                                | 0                     |

<sup>(1)</sup> Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Tabla 4.24. Coeficientes parciales de seguridad.

|  | $\Psi_0$ | $\Psi_1$ | $\Psi_2$ |
|--|----------|----------|----------|
| Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)  |          |          |          |
| • Zonas residenciales (Categoría A)  | 0,7      | 0,5      | 0,3      |
| • Zonas administrativas (Categoría B)  | 0,7      | 0,5      | 0,3      |
| • Zonas destinadas al público (Categoría C)  | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| • Zonas comerciales (Categoría D)  | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| • Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E) | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| • Cubiertas transitables (Categoría F)   |          | (1)      |          |
| • Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)   | 0        | 0        | 0        |
| Nieve  |          |          |          |
| • para altitudes > 1000 m  | 0,7      | 0,5      | 0,2      |
| • para altitudes ≤ 1000 m  | 0,5      | 0,2      | 0        |
| Viento   | 0,6      | 0,5      | 0        |
| Temperatura  | 0,6      | 0,5      | 0        |
| Acciones variables del terreno   | 0,7      | 0,7      | 0,7      |

Tabla 4.25. Coeficientes de simultaneidad.

Para calcular cualquier situación, se utilizará la siguiente fórmula de la combinación de acciones:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Considerando las acciones simultaneas:

- Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ( $\gamma_G \cdot G_k$ ), incluido el pretensado ( $\gamma_P \cdot P$ );
- Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ( $\gamma_Q \cdot Q_k$ ), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ( $\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k$ ).

Después de varias combinaciones, se estudian los casos posibles y descomponiendo en los ejes paralelos y perpendiculares, la combinación más desfavorable será la siguiente:

$$\checkmark 1,5 \cdot q_{v, \text{succión}} = 1,5 \cdot (-3,215) = -4,822 \text{ kN/m}^2.$$

Atendiendo al catálogo de cubierta con el anterior valor, 492,04 kg/m<sup>2</sup>, se escogerá una cubierta capaz de soportar dicha carga. Se dejará un poco de margen, ya que debe sumársele también su propio peso.

| Luz<br>(mm)  | S<br>mm | K                           |                           | Peso<br>panel<br>kg/m <sup>2</sup> |        |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|---------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  |         | Kcal<br>m <sup>2</sup> h °C | Watt<br>m <sup>2</sup> °C |                                    | l = mm | 1050 | 1400 | 1750 | 2100 | 2450 | 2800 | 3150 | 3500 |
| Chapa exterior de acero prebarnizado 6/10 mm<br>Chapa interior de acero prebarnizado 5/10 mm | 40      | 0,30                        | 0,35                      | 11,22                              | p =    | 559  | 360  | 261  | 200  | 158  | 128  | 106  | 88   |
| Chapa exterior de acero prebarnizado 6/10 mm<br>Chapa interior de acero prebarnizado 5/10 mm | 50      | 0,26                        | 0,30                      | 11,62                              | p =    | 590  | 384  | 286  | 222  | 178  | 146  | 121  | 101  |

Tabla 4.26. Resistencia del panel sándwich.

Así pues, se elegirá el panel con 50 mm de grosor y con luz mínima de 1,05 m, capaz de soportar 590 kg/m<sup>2</sup>. Para saber la carga permanente total, se procederá a sumarle su peso propio.

### PESO PROPIO DE LA CUBIERTA

Peso propio de la cubierta:  $q_{pp} = 11,62 \text{ kg/m}^2 \cdot 9,81 \text{ N/kg} \cdot 1 \text{ kN} / 1000 \text{ N} = 0,114 \text{ kN/m}^2$

Descomponiendo la carga en dos planos:

- $q_{pp}$  perpendicular al faldón =  $0,114 \cdot \cos(15^\circ) = 0,11 \text{ kN/m}^2$
- $q_{pp}$  paralelo al faldón =  $0,114 \cdot \sin(15^\circ) = 0,03 \text{ kN/m}^2$

Sustituyendo el peso propio en cualquiera de las fórmulas más críticas, ninguna supera el valor de 482 kg/m<sup>2</sup>:

**Carga máxima:  $q = 482 \text{ kg/m}^2 < 590 \text{ kg/m}^2$**

**PANEL VÁLIDO**

Esta será por lo tanto la cubierta que formará el almacén.

#### 4.1.4. ESTUDIO DEL CERRAMIENTO LATERAL Y FRONTAL

### ELECCIÓN DEL CERRAMIENTO

El cerramiento que se ha escogido para la fachada, será un panel tipo sándwich, obtenido del catálogo de cerramientos de la página web [panelsandwich.org](http://panelsandwich.org).

Se ha elegido un modelo concreto, con las caras de acero galvanizado y después prelacado, cumpliendo la norma EN 508-1. El núcleo de aislamiento será de espuma de alta densidad PUR y PIR, de volumen 40 kg/m<sup>3</sup>, ya que se ha considera el más apropiado para el tipo de aislamiento necesario. Su fácil montaje, será de gran ayuda a la hora de colocarlo, ya que cuenta con un sistema de machihembrado, facilitando así el anclaje entre paneles y quedando ocultas las fijaciones entre los mismos, obteniendo beneficios tanto visuales como de filtraciones.



Ilustración 4.10. Panel sándwich en cerramientos frontales y laterales.

Este tipo de panel es muy utilizado por lo siguiente:

- No importa el ángulo de inclinación, ya que a menudo se utiliza este tejado para cubiertas.
- Utiliza tornillería oculta, para facilitar así el montaje.
- Dispone de dos tipos de espuma, obteniéndose un aislamiento térmico inmejorable.

Cuenta con las siguientes características técnicas:

| Desviación (mm)                                      |                         |                        |
|--|-------------------------|------------------------|
| Largo  | $L \leq 3 \text{ m}$    | $\pm 5 \text{ mm}$     |
|  | $L > 3 \text{ m}$       | $\pm 10 \text{ mm}$    |
| Ancho útil   |                         | $\pm 2 \text{ mm}$     |
| Espesor  | $D \leq 100 \text{ mm}$ | $\pm 2 \text{ mm}$     |
|  | $D > 100 \text{ mm}$    | $\pm 2 \%$             |
| Desviación de la perpendicularidad                   |                         | 6 mm                   |
| Desalineamiento de los parámetros metálicos internos |                         | $\pm 3 \text{ mm}$     |
| Acoplamiento chapas inferiores                       |                         | $F = 0 + 3 \text{ mm}$ |

Tabla 4.27. Características técnicas.

Después de varias comprobaciones, se ha decidido utilizar un cerramiento de 50 mm de espesor y peso propio  $10,51 \text{ kg/m}^2$ .

| Espesor | Transmisión Térmica    |                     | Peso Panel<br>kg/m <sup>2</sup><br>(0,5/0,4) |
|---------|------------------------|---------------------|--|
|         | Kcal/m <sup>2</sup> °C | W/m <sup>2</sup> °C |  |
| 35      | 0,50                   | 0,59                | 10,05  |
| 40      | 0,44                   | 0,52                | 10,11  |
| 50      | 0,36                   | 0,42                | 10,51  |
| 60      | 0,30                   | 0,36                | 10,91  |
| 80      | 0,23                   | 0,27                | 11,71  |

Tabla 4.28. Peso y aislamiento térmico.

En la siguiente tabla aparece la tensión máxima admisible para las condiciones de diseño anteriormente explicadas.

|              |         | Luz (m) para 2 vanos   |         |         |         |        |       |  |
|--------------|---------|--|---------|---------|---------|--------|-------|--|
|              |         |  |         |         |         |        |       |  |
| Espesor (mm) | 1,5     | 2  | 2,5     | 3       | 3,5     | 4      | 4,5   |  |
| 35           | 234/366 | 188/238  | 157/163 | 116/96  | 85/60   | 63/41  | 47/29 |  |
| 40           | 227/437 | 183/287  | 154/200 | 133/210 | 107/74  | 77/49  | 57/35 |  |
| 50           | 214/581 | 175/389  | 148/277 | 128/173 | 113/105 | 101/69 | 76/49 |  |
| 60           | 203/699 | 167/495  | 142/337 | 123/234 | 109/141 | 98/92  | 89/64 |  |

Tabla 4.29. Cargas admisibles del cerramiento lateral.

Por otro lado, el cerramiento está apoyado sobre varias correas, de modo que tendrá varios soportes. Cuantos más soportes tenga, mayor será la carga que pueda soportar. De la misma manera, cuanto mayor sea la distancia entre éstos, menor será la carga admisible. Se supondrá una distancia entre correas de 2 m.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, la tensión máxima admisible para el cerramiento elegido será de 389 kg/m<sup>2</sup>.

Los siguientes datos serán necesarios para realizar las estimaciones pertinentes:

- Peso. 10,51 kg/m<sup>2</sup>
- Espesor nominal: 50 mm
- Tensión máxima admisible: 389 kg/m<sup>2</sup>

## CÁLCULO DEL CERRAMIENTO LATERAL

A la hora de escoger el cerramiento lateral, será necesario conocer cuáles serán las acciones que afecten a dicho cerramiento. Éstas pueden clasificarse en varias categorías diferentes:

- Acciones permanentes, tales como el peso propio del cerramiento.
- Acciones variables como las cargas que sufrirá el cerramiento, el uso, el viento o la nieve.

Cabe destacar que, en comparación con el cerramiento de la cubierta, la sobrecarga de uso y de nieve pueden despreciarse, ya que, por un lado, la nieve jamás se quedará apilada en el lateral de la estructura y por otro, las acciones que generarán los trabajos de mantenimiento también serán insignificantes.

De esta forma, se simplifican las acciones, reduciéndose las acciones al peso propio y al viento.

### VIENTO

Se estudiará la carga de viento, perpendicular en cada tramo de sección del cerramiento, se le conoce con el sobrenombre  $q_e$ , y se formula de la siguiente manera:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

donde,

- $q_b$ : Presión dinámica del viento.
- $c_e$ : Coeficiente de exposición.
- $c_p$ : Coeficiente eólico (Coeficiente de presión).

Se repetirán los cálculos utilizados para la cubierta, pero de forma simplificada, como ya se ha explicado.

#### PRESIÓN DINÁMICA

Recordaremos que es función de la ubicación geográfica de la obra y, por lo tanto, tendrá el mismo valor que en el caso de la cubierta.

$$q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

#### COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN

Como el almacén tendrá una altura inferior a 30 m y una inclinación inferior a 45°, este valor se obtendrá del apartado 3.3.3 del DB SE-AE.

Respetando el grado de aspereza IV, y utilizando la altura de 14 m e interpolando en la tabla, se obtiene el siguiente valor:

$$C_e = 1,967$$

#### COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERIOR

Este será el único coeficiente que varía respecto al caso anteriormente calculado, ya que el viento, en vez de ir hacia la cubierta, hará presión en el cerramiento lateral.

Del mismo modo, se ira al apartado D.3 del anexo D del Documento Básico. Pueden apreciarse dos casos diferentes en dicha tabla, en función de la dirección del viento.

a) Viento transversal

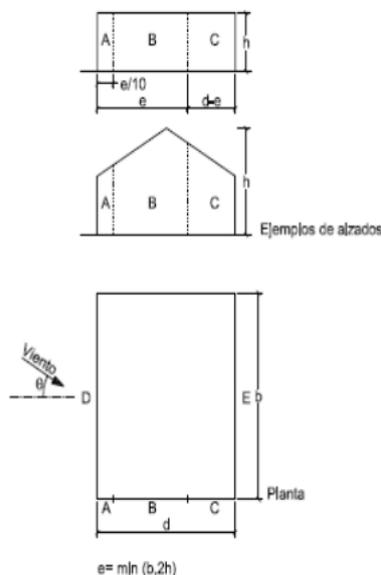


Ilustración 4.11. Viento transversal en cerramiento lateral.

CÁLCULO DE LA SECCIÓN:

- $b = 58,5 \text{ m}$
- $d = 44 \text{ m}$
- $d/2 = 22 \text{ m}$
- $h = 14 \text{ m}$
- $e = \min(b, 2h) = 28 \text{ m}$
- $e/10 = 2,8 \text{ m}$
- $e - e/10 = 25,2 \text{ m}$

Según una sección superior a  $10 \text{ m}^2$  y con un parámetro  $h/d = 0,323$ :

| ZONA     | A     | B     | D     | E     |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| $q_b$    | 0,52  | 0,52  | 0,52  | 0,52  |
| $c_e$    | 1,967 | 1,967 | 1,967 | 1,967 |
| $c_{pe}$ | -1,2  | -0,8  | 0,71  | -0,32 |

Tabla 4.30. Viento transversal para una sección superior a  $10 \text{ m}^2$ .

Para una sección de  $5 \text{ m}^2$  y el mismo valor de  $h/d$ :

| ZONA     | A     | B     | D     | E     |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| $q_b$    | 0,52  | 0,52  | 0,52  | 0,52  |
| $c_e$    | 1,967 | 1,967 | 1,967 | 1,967 |
| $c_{pe}$ | -1,3  | -0,9  | 0,81  | -0,32 |

Tabla 4.31 Viento transversal para una sección superior a  $10 \text{ m}^2$ .

| $A_t (\text{m}^2)$ | $h/d$ | A    | B    | D    | E     |
|--------------------|-------|------|------|------|-------|
| $\leq 10$          | 0,323 | -1,2 | -0,8 | 0,71 | -0,32 |
| 5                  | 0,323 | -1,3 | -0,9 | 0,81 | -0,32 |

Tabla 4.32. Viento transversal en secciones entre 5 y  $10 \text{ m}^2$ .

Como los elementos que van a tratarse tienen una sección de influencia menor a  $10 \text{ m}^2$ , para conocer el coeficiente eólico de cada zona, se utilizara la siguiente fórmula:

$$C_{pe, A} = C_{pe, 10} + (C_{pe, 5} - C_{pe, 10}) * \log_{10} A$$

Obteniendo los siguientes valores:

$$\text{ZONA A: } C_{pe, A, 8} = -1,3 + (-1,2 + 1,3) * \log_{10} 8 = -1,21$$

$$\text{ZONA B: } C_{pe, B, 8} = -0,9 + (-0,8 + 0,9) * \log_{10} 8 = -0,81$$

$$\text{ZONA D: } C_{pe, D, 8} = 0,81 + (0,71 - 0,81) * \log_{10} 8 = 0,719$$

$$\text{ZONA E: } C_{pe, E, 8} = -0,32 + (-0,32 + 0,32) * \log_{10} 8 = -0,32$$

| VIENTO TRANSVERSAL    |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $q_b (\text{kN/m}^2)$ | $c_e (\text{kN/m}^2)$ | $c_p (\text{kN/m}^2)$ | $q_e (\text{kN/m}^2)$ |

|   |      |       |       |        |
|---|------|-------|-------|--------|
| A | 0,52 | 1,967 | -1,21 | -1,238 |
| B | 0,52 | 1,967 | -0,81 | -0,829 |
| D | 0,52 | 1,967 | 0,719 | 0,735  |
| E | 0,52 | 1,967 | -0,32 | -0,327 |

Tabla 4.33. Viento transversal para sección de 8 m<sup>2</sup>.

b) Viento longitudinal

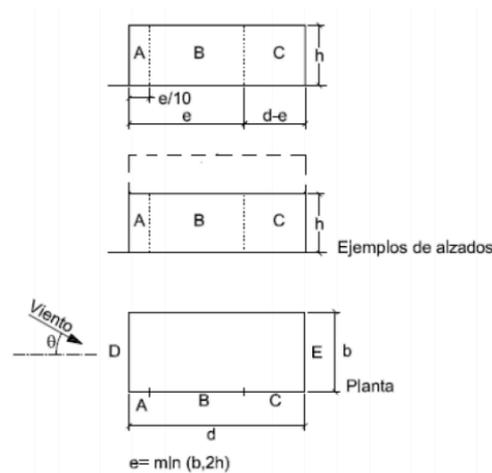


Ilustración 4.12. Viento longitudinal en cerramiento lateral.

CÁLCULO DE LA SECCIÓN:

- $b = 14 \text{ m}$
- $d = 58,5 \text{ m}$
- $d/2 = 29,25 \text{ m}$
- $h = 9,87 \text{ m}$
- $e = \min(b, 2h) = \min(14, 19,74) = 14 \text{ m}$
- $e/10 = 1,4 \text{ m}$
- $e - e/10 = 12,6 \text{ m}$
- $d - e = 44,5 \text{ m}$

En este caso se estudiará el viento en la dirección del pórtico, por lo tanto, se girará la figura y las zonas cambiarán de lugar. "b" se cambiará por "d".

En este caso,  $h/d = 9,87/58,5 = 0,168$ .

Para una superficie mayor a 10 m<sup>2</sup> y  $h/d = 0,168$ :

| ZONA     | A     | B     | C     | D     | E     |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $q_b$    | 0,52  | 0,52  | 0,52  | 0,52  | 0,52  |
| $c_e$    | 1,967 | 1,967 | 1,967 | 1,967 | 1,967 |
| $c_{pe}$ | -1,2  | -0,8  | -0,5  | 0,7   | -0,3  |

Tabla 4.34. Viento longitudinal para sección de influencia mayor de 10 m<sup>2</sup>.

Para la superficie de 5 m<sup>2</sup> y  $h/d = 0,168$ :

| ZONA     | A     | B     | C     | D     | E     |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $q_b$    | 0,52  | 0,52  | 0,52  | 0,52  | 0,52  |
| $c_e$    | 1,967 | 1,967 | 1,967 | 1,967 | 1,967 |
| $c_{pe}$ | -1,3  | -0,9  | -0,5  | 0,8   | -0,3  |

Tabla 4.35. Viento longitudinal para sección de influencia de 5 m<sup>2</sup>.

| $A_t$ (m <sup>2</sup> ) | h/d   | A    | B    | C    | D   | E    |
|-------------------------|-------|------|------|------|-----|------|
| $\leq 10$               | 0,168 | -1,2 | -0,8 | -0,5 | 0,7 | -0,3 |
| 5                       | 0,168 | -1,3 | -0,9 | -0,5 | 0,8 | -0,3 |

Tabla 4.36. Viento longitudinal para secciones de 10 y 5 m<sup>2</sup>.

En este caso también, los elementos a tratar tendrán una sección inferior a 10 m<sup>2</sup> y, por lo tanto, los coeficientes eólicos se obtendrán con la siguiente fórmula:

$$C_{pe,A} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) * \log_{10} 8$$

$$\text{ZONA A: } C_{pe, A, 8} = -1,3 + (-1,2 + 1,3) * \log_{10} 8 = -1,21$$

$$\text{ZONA B: } C_{pe, B, 8} = -0,9 + (-0,8 + 0,9) * \log_{10} 8 = -0,81$$

$$\text{ZONA C: } C_{pe, C, 8} = -0,5 + (-0,5 + 0,5) * \log_{10} 8 = -0,5$$

$$\text{ZONA E: } C_{pe, D, 8} = 0,8 + (0,7 - 0,8) * \log_{10} 8 = 0,71$$

$$\text{ZONA F: } C_{pe, E, 8} = -0,3 + (-0,3 + 0,3) * \log_{10} 8 = -0,3$$

|   | VIENTO LONGITUDINAL        |                            |                            |                            |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|   | $q_b$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $c_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $c_p$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $q_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
| A | 0,52                       | 1,967                      | -1,21                      | -1,238                     |
| B | 0,52                       | 1,967                      | -0,81                      | -0,829                     |
| C | 0,52                       | 1,967                      | -0,5                       | -0,511                     |
| D | 0,52                       | 1,967                      | 0,71                       | 0,726                      |
| E | 0,52                       | 1,967                      | -0,3                       | -0,307                     |

Tabla 4.37. Viento para sección de 8 m<sup>2</sup>.

#### COEFICIENTE DE PRESIÓN INTERIOR

Cabe destacar, al igual que para el caso anterior, que se considerará un único valor del coeficiente de presión interior en todos los parámetros del interior de la estructura, la cual vendrá provocada por los grandes agujeros, es decir, las puertas.

De este modo, existirá un caso en el que el viento pegará longitudinalmente, con los huecos a barlovento (estando las puertas abiertas por donde pega el viento) y el otro a sotavento (estando la puerta contraria abierta de donde pega el viento). También se analizará el caso en el que el viento pegue de forma transversal y la puerta este abierta, así se obtendrán los coeficientes de presión interior.

##### I. Viento longitudinal (puerta delantera abierta y trasera cerrada):

Antes de conocer el valor del coeficiente de presión interior, es necesario definir unos valores de la esbeltez, es decir, la sección de los huecos en el plano paralelo al viento y la sección total de huecos en las zonas de succión, en comparación con la sección total de los huecos de la estructura. Para empezar, se calculará la esbeltez en el plano paralelo al viento:

$$h/d = 14/58,5 = 0,239 < 1$$

siendo el parámetro “h” la altura de la estructura, mientras “d” se denomina a la longitud total del almacén en la dirección paralela al viento.

Hay que diferenciar entre dos vientos distintos, el que viene desde la parte delantera, y el de la trasera.

#### II. Viento longitudinal en cara frontal (barlovento):

Se determina lo siguiente:

Sección de zonas de succión / sección de huecos total

- Huecos a barlovento (puerta abierta en la fachada donde pega el viento)

$$\frac{0 \text{ m}^2}{25 \text{ m}^2} = 0 \rightarrow C_{pi} = 0,7 \text{ (presión interior)}$$

$$q_e = 0,52 \cdot 1,967 \cdot 0,7 = 0,716 \text{ kN/m}^2$$

#### III. Viento longitudinal en cara trasera (sotavento):

- Huecos a sotavento (puertas cerradas por donde pega el viento)

$$\frac{25 \text{ m}^2}{25 \text{ m}^2} = 1 \rightarrow C_{pi} = -0,5 \text{ (succión interior)}$$

$$q_e = 0,52 \cdot 1,967 \cdot (-0,5) = -0,511 \text{ kN/m}^2$$

#### IV. Viento transversal:

Como no hay puertas en los laterales, cuando pegue el viento de forma transversal, existirá únicamente el caso de sotavento.

- Huecos a sotavento (puertas cerradas por donde pega el viento)

$$\frac{25 \text{ m}^2}{25 \text{ m}^2} = 1 \rightarrow C_{pi} = -0,5 \text{ (succión interior)}$$

$$q_e = 0,52 \cdot 1,967 \cdot (-0,5) = -0,511 \text{ kN/m}^2$$

Los valores resultantes de las tablas son mayores y, por lo tanto, en cuanto a la seguridad serán mejores, pudiéndose evitar así posibles complicaciones.

#### Resultados de las acciones generadas por el viento

Se considerará únicamente el viento en perpendicular y, se aplicará la siguiente formula:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

#### I. EFECTO DEL VIENTO EXTERIOR

|      | TRANSVERSAL |         |
|------|-------------|---------|
|      | PRESIÓN     | SUCCIÓN |
| qe A | -           | -1,238  |
| qe B | -           | -0,829  |
| qe C | -           | -       |
| qe D | 0,726       | -       |
| qe E | -           | -0,306  |

Tabla 4.38. Viento transversal sección 8m<sup>2</sup>.

|      | LONGITUDINAL |         |
|------|--------------|---------|
|      | PRESIÓN      | SUCCIÓN |
| qe A | -            | -1,238  |
| qe B | -            | -0,829  |
| qe C | -            | -0,511  |
| qe D | 0,716        | -       |
| qe E | -            | -0,244  |

Tabla 4.39. Viento longitudinal sección 8 m<sup>2</sup>.

## II. ACCION DEL VIENTO INTERIOR

### Huecos a barlovento

$$\text{Presión interior } Q_{vpi} = 0,52 \cdot 1,967 \cdot 0,7 = 0,716 \text{ kN/m}^2$$

### Huecos a sotavento

$$\text{Succión interior } Q_{vxi} = 0,52 \cdot 1,967 \cdot (-0,5) = -0,511 \text{ kN/m}^2$$

### Resultados totales

$$q_v = q_{v,ext} - q_{v,int}$$

#### - Viento transversal

Como no existen puertas en las paredes laterales, el viento interior será de succión.

| PRESIÓN  | SUCCIÓN   |
|--|---|
| $q_{v,A} = -$                                    | $q_{v,A} = -1,238 - (-0,511) = -0,727 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,B} = -$                                    | $q_{v,B} = -0,829 + 0,511 = -0,318 \text{ kN/m}^2$    |
| $q_{v,C} = -$                                    | $q_{v,C} = -$   |
| $q_{v,D} = 0,726 + 0,168 = 0,894 \text{ kN/m}^2$ | $q_{v,D} = -$   |
| $q_{v,E} = -$                                    | $q_{v,E} = -0,306 + 0,511 = 0,205 \text{ kN/m}^2$     |

Para el caso de succión interior, al sumarse los valores de cada zona a la hora de calcular la carga total, la más crítica será la que tenga valor positivo del viento exterior.

- Viento longitudinal

a) Huecos a barlovento:

| PRESIÓN                                      | SUCCIÓN  |
|--|--|
| $q_{v,A} = -$                                | $q_{v,A} = -1,238 - 0,716 = -1,954 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,B} = -$                                | $q_{v,B} = -0,829 - 0,716 = -1,545 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,C} = -$                                | $q_{v,C} = -0,511 - 0,716 = -1,227$                |
| $q_{v,D} = 0,716 - 0,716 = 0 \text{ kN/m}^2$ | $q_{v,D} = -$                                      |
| $q_{v,E} = -$                                | $q_{v,E} = -0,244 - 0,716 = -0,96 \text{ kN/m}^2$  |

Cuando el viento pega en barlovento, las zonas críticas se darán cuando las acciones exteriores sean negativas, ya que en el interior habrá presión.

b) Huecos a sotavento:

| PRESIÓN  | SUCCIÓN   |
|--|---|
| $q_{v,A} = -$  | $q_{v,A} = -1,238 - (-0,511) = -0,727 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,B} = -$  | $q_{v,B} = -0,829 - (-0,511) = -0,318 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,C} = -$  | $q_{v,C} = -0,511 - (-0,511) = 0 \text{ kN/m}^2$      |
| $q_{v,D} = 0,716 - (-0,511) = 1,227 \text{ kN/m}^2$  | $q_{v,D} = -$   |
| $q_{v,E} = -0,244 - (-0,511) = 0,267 \text{ kN/m}^2$ | $q_{v,E} = -$   |

En este caso, como en el interior existe succión, la carga crítica se dará cuando la acción exterior sea positiva.

Una vez calculadas todas las cargas, puede afirmarse que las críticas serán las siguientes:

$$q_{vp} = 1,227 \text{ kN/m}^2 \text{ (viento transversal, Zona D)}$$

$$q_{vx} = -1,954 \text{ kN/m}^2 \text{ (viento longitudinal, Zona A)}$$

### RESUMEN DE CARGAS

Se mostrarán las cargas obtenidas para su posterior combinación:

#### CARGAS PERMANENTES

I. PESO PROPIO

- Como todavía no se ha decidido el tipo de cubierta, se desconoce este valor

#### CARGAS VARIABLES

## II. EFECTO DESFAVORABLE DEL VIENTO

- $q_{v, \text{presión}}: 1,227 \text{ kN/m}^2$  (viento transversal, zona D)
- $q_{v, \text{succión}}: -1,954 \text{ kN/m}^2$  (viento longitudinal, barlovento, zona A)

### COMBINACIÓN DE ACCIONES

Como en el caso anterior, se realizarán las combinaciones de varias cargas, las cuales tiene que ser capaz de soportar la estructura.

En este caso, como ya se ha explicado anteriormente, solo existirán las acciones del peso propio y del viento y, por tanto, se despreciarán varias combinaciones de inicio.

Así pues, la combinación crítica será:

- $0,8 \cdot q_{pp} + 1,5 \cdot q_{v, \text{succión}} = 1,5 \cdot (-1,954) = 2,931 \text{ kN/m}^2$

Buscando en el catálogo, se elegirá un cerramiento capaz de soportar  $2,931 \text{ kN/m}^2$ ,  $298 \text{ kg/m}^2$ .

| Espesor (mm) | Luz (m) para 2 vanos |         |         |         |         |        |       |
|--------------|----------------------|---------|---------|---------|---------|--------|-------|
|              | 1,5                  | 2       | 2,5     | 3       | 3,5     | 4      | 4,5   |
| 35           | 234/366              | 188/238 | 157/163 | 116/96  | 85/60   | 63/41  | 47/29 |
| 40           | 227/437              | 183/287 | 154/200 | 133/210 | 107/74  | 77/49  | 57/35 |
| 50           | 214/581              | 175/389 | 148/277 | 128/173 | 113/105 | 101/69 | 76/49 |
| 60           | 203/699              | 167/495 | 142/337 | 123/234 | 109/141 | 98/92  | 89/64 |

Tabla 4.40. Valores de sobrecarga máximos del cerramiento.

En este caso, al igual que en la cubierta, se escogerá el panel de 50 mm de grosor, con 2 m de luz entre vanos y capaz de soportar una carga de  $389 \text{ kg/m}^2$ . Para calcular la carga total, se le sumara el peso propio.

### TENIENDO EN CUENTA EL PESO PROPIO

Peso del panel:  $10,51 \text{ kg/m}^2 = 0,1051 \text{ kN/m}^2$

Descomponiéndolo en ambos planos:

- $q_{pp} \text{ perpendicular al faldón} = 0,1051 \cdot \cos(15^\circ) = 0,1015 \text{ kN/m}^2$
- $q_{pp} \text{ paralelo al faldón} = 0,1051 \cdot \sen(15^\circ) = 0,02627 \text{ kN/m}^2$

Introduciendo el valor del peso propio en la fórmula más restrictiva, puede apreciarse como en ningún caso se supera el valor de  $389 \text{ kg/m}^2$  y, por lo tanto, el cerramiento elegido será válido.

- Perpendicular:  $0,8 \cdot 0,1015 + 1,5 \cdot (-1,954) = -2,849 \text{ kN/m}^2$
- Paralelo:  $0,8 \cdot 0,02627 = 0,021 \text{ kN/m}^2$

Carga máxima:  $q = 290 \text{ kg/m}^2 < 389 \text{ kg/m}^2$

**PERFIL VÁLIDO**

#### 4.1.5. CORREAS

##### **CORREAS DE CUBIERTA**

Como la cubierta del almacén es a un agua, se colocarán 42 correas a lo largo de todo el faldón, separadas 1,05 m unas de otras.

- ✓ Distancia entre correas: 1050 mm
- ✓ Distancia entre pórticos: 6 m

A la hora de analizarlos, se tomarán como vigas continuas de esquina a esquina sustentadas sobre los pórticos. Se escogerá un perfil C200 para las correas, colocándose de forma perpendicular al faldón y en el eje fuerte de pandeo.

Por otro lado, es importante conocer la sección de cada correa, para poder saber cuál será el porcentaje de carga que soporte y en qué zona estará colocado.

##### CARGAS

A continuación, se procederá a calcular las cargas que sufrirá cada correa, de forma que podrá establecerse a través de las combinaciones cual será la más afectada.

##### *PESO PROPIO*

Una vez calculada la cubierta, se conoce el peso de esta y debe sumársele el de las correas. Se utilizará un perfil C300 para comprobar la validez.

- Panel teja (panelsandwich.org):  $11.62 \text{ kg/m}^2$   
 $q_{pp,cubierta} = 11.62 \text{ kg/m}^2 \cdot 1.05 \text{ m} = 12.2 \text{ kg/m}$

Perpendicular al faldón =  $0.122 \cdot \cos(15^\circ) = 0.118 \text{ kN/m} = 11.78 \text{ kg/m}$   
Paralelo al faldón =  $0.122 \cdot \sin(15^\circ) = 0.0315 \text{ kN/m} = 3.16 \text{ kg/m}$

- Perfil C200x2:  $5,66 \text{ kg/m}$

Perpendicular al faldón =  $0.057 \cdot \cos(15^\circ) = 0.055 \text{ kN/m} = 5.5 \text{ kg/m}$   
Paralelo al faldón =  $0.129 \cdot \sin(15^\circ) = 0.0142 \text{ kN/m} = 1.423 \text{ kg/m}$

- Peso propio total:  
Perpendicular al faldón =  $0.173 \text{ kN/m} = 17.3 \text{ kg/m}$   
Paralelo al faldón =  $0.0457 \text{ kN/m} = 4.57 \text{ kg/m}$

##### *NIEVE*

La sobrecarga de nieve se ha calculado anteriormente para la cubierta. En este caso, se le multiplicará la sección tributaria de cada petral para obtener cada valor.

$$q_{\text{nieve}} = 30 \text{ kg/m}^2 \times 1.05 \text{ m} = 31.5 \text{ kg/m (horizontal)}$$
$$q_{\text{nieve}} = 31.5 \text{ kg/m} \times \cos(15^\circ) = 30.426 \text{ kg/m (faldón)}$$

$$\text{Perpendicular al faldón: } 0.3043 \text{ kN/m} \times \cos(15^\circ) = 0.2939 \text{ kN/m} = 29.39 \text{ kg/m}$$
$$\text{Paralelo al faldón: } 0.3043 \text{ kN/m} \times \sin(15^\circ) = 0.0788 \text{ kN/m} = 7.88 \text{ kg/m}$$

### *SOBRECARGA DE USO*

Como se ha explicado anteriormente, la sobrecarga de uso trabajará como una carga lineal, por lo que se le multiplicará por el valor de la sección tributaria del petral.

$$q_{\text{uso}} = 58,5 \text{ kg/m}^2 \times 1.05 \text{ m} = 61,42 \text{ kg/m (horizontal)}$$
$$q_{\text{uso}} = 61,42 \text{ kg/m} \times \cos(15^\circ) = 59,33 \text{ kg/m (faldón)}$$

$$\text{Perpendicular al faldón: } 0.5933 \text{ kN/m} \times \cos(15^\circ) = 0.573 \text{ kN/m} = 56,22 \text{ kg/m}$$
$$\text{Paralelo al faldón: } 0.5933 \text{ kN/m} \times \sin(15^\circ) = 0.153 \text{ kN/m} = 15,01 \text{ kg/m}$$

### *VIENTO*

Para el cálculo de los petrales, ha de escogerse la más crítica de las situaciones, tanto en presión como en succión. Se estudiarán los diferentes petrales, en función de las secciones y de la zona de la cubierta y se analizarán los más perjudicados, uno para presión y otro para succión.

La carga provocada por el viento exterior:  $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$

Se mantendrán constantes el valor de la presión dinámica ( $q_b = 0,52$ ) y coeficiente de exposición ( $c_e = 1,967$ ).

Queda calcula los coeficientes de presión:

- I. Viento transversal a)

a) Dirección del viento  $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$

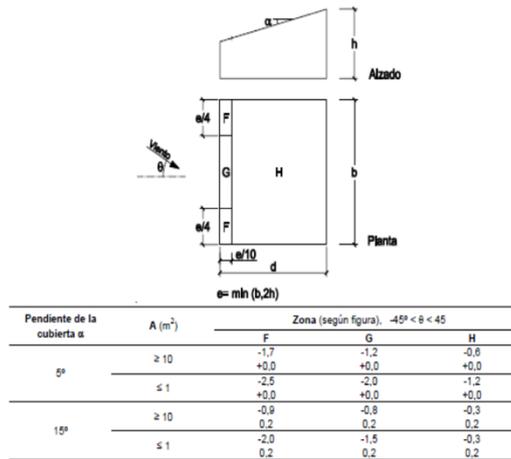


Ilustración 4.13. Viento transversal.

En la siguiente tabla se mostrarán los valores obtenidos anteriormente por la acción del viento.

|               | TRANSVERSAL |         |         | LONGITUDINAL |
|---------------|-------------|---------|---------|--------------|
|               | PRESIÓN     | SUCCIÓN | SUCCIÓN | SUCCIÓN      |
| $q_e F$       | 0,204       | -1,023  | -2,686  | -            |
| $q_e F_{inf}$ | -           | -       | -       | -2,499       |
| $q_e F_{sup}$ | -           | -       | -       | -1,708       |
| $q_e G$       | 0,204       | -0,879  | -1,392  | -1,997       |
| $q_e H$       | 0,204       | -0,307  | -0,947  | -0,859       |
| $q_e I$       | -           | -       | -       | -0,76        |

Tabla 4.41. Acción del viento.

Es necesario conocer la carga que soporta cada petral y para ello se tendrá en cuenta la sección tributaria de cada uno de ellos, aplicándole a todos ellos la mitad de la distancia de separación entre dos petrales.

- El primer y último petral se descartarán por ser inferiores la sección tributaria de estos
- Los petrales 2 y 3 serán de igual valor:

$$AF2 = 2 \cdot (1,05 \text{ m}) \cdot 7 \text{ m} = 14,7 \text{ m}^2$$

$$AG2 = 1 \cdot (1,05 \text{ m}) \cdot 44,5 \text{ m} = 46,72 \text{ m}^2$$

$$AH2 = 0 \text{ m}^2$$

- Petral N°4, 5, ..., 43

$$AH4 = (1,05 \text{ m}) \cdot 58,5 \text{ m} = 61,42 \text{ m}^2$$

Una vez obtenidas las secciones eficaces, se calcularán las hipótesis para succión y presión.

SUCCIÓN

- Petrales 2 y 3:

Puntual:

$$\begin{aligned}q_e F_2 &= (-1,023) \cdot 14,7 = -15,04 \text{ kN} \\q_e G_2 &= (-0,879) \cdot 46,72 = -41,07 \text{ kN} \\q_e H_2 &= (-0,307) \cdot 0 = 0 \text{ kN}\end{aligned}$$

Distribuida:

$$\begin{aligned}q_e F_2 &= (-15,04 \text{ kN}) / 7 \text{ m} = -2,15 \text{ kN/m} \\q_e G_2 &= (-41,07 \text{ kN}) / 44,5 \text{ m} = -0,92 \text{ kN/m} \\q_e H_2 &= (0 \text{ kN}) / 58,5 \text{ m} = 0 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Petrales 4, 5, ..., 43:

Puntual:

$$\begin{aligned}q_e F_4 &= 0 \text{ kN} \\q_e G_4 &= 0 \text{ kN} \\q_e H_4 &= (-0,307) \cdot 61,42 = -18,86 \text{ kN}\end{aligned}$$

Distribuida:

$$\begin{aligned}q_e F_2 &= (0 \text{ kN}) / 7 \text{ m} = 0 \text{ kN/m} \\q_e G_2 &= (0 \text{ kN}) / 44,5 \text{ m} = 0 \text{ kN/m} \\q_e H_2 &= (-18,86 \text{ kN}) / 58,5 \text{ m} = -0,32 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

PRESIÓN:

- Petrales 2 y 3:

Puntual:

$$\begin{aligned}q_e F_2 &= (0,204) \cdot 14,7 = 2,94 \text{ kN} \\q_e G_2 &= (0,204) \cdot 46,72 = 9,53 \text{ kN} \\q_e H_2 &= (0,204) \cdot 0 = 0 \text{ kN}\end{aligned}$$

Distribuida:

$$\begin{aligned}q_e F_2 &= (2,94 \text{ kN}) / 7 \text{ m} = 0,42 \text{ kN/m} \\q_e G_2 &= (9,53 \text{ kN}) / 44,5 \text{ m} = 0,21 \text{ kN/m} \\q_e H_2 &= (0 \text{ kN}) / 58,5 \text{ m} = 0 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

- Petrales 4, 5, ..., 43:

Puntual:

$$\begin{aligned}q_e F_4 &= 0 \text{ kN} \\q_e G_4 &= 0 \text{ kN} \\q_e H_4 &= (0,204) \cdot 61,42 = 12,53 \text{ kN}\end{aligned}$$

Distribuida:

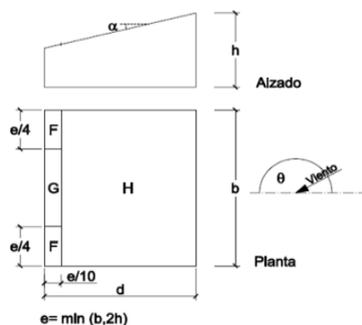
$$q_{eF2} = (0 \text{ kN}) / 7 \text{ m} = 0 \text{ kN/m}$$

$$q_{eG2} = (0 \text{ kN}) \cdot 44,5 \text{ m} = 0 \text{ kN/m}$$

$$q_{eH2} = (12,53 \text{ kN}) / 58,5 \text{ m} = 0,214 \text{ kN/m}$$

## II. Viento transversal b)

b) Dirección del viento  $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$



| Pendiente de la cubierta $\alpha$ | A (m <sup>2</sup> ) | Zona (según figura), $135^\circ \leq \theta \leq 225^\circ$ |      |      |
|-----------------------------------|---------------------|---|------|------|
|                                   |                     | F   | G    | H    |
| 5°                                | $\geq 10$           | -2,3  | -1,3 | -0,8 |
|                                   | $\leq 1$            | -2,5  | -2,0 | -1,2 |
| 15°                               | $\geq 10$           | -2,5  | -1,3 | -0,9 |
|                                   | $\leq 1$            | -2,8  | -2,0 | -1,2 |
| 30°                               | $\geq 10$           | -1,1  | -0,8 | -0,8 |
|                                   | $\leq 1$            | -2,3  | -1,5 | -0,8 |
| 45°                               | $\geq 10$           | -0,6  | -0,5 | -0,7 |
|                                   | $\leq 1$            | -1,3  | -0,5 | -0,7 |

Ilustración 4.14. Viento transversal b.

|               | TRANSVERSAL |         |         | LONGITUDINAL |
|---------------|-------------|---------|---------|--------------|
|               | PRESIÓN     | SUCCIÓN | SUCCIÓN | SUCCIÓN      |
| $q_e F$       | 0,204       | -1,023  | -2,686  | -            |
| $q_e F_{inf}$ | -           | -       | -       | -2,499       |
| $q_e F_{sup}$ | -           | -       | -       | -1,708       |
| $q_e G$       | 0,204       | -0,879  | -1,392  | -1,997       |
| $q_e H$       | 0,204       | -0,307  | -0,947  | -0,859       |
| $q_e I$       | -           | -       | -       | -0,76        |

Tabla 4.42. Viento transversal y longitudinal.

- El primer y último petral se descartarán por ser inferiores la sección tributaria de estos
- Los petrales 2 y 3 serán de igual valor:

$$AF2 = 2 \cdot (1,05 \text{ m}) \cdot 7 \text{ m} = 14,7 \text{ m}^2$$

$$AG2 = 1 \cdot (1,05 \text{ m}) \cdot 44,5 \text{ m} = 46,72 \text{ m}^2$$

$$AH2 = 0 \text{ m}^2$$

- Correos N<sup>o</sup>4, 5, ..., 43

$$AH4 = (1,05 \text{ m}) \cdot 58,5 \text{ m} = 61,42 \text{ m}^2$$

Una vez obtenidas las secciones eficaces, se calcularán las hipótesis para succión y presión.

## SUCCIÓN

- Correas 2 y 3:

Puntual:

$$q_{eF2} = (-2,686) \cdot 14,7 = -39,48 \text{ kN}$$

$$q_{eG2} = (-1,392) \cdot 46,72 = -65,03 \text{ kN}$$

$$q_{eH2} = (-0,947) \cdot 0 = 0 \text{ kN}$$

Distribuida:

$$q_{eF2} = (-39,48 \text{ kN}) / 7 \text{ m} = -5,64 \text{ kN/m}$$

$$q_{eG2} = (-65,03 \text{ kN}) / 44,5 \text{ m} = -1,46 \text{ kN/m}$$

$$q_{eH2} = (0 \text{ kN}) / 58,5 \text{ m} = 0 \text{ kN/m}$$

- Correas 4, 5, ..., 43:

Puntual:

$$q_{eF4} = 0 \text{ kN}$$

$$q_{eG4} = 0 \text{ kN}$$

$$q_{eH4} = (-0,947) \cdot 61,42 = -58,16 \text{ kN}$$

Distribuida:

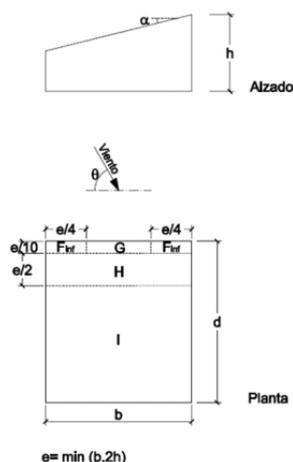
$$q_{eF2} = (0 \text{ kN}) / 7 \text{ m} = 0 \text{ kN/m}$$

$$q_{eG2} = (0 \text{ kN}) / 44,5 \text{ m} = 0 \text{ kN/m}$$

$$q_{eH2} = (-58,16 \text{ kN}) / 58,5 \text{ m} = -0,99 \text{ kN/m}$$

### III. Viento longitudinal

c) Dirección del viento  $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



| Pendiente de la cubierta $\alpha$ | A (m <sup>2</sup> ) | Zona (según figura), $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ |                  |      |      |      |
|-----------------------------------|---------------------|--|------------------|------|------|------|
|                                   |                     | F <sub>inf</sub>   | F <sub>sup</sub> | G    | H    | I    |
| 5°                                | ≥ 10                | -2,1   | -2,1             | -1,8 | -0,6 | -0,5 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,4   | -2,6             | -2,0 | -1,2 | -0,5 |
| 15°                               | ≥ 10                | -1,6   | -2,4             | -1,9 | -0,8 | -0,7 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,4   | 2,9              | -2,5 | -1,2 | -1,2 |
| 30°                               | ≥ 10                | -1,3   | -2,1             | -1,5 | -1,0 | -0,8 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,0   | -2,9             | -2,0 | -1,3 | -1,2 |
| 45°                               | ≥ 10                | -1,3   | -1,5             | -1,4 | -1,0 | -0,9 |
|                                   | ≤ 1                 | -2,0   | -2,4             | -2,0 | -1,3 | -1,2 |

Ilustración 4.15. Viento longitudinal.

|               | TRANSVERSAL |         |         | LONGITUDINAL |
|---------------|-------------|---------|---------|--------------|
|               | PRESIÓN     | SUCCIÓN | SUCCIÓN | SUCCIÓN      |
| $q_e F$       | 0,204       | -1,023  | -2,686  | -            |
| $q_e F_{inf}$ | -           | -       | -       | -2,499       |
| $q_e F_{sup}$ | -           | -       | -       | -1,708       |
| $q_e G$       | 0,204       | -0,879  | -1,392  | -1,997       |
| $q_e H$       | 0,204       | -0,307  | -0,947  | -0,859       |
| $q_e I$       | -           | -       | -       | -0,76        |

Tabla 4.43. Viento transversal y longitudinal.

- Al igual que en el caso anterior, se descartarán el primer y último petral, por ser inferior la sección eficaz de ambos.
- Petrales 2, 3, 4, 5 y 6:

$$AF2_{inf} = 1,05 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 2,94 \text{ m}^2$$

$$AF2_{sup} = 0 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 0 \text{ m}^2$$

$$AG2 = 0 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 0 \text{ m}^2$$

$$AH2 = 1,05 \text{ m} \cdot 14 \text{ m} = 14,7 \text{ m}^2$$

$$AI2 = 1,05 \text{ m} \cdot 41,7 \text{ m} = 43,78 \text{ m}^2$$

- Correas 7, 8, ..., 38:

$$AF7_{inf} = 0,775 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 2,17 \text{ m}^2$$

$$AF7_{sup} = 0 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 0 \text{ m}^2$$

$$AG7 = 0,275 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 0,77 \text{ m}^2$$

$$AH7 = 1,05 \text{ m} \cdot 14 \text{ m} = 14,7 \text{ m}^2$$

$$AI7 = 1,05 \text{ m} \cdot 41,7 \text{ m} = 43,78 \text{ m}^2$$

- Correas 39, 40, 41, 42 y 43:

$$AF7inf = 0 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 0 \text{ m}^2$$

$$AF7sup = 0,775 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 2,17 \text{ m}^2$$

$$AG7 = 0,275 \text{ m} \cdot 2,8 \text{ m} = 0,77 \text{ m}^2$$

$$AH7 = 1,05 \text{ m} \cdot 14 \text{ m} = 14,7 \text{ m}^2$$

$$AI7 = 1,05 \text{ m} \cdot 41,7 \text{ m} = 43,78 \text{ m}^2$$

Una vez obtenidas las secciones eficaces, se calcularán las hipótesis para succión y presión.

#### SUCCIÓN

- Correas 2, 3, 4, 5 y 6:

Puntual:

$$qeFinf2 = (-2,499) \cdot 2,94 = -7,35 \text{ kN}$$

$$qeFsup2 = (-1,708) \cdot 0 = 0 \text{ kN}$$

$$qeG2 = (-1,997) \cdot 0 = 0 \text{ kN}$$

$$qeH2 = (-0,859) \cdot 14,7 = -12,63 \text{ kN}$$

$$qeI2 = (-0,76) \cdot 43,78 = -33,27 \text{ kN}$$

Distribuida:

$$qeFinf2 = (-7,35 \text{ kN}) / 2,8 = -2,62 \text{ kN}$$

$$qeFsup2 = (0 \text{ kN}) / 2,8 = 0 \text{ kN}$$

$$qeG2 = (0 \text{ kN}) / 2,8 = 0 \text{ kN}$$

$$qeH2 = (-12,36 \text{ kN}) / 14 = -0,88 \text{ kN}$$

$$qeI2 = (-33,27 \text{ kN}) / 41,7 = -0,79 \text{ kN}$$

- Correas 7, 8, ..., 38:

Puntual:

$$qeFinf7 = (-2,499) \cdot 2,17 = -5,42 \text{ kN}$$

$$qeFsup7 = (-1,708) \cdot 0 = 0 \text{ kN}$$

$$qeG7 = (-1,997) \cdot 0,77 = -1,54 \text{ kN}$$

$$qeH7 = (-0,859) \cdot 14,7 = -12,63 \text{ kN}$$

$$qeI7 = (-0,76) \cdot 43,78 = -33,27 \text{ kN}$$

Distribuida:

$$qeFinf7 = (-5,42 \text{ kN}) / 2,8 = -1,93 \text{ kN}$$

$$qeFsup7 = (0 \text{ kN}) / 2,8 = 0 \text{ kN}$$

$$qeG7 = (-1,54 \text{ kN}) / 2,8 = -0,55 \text{ kN}$$

$$qeH7 = (-12,36 \text{ kN}) / 14 = -0,88 \text{ kN}$$

$$qeI7 = (-33,27 \text{ kN}) / 41,7 = -0,79 \text{ kN}$$

- Correas 39, 40, ..., 43:

Puntual:

$$q_{eFinf39} = (-2,499) \cdot 0 = 0 \text{ kN}$$

$$q_{eFsup39} = (-1,708) \cdot 2,17 = -3,71 \text{ kN}$$

$$q_{eG39} = (-1,997) \cdot 0,77 = -1,54 \text{ kN}$$

$$q_{eH39} = (-0,859) \cdot 14,7 = -12,63 \text{ kN}$$

$$q_{eI39} = (-0,76) \cdot 43,78 = -33,27 \text{ kN}$$

Distribuida:

$$q_{eFinf39} = (0 \text{ kN}) / 2,8 = 0 \text{ kN}$$

$$q_{eFsup39} = (-3,71 \text{ kN}) / 2,8 = -1,32 \text{ kN}$$

$$q_{eG39} = (-1,54 \text{ kN}) / 2,8 = -0,55 \text{ kN}$$

$$q_{eH39} = (-12,36 \text{ kN}) / 14 = -0,88 \text{ kN}$$

$$q_{eI39} = (-33,27 \text{ kN}) / 41,7 = -0,79 \text{ kN}$$

## RESUMEN DE LAS CARGAS

A continuación, se presenta un resumen de las cargas obtenidas. Se comprobará si la cubierta es capaz de soportar la suma del peso propio de los paneles y las correas C200.

### I. CARGAS PERMANENTES

Peso propio:

$$q_{pp,perpendicular} = 0.291 \text{ kN/m}$$

$$q_{pp,paralelo} = 0.0772 \text{ kN/m}$$

### II. CARGAS VARIABLES

Sobrecarga de uso:

$$q_{uso,perpendicular} = 0.573 \text{ kN/m}$$

$$q_{uso,paralelo} = 0.153 \text{ kN/m}$$

Sobrecarga de nieve:

$$q_{nieve, perpendicular} = 0.2939 \text{ kN/m}$$

$$q_{nieve, paralelo} = 0.0788 \text{ kN/m}$$

Sobrecarga de viento:

Se estudiarán los diferentes perfiles para conocer cuál será el crítico:

1. Caso: Viento transversal, con presión.

De los cálculos anteriores, puede apreciarse que las correas críticas en este caso serán la 2 y 3, en la zona F, con una carga de valor 0,42 kN/m.

2. Caso: Viento transversal, con succión.

En este caso, otra vez, los más perjudicados serán la 2 y 3. Con una carga de valor (-5,46 kN/m) en la zona F.

3. Caso: Viento longitudinal, con succión.

Las correas críticas serán la 2 y la 3, en la zona  $F_{inf}$ , con una carga de (-2,62 kN/m).

### COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para el dimensionamiento de las correas, es necesario conocer los estados límite últimos y de servicio, los cuales se definen en el apartado 3.2. del DB SE-AE. Superados estos límites, la estructura no cumplirá alguna de las condiciones estructurales.

### ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Como describe el apartado 3.2.1. del DB SE, una vez superado este límite, podría ponerse en peligro la vida de las personas, provocando el colapso de la estructura y su posterior fallo, ya sea parcial o total.

El cálculo de los momentos últimos, se utilizan para la confirmación de secciones, barras o resistencia de uniones.

En este caso, debe comprobarse la resistencia de las correas. Para ello  $i$ , es importante conocer bajo que momentos trabajan para, más tarde, utilizar la siguiente fórmula con el fin de realizar las afirmaciones necesarias.

$$\frac{M_y}{W_{el,y}} + \frac{M_z}{W_{el,z}} \leq f_{yd}$$

donde,

- $f_{yd}$ : Coeficiente del límite elástico y coeficiente de seguridad del material.

Mientras que,

- $f_y$ : Tensión límite elástica del material base.
- $\gamma$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.
- $\gamma_{M0}$ : Coeficiente de seguridad relativo para la plastificación del material.

| Designación | Espesor nominal, t mm  |             |              |   |
|-------------|--|-------------|--------------|---|
|             | Tensión de límite elástico<br>$\sigma_f$ , N/mm <sup>2</sup> |             |              | Tensión de rotura<br>$\sigma_u$ , N/mm <sup>2</sup> |
|             | t ≤ 16   | 16 < t ≤ 40 | 40 < t ≤ 100 | 3 ≤ t ≤ 100   |
| S 235 JR    |  |             |              |   |
| S 235 J0    | 235  | 225         | 215          | 360   |
| S 235 J2    |  |             |              |   |
| S 275 J0    |  |             |              |   |
| S 275 J2    | 275  | 265         | 255          | 410   |
| S 275 JR    |  |             |              |   |
| S 355 J0    |  |             |              |   |
| S 355 J2    | 355  | 345         | 335          | 470   |
| S 355 K2    |  |             |              |   |
| S 355 K2    |  |             |              |   |
| S 450 J0    | 450  | 430         | 410          | 550   |

Tabla 4.44. Tipos de acero y límites de tensión.

El perfil de correas elegido ha sido el C200x2, ya que trabajan bien en el plano perpendicular al cerramiento. Como tiene un espesor nominal inferior a 16 mm, el valor del límite elástico del material (acero S275JR), será 275 N/mm<sup>2</sup>.

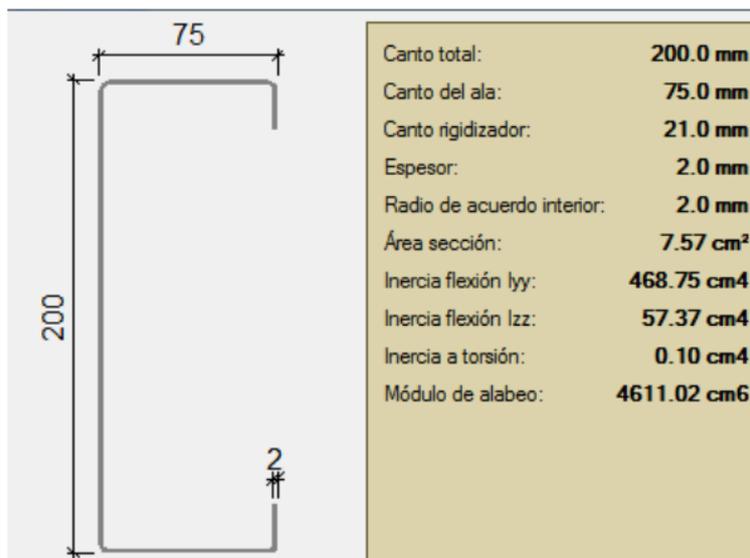


Ilustración 4.16. Descripción de las correas.

Planteando las hipótesis del caso anterior, al igual que en los casos del cerramiento, y eligiendo las más peligrosas, el CYPE calculará las secciones válidas y no válidas de los diferentes tipos de correas.

Cabe recordar que, la carga que soportan las correas, debe descomponerse en dos ejes, el paralelo y el perpendicular.

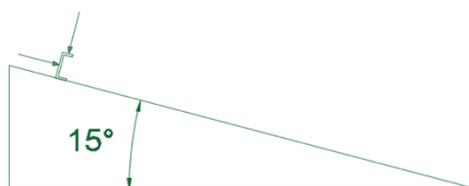


Ilustración 4.17. Carga de las correas

Para el dimensionamiento de las correas, el programa CYPE utiliza el subprograma de pórticos. El peso propio de las correas lo introduce el programa automáticamente; introduciendo las cargas de nieve, viento y uso obtenidas, genera diferentes combinaciones e hipótesis. Después, calcula los momentos flectores y, por último, se comprueba lo establecido por el CTE hasta encontrar el perfil óptimo.

Una vez obtenido el momento flector crítico y aplicando la fórmula anterior, se comprobará si el perfil C200x2 elegido es válido o no.

Las relaciones de espesor y ancho aparecen en la tabla 5.5 del CTE DB SE-A y del artículo 5.2 del Eurocódigo 3 EN 1993-1-3:2006, debe cumplirse lo siguiente:

- ✓  $h / t: \underline{96.0}$
- ✓  $b / t: \underline{33.5}$
- ✓  $c / t: \underline{8.5}$

Los elementos rígidos, generan rigidez, cumpliendo lo siguiente,

- ✓  $c / b: \underline{0.254}$

donde,

- $h$ : altura del alma = 192 mm
- $b$ : ancho del ala = 67 mm
- $c$ : altura del rigidizador = 17 mm
- $t$ : espesor = 2 mm

Del artículo 6.1.4.1 del Eurocódigo 3 EN 1993-1-1:2006 y del CTE DB SE-A, la resistencia a flexión en el eje Y:

- ✓  $\eta: \underline{0,789}$

$M, E_d = 0,883 \text{ tn} \cdot \text{m}$

$M_c, R_d = 1,119 \text{ tn} \cdot \text{m}$

$W_{\text{eff}}$ : Módulo resistente eficaz de la fibra de mayor tensión =  $\underline{41,90} \text{ cm}^3$

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base (tabla 4.1 del CTE DB SE-A) =  $\underline{41,90} \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente de seguridad parcial del material =  $\underline{1,05}$

Por lo tanto, **el perfil C200x2 es válido.**

Se comprueba también que el perfil C200x2 cumple con la hipótesis más restrictiva:  $1,35 \cdot q_{pp} + 0,6 \cdot 1,5 q_{v, \text{trans, pres.}} + 1,5 \cdot q_{\text{nieve}}$

*ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO*

Se considera un comportamiento correcto, en cuanto a deformaciones, giros y envejecimiento si, para las situaciones de dimensionamiento, no se superan los límites aceptables.

Se comprueba la flecha para la hipótesis anteriormente descrita. Es importante conocer que, en este caso, no se aplicarán coeficientes de seguridad, pero sí de simultaneidad.

## **CORREAS LATERALES Y FRONTALES**

En las paredes laterales, las cuales tienen una altura de 10 m aproximadamente, se colocarán 5 correas, separadas 2 m entre ellas.

Numero de correas: 5

Distancia entre correas: 2000 mm

Se considerarán las correas como vigas continuas, estando las laterales apoyadas en los pórticos, y las frontales de un lado al otro del pórtico. En este caso, al igual que para el cálculo de la cubierta, se propondrá un perfil en "C" y colocado sobre el eje fuerte de inercia, es decir, perpendicular al faldón.

Por otro lado, es necesario conocer la sección tributaria que le corresponderá a cada uno, con el fin de calcular las cargas que soportarán todos ellos.

Así pues,

$$A_t (1 \text{ y } 5) = (1) \cdot 58,5 = 58,5 \text{ m}^2$$

$$A_t (2, 3 \text{ y } 4) = (2) \cdot 58,5 = 117 \text{ m}^2$$

## **CARGAS**

Se explicarán tanto las cargas soportadas por las correas laterales como por las frontales. En este caso, se tendrán en cuenta únicamente las de peso propio y viento.

### **PESO PROPIO**

Al valor del peso propio de los paneles obtenidos anteriormente, debe sumársele el de las correas.

- Peso propio de los paneles:  $10,51 \text{ kg/m}^2 = 0,1051 \text{ kN/m}^2$
- $q_{pp, \text{ cerramiento}}: 10,51 \text{ kg/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = 21,02 \text{ kg/m}^2$
- Perfil C200x2:  $5,43 \text{ kg/m} = 0,0543 \text{ kN/m}^2$
- Peso propio total:  $26,45 \text{ kg/m} = 0,265 \text{ kN/m}$

### **VIENTO (SIEMPRE PERPENDICULAR)**

Como en el caso anterior, para el cálculo de los petrales, se escogerá la situación más desfavorable, para el caso de presión y de succión.

#### **I. VIENTO TRANSVERSAL**

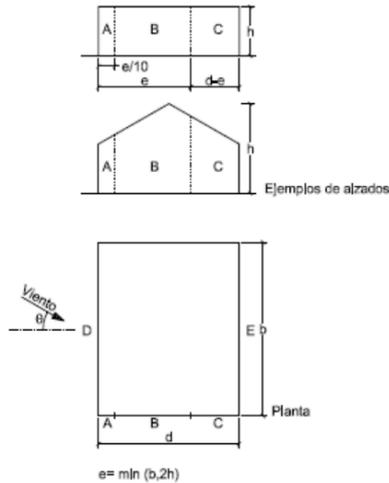


Tabla 4.45. Viento transversal en paramento vertical.

En la siguiente tabla se expresarán los valores de las cargas de viento obtenidas anteriormente, en los laterales y frontales.

|   | VIENTO TRANSVERSAL         |                            |                            |                            |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|   | $q_b$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $c_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $c_p$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $q_e$ (kN/m <sup>2</sup> ) |
| A | 0,52                       | 1,967                      | -1,21                      | -1,238                     |
| B | 0,52                       | 1,967                      | -0,81                      | -0,829                     |
| D | 0,52                       | 1,967                      | 0,719                      | 0,735                      |
| E | 0,52                       | 1,967                      | -0,32                      | -0,327                     |

Tabla 4.46. Cargas del viento por zonas.

En la dirección por donde viene el viento estará todo cerrado, por lo tanto, la carga interior del viento será de succión. De esta manera, las cargas de viento exteriores negativas no serán tan perjudiciales, no así como en la zona D, donde se obtendrán las mayores cargas.

El valor de la carga de viento en la zona D, será la siguiente:

$$Q_{v,D} = 0,735 + 0,511 = 1,246 \text{ kN/m}^2$$

Las correas críticas serán las del medio, ya que las de las esquinas tienen una sección tributaria igual a la mitad. Por lo tanto, los valores de las cargas distribuidas de dichas correas serán:

$$q_{eA2} = -1,238 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -2,476 \text{ kN/m}$$

$$q_{eB2} = -0,829 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -1,658 \text{ kN/m}$$

$$q_{eD2} = 0,735 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = 1,47 \text{ kN/m}$$

$$q_{eE2} = -0,327 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -0,654 \text{ kN/m}$$

## II. VIENTO LONGITUDINAL

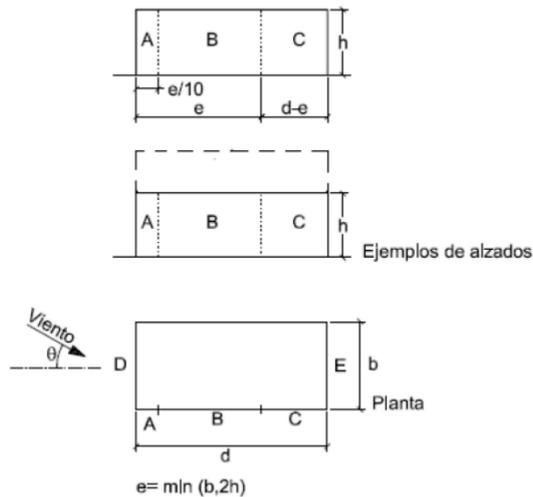


Ilustración 4.18. Viento longitudinal en paramento vertical.

En la siguiente tabla se muestran los valores de las cargas cuando el viento golpea de forma longitudinal.

|      | LONGITUDINAL |         |
|------|--------------|---------|
|      | PRESIÓN      | SUCCIÓN |
| qe A | -            | -1,238  |
| qe B | -            | -0,829  |
| qe C | -            | -0,511  |
| qe D | 0,716        | -       |
| qe E | -            | -0,244  |

Tabla 4.47. Cargas de viento en longitudinal.

Considerando las puertas en el mismo estado que para el caso anterior, se estudiara el caso más desfavorable.

#### BARLOVENTO

Considerando los coeficientes interiores, se obtienen los siguientes resultados:

| PRESIÓN                                      | SUCCIÓN  |
|--|--|
| $q_{v,A} = -$                                | $q_{v,A} = -1,238 - 0,716 = -1,954 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,B} = -$                                | $q_{v,B} = -0,829 - 0,716 = -1,545 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,C} = -$                                | $q_{v,C} = -0,511 - 0,716 = -1,227$                |
| $q_{v,D} = 0,716 - 0,716 = 0 \text{ kN/m}^2$ | $q_{v,D} = -$                                      |
| $q_{v,E} = -$                                | $q_{v,E} = -0,244 - 0,716 = -0,96 \text{ kN/m}^2$  |

Como puede apreciarse, cuando el viento pega por la puerta abierta, existirá presión interior; de esta forma, a la hora de calcular el valor total de la carga, el valor positivo de las cargas

disminuirá; sin embargo, las cargas negativas aumentarán su valor en negativo y, por lo tanto, serán más críticas.

Las zonas que se tendrán en cuenta serán la A, B y C.

Sabiendo que las correas más críticas serán las del medio, ya que tienen el doble de sección eficaz que las de las esquinas, las cargas distribuidas tendrán los siguientes valores:

$$q_{eA2} = -1,954 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -3,91 \text{ kN/m}$$

$$q_{eB2} = -1,545 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -3,09 \text{ kN/m}$$

$$q_{eC2} = -1,227 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -2,454 \text{ kN/m}$$

## SOTAVENTO

Teniendo en cuenta el efecto de los coeficientes interiores:

| PRESIÓN  | SUCCIÓN   |
|--|---|
| $q_{v,A} = -$  | $q_{v,A} = -1,238 - (-0,511) = -0,727 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,B} = -$  | $q_{v,B} = -0,829 - (-0,511) = -0,318 \text{ kN/m}^2$ |
| $q_{v,C} = -$  | $q_{v,C} = -0,511 - (-0,511) = 0 \text{ kN/m}^2$      |
| $q_{v,D} = 0,716 - (-0,511) = 1,227 \text{ kN/m}^2$  | $q_{v,D} = -$   |
| $q_{v,E} = -0,244 - (-0,511) = 0,267 \text{ kN/m}^2$ | $q_{v,E} = -$   |

Cuando exista succión interior, las cargas críticas serán las positivas.

Una vez más, las correas críticas serán las interiores, por ser el doble el valor del área tributaria de éstas. Así pues, el caso más crítico se dará en la zona D, y su valor será:

$$q_{eD2} = 1,227 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = 2,454 \text{ kN/m}$$

## RESUMEN DE CARGAS

A continuación, se presenta un resumen de las cargas obtenidas.

### I. CARGAS PERMANENTES

Peso propio:

$$q_{pp} = 0,265 \text{ kN/m (Cerramiento y correa)}$$

### II. CARGAS VARIABLES

Sobrecarga de viento:

Se estudiarán los diferentes casos para conocer cuál será el crítico:

1. Caso: Viento transversal, con presión.

De los cálculos anteriores, puede apreciarse que las correas críticas en este caso serán la 2, 3 y 4, en la zona D, con una carga de valor 1,47 kN/m.

2. Caso: Viento longitudinal, con succión y barlovento, zonas A, B y C para correas 2, 3 y 4.

$$q_{eA2} = -1,954 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -3,91 \text{ kN/m}$$

$$q_{eB2} = -1,545 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -3,09 \text{ kN/m}$$

$$q_{eC2} = -1,227 \text{ kN/m}^2 \cdot 2 \text{ m} = -2,454 \text{ kN/m}$$

### COMBINACIÓN DE ACCIONES

Para el dimensionamiento de las correas laterales y frontales será necesario estudiar los estados límite últimos y de servicio.

### ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Como describe el apartado 3.2.1. del DB SE, una vez superado este límite, podría ponerse en peligro la vida de las personas, provocando el colapso de la estructura y su posterior fallo, ya sea parcial o total.

El cálculo de los momentos últimos, se utilizan para la confirmación de secciones, barras o resistencia de uniones.

En este caso, debe comprobarse la resistencia de las correas. Para ello, es importante conocer bajo que momentos trabajan para, más tarde, utilizar la siguiente fórmula con el fin de realizar las afirmaciones necesarias.

$$\frac{My}{W_{el,y}} + \frac{Mz}{W_{el,z}} \leq f_{yd}$$

donde,

- $f_{yd}$ : Coeficiente del límite elástico y coeficiente de seguridad del material.

Mientras que,

- $f_y$ : Tensión límite elástica del material base.
- $\gamma$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.
- $\gamma_{M0}$ : Coeficiente de seguridad relativo para la plastificación del material.

| Designación | Espesor nominal, t mm  |             |              |   |
|-------------|--|-------------|--------------|---|
|             | Tensión de límite elástico<br>$\sigma_F$ , N/mm <sup>2</sup> |             |              | Tensión de rotura<br>$\sigma_U$ , N/mm <sup>2</sup> |
|             | t ≤ 16   | 16 < t ≤ 40 | 40 < t ≤ 100 | 3 ≤ t ≤ 100   |
| S 235 JR    |  |             |              |   |
| S 235 J0    | 235  | 225         | 215          | 360   |
| S 235 J2    |  |             |              |   |
| S 275 J0    |  |             |              |   |
| S 275 J2    | 275  | 265         | 255          | 410   |
| S 275 JR    |  |             |              |   |
| S 355 J0    |  |             |              |   |
| S 355 J2    | 355  | 345         | 335          | 470   |
| S 355 K2    |  |             |              |   |
| S 355 K2    |  |             |              |   |
| S 450 J0    | 450  | 430         | 410          | 550   |

Tabla 4.48. Tipos de acero y límites de tensión.

El perfil de correas elegido ha sido el C200x2, ya que trabajan bien en el plano perpendicular al cerramiento. Como tiene un espesor nominal inferior a 16 mm, el valor del límite elástico del material (acero S275JR), será 275 N/mm<sup>2</sup>.

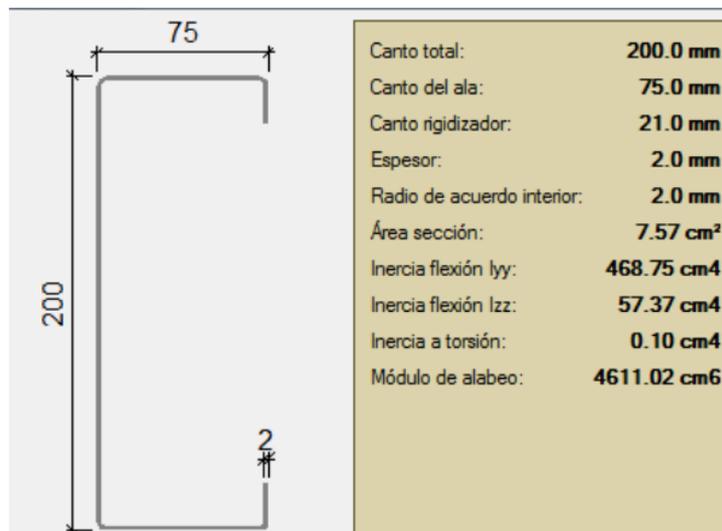


Ilustración 4.19. Descripción de las correas.

Planteando las hipótesis del caso anterior, al igual que en los casos del cerramiento, y eligiendo las más peligrosas, el CYPE calculará las secciones válidas y no válidas de los diferentes tipos de correas.

Cabe recordar que, la carga que soportan las correas, debe descomponerse en dos ejes, el paralelo y el perpendicular.

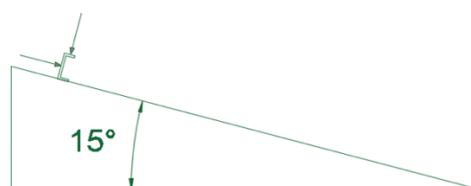


Ilustración 4.20. Carga de las correas

Para el dimensionamiento de las correas, el programa CYPE utiliza el subprograma de pórticos. El peso propio de las correas lo introduce el programa automáticamente; introduciendo las cargas de nieve, viento y uso obtenidas, genera diferentes combinaciones e hipótesis. Después, calcula los momentos flectores y, por último, se comprueba lo establecido por el CTE hasta encontrar el perfil óptimo.

Una vez obtenido el momento flector crítico y aplicando la fórmula anterior, se comprobará si el perfil C200x2 elegido es válido o no.

Las relaciones de espesor y ancho aparecen en la tabla 5.5 del CTE DB SE-A y del artículo 5.2 del Eurocódigo 3 EN 1993-1-3:2006, debe cumplirse lo siguiente:

- ✓  $h / t$ : 96.0
- ✓  $b / t$ : 33.5
- ✓  $c / t$ : 8.5

Los elementos rígidos, generan rigidez, cumpliendo lo siguiente,

- ✓  $c / b$ : 0.254

donde,

- $h$ : altura del alma = 192 mm
- $b$ : ancho del ala = 67 mm
- $c$ : altura del rigidizador = 17 mm
- $t$ : espesor = 2 mm

Del artículo 6.1.4.1 del Eurocódigo 3 EN 1993-1-1:2006 y del CTE DB SE-A, la resistencia a flexión en el eje Y:

- ✓  $\eta$ : 0,95

$M, E_d = 1,063 \text{ tn} \cdot \text{m}$

$M_c, R_d = 1,119 \text{ tn} \cdot \text{m}$

$W_{\text{eff}}$ : Módulo resistente eficaz de la fibra de mayor tensión = 41,90  $\text{cm}^3$

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base (tabla 4.1 del CTE DB SE-A) = 2803,26  $\text{kp/cm}^2$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente de seguridad parcial del material = 1,05

Por lo tanto, **el perfil C200x2 es válido.**

#### 4.1.6. LOSA DE CIMENTACIÓN

Bajo el suelo del almacén, se ha decidido implantar una losa de cimentación, como solución más adecuada. Este tipo de cimentación es muy utilizada en la construcción civil, ya que se comporta de forma inmejorable con los elementos metálicos.

Es un sistema con grandes beneficios económicos, tales como la durabilidad o el alto nivel de resistencia que es capaz de soportar.

Para dimensionar el forjado correctamente, se ha utilizado el módulo CYPE CAD, y a través de éste podrá obtenerse el modelo más adecuado. Gracias a este programa es posible llevar adelante el cálculo de la losa de cimentación apoyada sobre el terreno y la descripción de los elementos que van a utilizarse para ello.

Se dividirá en tres apartados:

- Datos geométricos: los datos necesarios para definir el forjado.
- Materiales: se eligen los materiales a utilizar (hormigón, acero estructural y acero para las armaduras), y los recubrimientos metálicos para las armaduras.
- Cargas: se definen las solicitaciones exteriores.

## DATOS GEOMÉTRICOS

Antes de hacer una estimación de los cálculos, es necesario definir los parámetros geométricos necesarios. Del lado de la seguridad y atendiendo al documento 4.3.3.1 de seguridad estructural de la construcción, la flecha relativa será menor de  $L/500$  para pisos con tabiques frágiles o pavimentos rígidos sin juntas.

## MATERIALES

Como ya se ha explicado anteriormente, pueden dividirse en tres apartados:

- Hormigón:

El hormigón que se va a utilizar será del tipo HA-25. A continuación se explicaran las características de este hormigón.

En cuanto a la resistencia característica (MPa), se ha decidido utilizar este hormigón.

| Estado límite |                           | Valores de $\gamma_e$ |
|---------------|---------------------------|-----------------------|
| Último        | Persistente y transitoria | 1,50                  |
|               | Accidental                | 1,30                  |
| De servicio   |                           | 1,00                  |

Tabla 4.49. Coeficiente de seguridad del hormigón.

- Acero estructural

Dentro de este apartado, es necesario definir otros subapartados. Lo primero, el límite elástico, en MPa. En esta obra, el mínimo necesario será de  $275 \text{ N/mm}^2$ . Por otro lado, atendiendo al coeficiente de minoración, explicado en el apartado 2.3.3 del documento de seguridad estructural del acero, serán los coeficientes parciales utilizados para determinar la resistencia.

Se impondrá el valor de 1,05 como coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material.

$\gamma_{M0} = 1,05$  coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material

- Acero para armado

Pueden utilizarse tanto el B 400 S como el B 500 S. En este caso se utilizará el B 500 S. En este caso el coeficiente de minoración será 1,15. Servirá de ayuda tanto para el armado inferior como para el superior.

| Tipo de estructura  | Vida útil nominal  |
|---|--------------------|
| Estructuras de carácter temporal <sup>(2)</sup>   | Entre 3 y 10 años  |
| Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)   | Entre 10 y 25 años |
| Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas  | Entre 15 y 50 años |
| Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media | 50 años            |
| Edificios de carácter monumental o de importancia especial  | 100 años           |
| Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta  | 100 años           |

Tabla 4.50. Vida útil de diferentes estructuras.

En este caso, se supondrá una vida útil para la estructura de 50 años. Se conseguirán los siguientes valores de recubrimientos mínimos.

| Clase de exposición | Tipo de cemento   | Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ] | Vida útil de proyecto (t <sub>d</sub> ), (años) |     |
|---------------------|---|--|---|-----|
|                     |   |  | 50  | 100 |
| I                   | Cualquiera  | $f_{ck} \geq 25$   | 15  | 25  |
| II a                | CEM I   | $25 \leq f_{ck} < 40$  | 15  | 25  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$   | 10  | 20  |
|                     | Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón | $25 \leq f_{ck} < 40$  | 20  | 30  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$   | 15  | 25  |
| II b                | CEM I   | $25 \leq f_{ck} < 40$  | 20  | 30  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$   | 15  | 25  |
|                     | Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón | $25 \leq f_{ck} < 40$  | 25  | 35  |
|                     |   | $f_{ck} \geq 40$   | 20  | 30  |

Tabla 4.51. Recubrimientos mínimos (mm) en función de la clase de exposición.

Para determinar el recubrimiento nominal se utiliza la siguiente formula:

$$r_{nom} = r_{min} + \Delta_r$$

donde,

$r_{nom}$ : recubrimiento nominal.

$r_{min}$ : recubrimiento mínimo.

$\Delta_r$ : margen de recubrimiento, su valor dependerá del nivel del control de ejecución:

- 0 mm, en elementos prefabricados de gran control de ejecución.

- 5 mm, para ejecuciones in situ de gran control de ejecución
- 10 mm, en otros casos.

Del lado de la seguridad, se escogerá un margen de recubrimiento de 10 mm.

Por lo tanto, se calculará el valor de recubrimiento natural de la formula anteriormente citada.

$$r_{nom} = 15 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 25 \text{ mm}$$

Para conseguir el recubrimiento mecánico, los diámetros a utilizar en las barras de las armaduras serán de 12 mm. De esta manera, el recubrimiento mecánico será el siguiente:

$$r_{mec} = r_{nom} + \frac{\text{diámetro de las armaduras}}{2} = 25 + \frac{12}{2} = 31 \text{ mm}$$

Siguiendo del lado de la seguridad, se ha escogido un valor de 3,5 para los recubrimientos de las armaduras positivas y las negativas.

## CARGAS

Las cargas soportadas por el forjado, pueden considerarse como cargas superficiales; no obstante, en las vigas se aplicarán como cargas lineales, ya que las cargas más perjudiciales para el forjado son las permanentes.

El programa calcula el peso propio en función del área y de la definición geométrica del forjado y, por lo tanto, no es necesario introducir ningún valor de carga permanente.

Se especificarán los parámetros necesarios para el cálculo:

### I. ACCIONES PERMANENTES

Debe considerarse el peso de cada uno de los elementos implantados en el forjado.

- Peso de los tabiques: 0,54 kN/m<sup>2</sup>
- Peso sobre el suelo: 4 kN/m<sup>2</sup>
- Peso total: 4,54 kN/m<sup>2</sup>

### II. ACCIONES VARIABLES

Se tendrán en cuenta las cargas de los materiales almacenados y de las personas. Atendiendo al apartado 3.1.1 del CTE DB SE AE:

| Categoría de uso |  | Subcategorías de uso |   | Carga uniforme<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | Carga concentrada<br>[kN] |
|------------------|--|----------------------|---|--|---------------------------|
| A                | Zonas residenciales  | A1                   | Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles  | 2                                      | 2                         |
|                  |  | A2                   | Trasteros   | 3                                      | 2                         |
| B                | Zonas administrativas  |                      |   | 2                                      | 2                         |
| C                | Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D) | C1                   | Zonas con mesas y sillas  | 3                                      | 4                         |
|                  |  | C2                   | Zonas con asientos fijos  | 4                                      | 4                         |
|                  |  | C3                   | Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc. | 5                                      | 4                         |
|                  |  | C4                   | Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas   | 5                                      | 7                         |
|                  |  | C5                   | Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)  | 5                                      | 4                         |
| D                | Zonas comerciales  | D1                   | Locales comerciales   | 5                                      | 4                         |
|                  |  | D2                   | Supermercados, hipermercados o grandes superficies  | 5                                      | 7                         |
| E                | Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)                             |                      |   | 2                                      | 20 <sup>(1)</sup>         |
| F                | Cubiertas accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>  |                      |   | 1                                      | 2                         |
| G                | Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>   | G1 <sup>(7)</sup>    | Cubiertas con inclinación inferior a 20°  | 1 <sup>(4)</sup> (6)                   | 2                         |
|                  |  |                      | Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>  | 0,4 <sup>(4)</sup>                     | 1                         |
|                  |  | G2                   | Cubiertas con inclinación superior a 40°  | 0                                      | 2                         |

Tabla 4.52. Valores característicos de la sobrecarga de uso.

Se ha elegido un valor de 5 kN, ya que es un espacio dedicado al almacenamiento y por el cual pasaran personas constantemente, por lo tanto, la seguridad es un factor importante.

Para terminar, es necesario aplicar los coeficientes de minoración, tanto para las cargas permanentes como para las de uso. Según el CTE DB SE, se aplicará el valor de 1,35 para las permanentes y 1,5 para las de uso.

En cuanto a los valores de estados últimos, se aplican los coeficientes anteriormente citados; no obstante, el valor del estado de servicio se reducirá a la unidad, para cargas permanentes y para sobrecargas.

En cuanto a la resistencia frente al fuego, el programa calcula dicho valor. En este caso, se ha elegido 60 minutos. Para este forjado, la información acerca de la resistencia frente al fuego, puede encontrarse en el documento “Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB SIC)”.

## CÁLCULOS

Una vez introducidos todos los datos descritos, el programa realizará los cálculos.

Como puede apreciarse, una losa de 55 cm de grosor será suficiente para el forjado del almacén, ya que, con el anterior tamaño, de 45 cm, aparecen problemas de punzonamiento.

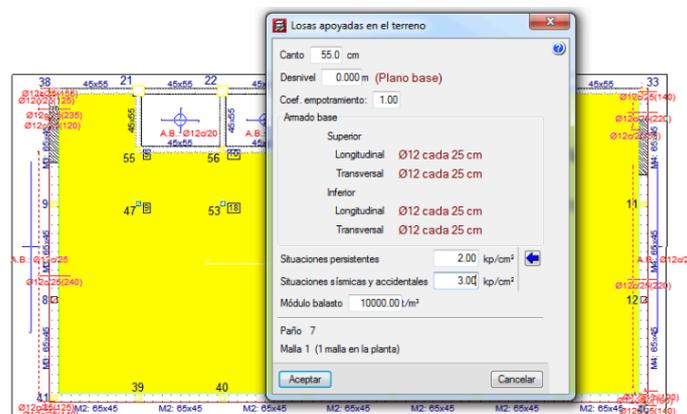


Ilustración 4.21. Dibujo de losa de cimentación mediante CYPE.

## RESULTADOS

En la siguiente tabla se ven los resultados obtenidos. Como ya se ha dicho, el grosor de la losa será de 55 cm y el diámetro de las barras de 12 mm. La sección de las armaduras superiores e inferiores será la misma.

| CIMENTACIÓN (Losa de cimentación)   |
|---|
| <u>Alineación longitudinal</u><br>Armadura inferior: 1 Ø12 c/25<br>Armadura superior: 1 Ø12 c/25<br>Espesor: 55 |
| <u>Alineación transversal</u><br>Armadura inferior: 1 Ø12 c/25<br>Armadura superior: 1 Ø12 c/25<br>Espesor: 55  |

### 4.1.7. PUERTAS

Se atenderá al apartado de seguridad del CTE para determinar el número de puertas de emergencia.

Como dicta el documento 3, “Número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación”, se estiman el número de entradas salidas del almacén.

| Número de salidas existentes  | Condiciones  |
|---|--|
| Plantas o recintos que disponen de una única salida de planta o salida de recinto respectivamente                 | No se admite en uso Hospitalario, en las plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo, así como en salas o unidades para pacientes hospitalizados cuya superficie construida exceda de 90 m <sup>2</sup> .<br>La ocupación no excede de 100 personas, excepto en los casos que se indican a continuación:<br>- 500 personas en el conjunto del edificio, en el caso de salida de un edificio de viviendas;<br>- 50 personas en zonas desde las que la evacuación hasta una salida de planta deba salvar una altura mayor que 2 m en sentido ascendente;<br>- 50 alumnos en escuelas infantiles, o de enseñanza primaria o secundaria.<br>La longitud de los recorridos de evacuación hasta una salida de planta no excede de 25 m, excepto en los casos que se indican a continuación:<br>- 35 m en uso Aparcamiento;<br>- 50 m si se trata de una planta, incluso de uso Aparcamiento, que tiene una salida directa al espacio exterior seguro y la ocupación no excede de 25 personas, o bien de un espacio al aire libre en el que el riesgo de incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc.<br>La altura de evacuación descendente de la planta considerada no excede de 28 m, excepto en uso Residencial Público, en cuyo caso es, como máximo, la segunda planta por encima de la de salida de edificio <sup>(2)</sup> , o de 10 m cuando la evacuación sea ascendente. |
| Plantas o recintos que disponen de más de una salida de planta o salida de recinto respectivamente <sup>(3)</sup> | La longitud de los recorridos de evacuación hasta alguna salida de planta no excede de 50 m, excepto en los casos que se indican a continuación:<br>- 35 m en zonas en las que se prevea la presencia de ocupantes que duermen, o en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario y en plantas de escuela infantil o de enseñanza primaria.<br>- 75 m en espacios al aire libre en los que el riesgo de declaración de un incendio sea irrelevante, por ejemplo, una cubierta de edificio, una terraza, etc.<br>La longitud de los recorridos de evacuación desde su origen hasta llegar a algún punto desde el cual existan al menos dos recorridos alternativos no excede de 15 m en plantas de hospitalización o de tratamiento intensivo en uso Hospitalario o de la longitud máxima admisible cuando se dispone de una sola salida, en el resto de los casos.<br>Si la altura de evacuación descendente de la planta obliga a que exista más de una salida de planta o si más de 50 personas precisan salvar en sentido ascendente una altura de evacuación mayor que 2 m, al menos dos salidas de planta conducen a dos escaleras diferentes.   |

Tabla 4.53. Dimensionado de elementos de evacuación.

Se dispondrán de tres puertas de evacuación y cinco accesos desde el exterior de tipo puerta rápida. Se estima que la distancia máxima desde cualquier punto del almacén a la puerta de emergencia, no exceda los 50 m.

## PUERTAS CORTAFUEGOS

Para el diseño de las puertas de evacuación, se ha utilizado el catálogo de la empresa CIMESA.

Se ha elegido el modelo de puerta PAP-1660 1000. Esta Puerta cortafuego EI260 presenta las siguientes características mecánicas:

- Hoja: grueso de 60 mm de espesor, fabricada con chapas de acero de 1-1,2 mm, aislamiento rígido en su interior y acabado con pintura de imprimación bicomponente base agua, sin disolventes, con un alto grado de protección. Terminación en RAL 7035.
- Marco: perfilado enrasado fabricado con chapa de acero de 1,5 mm de espesor, provisto de bisagras planas de acero CIMESA CB5/22.
- Sistema: Muelle cierrapuertas hidráulico y herraje de cierre compuesto por:
  - Cerradura CIMESA de acero, función llave y cilindro, con manillas de acero CIMESA 7111+7121 lacadas.
  - Barra antipánico 1910, con accionamiento exterior por manilla condensable.

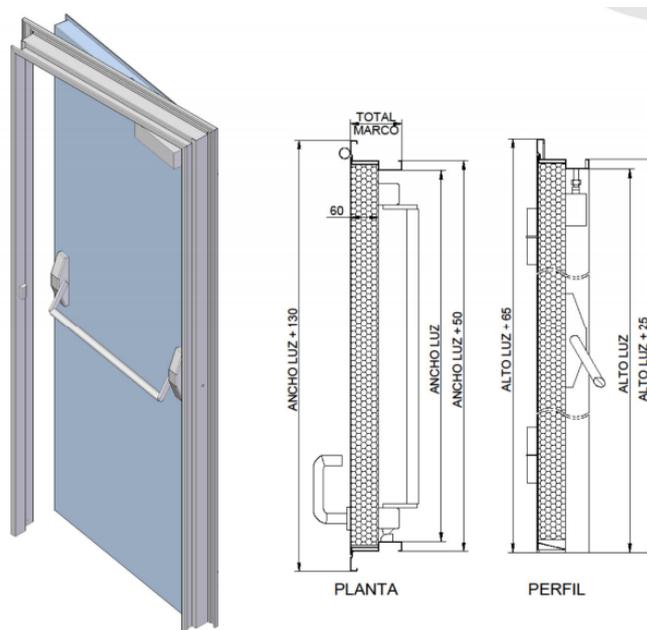


Ilustración 4.22. Puerta contraincendios.

## PUERTAS CORREDERAS INDUSTRIALES

La encargada de fabricar las puertas correderas del almacén será la empresa Reflex. Estas puertas tendrán unas dimensiones de 5 m de ancho y 5 metros de alto.

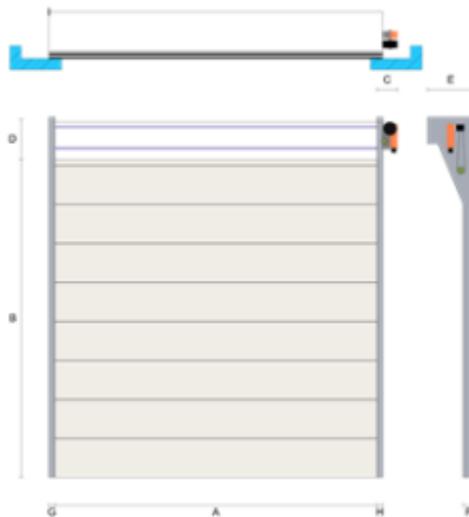


Ilustración 4.23. Sistema de puerta corredera.

Pueden elegirse diferentes modelos en función del tipo de panel a utilizar.

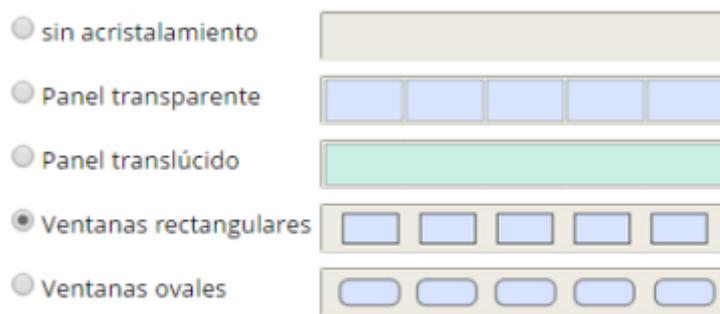


Ilustración 4.24. Ventana translucida de puerta corredera

Se ha decidido poner cristales rectangulares para el aprovechamiento de la luz exterior y de color RAL 7032. La distribución de las ventanas será la siguiente:

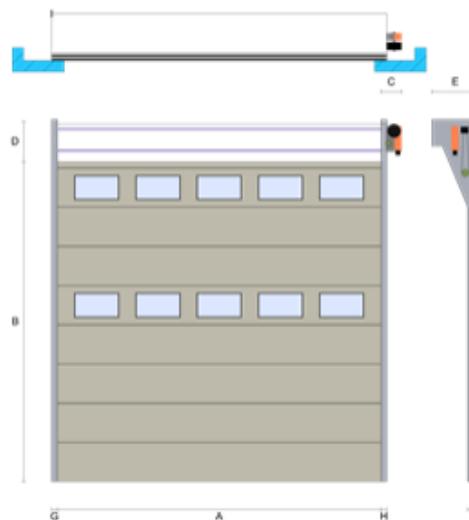


Ilustración 4.25. Puerta corredera con ventanas translúcidas.

Para evitar que la puerta se encuentre abierta en todo momento, o que pueda abrirse para una sola persona, se dispondrá de una pequeña puerta en una esquina de la puerta corredera. Esta puerta tendrá una bisagra para abrirse hacia la derecha.

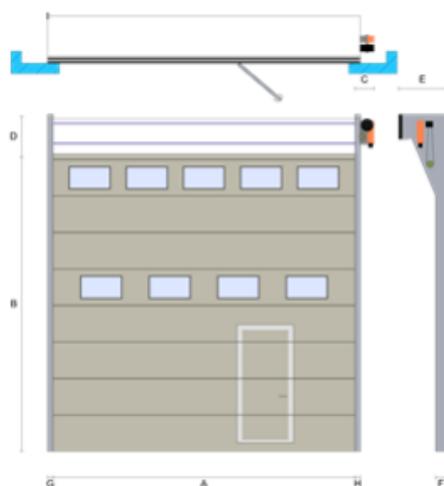


Ilustración 4.26. Puerta corredera con puerta individual.

Por otro lado, la manilla a utilizar en la puerta individual, será antipánico, como puede verse en la siguiente imagen:

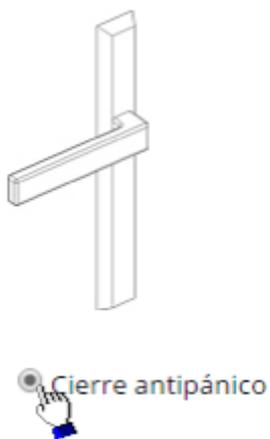


Ilustración 4.27. Manilla antipánico.

La puerta corredera dispondrá de cierre automático, con cortina de seguridad. Gracias a este dispositivo, será posible cerrar la puerta sin la supervisión de un operario. La cortina óptica controla hasta 2,5 m la apertura de la puerta y es capaz de detectar cualquier obstáculo. Esta característica puede ser muy interesante para evitar el atrapamiento de personas, ya que en caso de cierre se activaría el sistema de seguridad, y la puerta ascendería automáticamente.



Ilustración 4.28. Sistema puerta corredera abierta.

Las características técnicas de las puertas son las siguientes:

| Posición config. puerta 1  |  | 3. Color (exterior/interior) |                           |
|----------------------------|--|------------------------------|---------------------------|
| <b>1. Dimensiones</b>      |  | Sándwich:                    | RAL 7032/RAL 9002         |
| A.Ancho:                   | 5000 mm  | Panel transparente:          |                           |
| B.Alto:                    | 5000 mm  | Relleno sándwich:            |                           |
| C.Espacio para el motor:   | 320 mm   | <b>4. Puerta peatonal</b>    |                           |
| D.Espacio superior:        | 680 mm   | Posición:                    | Derecha                   |
| E.Profundidad:             | 790 mm   | Bisagra:                     | Izquierda                 |
| F.Profundidad del carril:  | 174 mm   | Tipo de cerradura:           | Cierre antipánico         |
| G.Espacio para el carril:  | 90 mm  | <b>5. Accesorios</b>         |                           |
| H.Espacio para el carril:  | 90 mm  | Protección de seguridad:     | Cortina óptica            |
| <b>2. Acristalamiento:</b> |  | Posición del motor:          | Izquierda                 |
| Tipo:                      | Ventanas rectangulares                         | Accesorios:                  | Perfiles contra tormentas |
| Posición:                  | Paneles 5,8 comenzando en una altura de 2440mm |                              |                           |
| Acristalamiento:           |  |                              |                           |

Tabla 4.54. Características puerta corredera.

El peso de la hoja es de  $20 \text{ kg/m}^2$ , se tendrán en cuenta las cargas sobre la estructura. Dicho valor se multiplicará por la altura de la puerta, con el fin de obtener la carga permanente sobre la losa:

$$q_{pp} = 20 \text{ kg/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 100 \text{ kg/m} \cdot 9,81 \text{ N/kg} = 0,981 \text{ kN/m}$$

#### 4.1.8. DIMENSIONADO MEDIANTE EL PROGRAMA CYPE INGENIEROS

Con el objetivo de ahorrar en el esfuerzo que supone realizar los cálculos a mano, se va a utilizar el programa CYPE Ingenieros.

Para empezar, será necesario realizar el correcto dimensionamiento de las correas, tanto las de cubierta como de los cerramiento laterales y frontales. De esta manera, se comprobará que las secciones escogidas serán las correctas para las cargas soportadas. Para realizar estos cálculos, se va a utilizar el módulo "Generador de pórticos". Este módulo, utiliza el modelo de una viga continua, con tramos variables. En este caso, se utiliza una viga continua de 3 o más tramos, con los cálculos de las tensiones y flechas según lo establecido por el CTE.

Una vez definida la geometría del almacén y realizados los cálculos de los cerramientos laterales y de cubierta, se exporta la información a otro módulo del programa, llamado “Nuevo Metal 3D”, ahí se puede continuar el trabajo con el fin de obtener toda la estructura metálica.

#### DATOS DE LA OBRA

- Distancia entre pórticos: 6 m
- Longitud del almacén: 58,5 m
- Altura máxima del almacén: 14 m
- Altura lateral del almacén: 10 m
- Ancho del almacén: 44 m
- Tipo de cubierta: Panel sándwich
  - Peso cubierta: 0,113 kN/m<sup>2</sup>
  - Sobrecarga cubierta: 0,593 kN/m<sup>2</sup>
- Cerramiento lateral:
  - Peso del cerramiento: 0,105 kN/m<sup>2</sup>

Según lo establecido por el CTE DB SE-AE (España):

- Zona eólica: C
- Grado de aspereza: IV
- Periodo de servicio: 50 años

#### DATOS DE NIEVE

Según lo establecido por el CTE DB SE-AE (España):

- Zona del clima de nieve: 2
- Altura topográfica: 30 m
- Cerramiento con resaltes
- Exposición frente al viento: normal

#### ACERO

Para la estructura metálica se utilizará un acero laminado S-275, con límite de modulo elástico  $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$  y modulo elástico  $E = 206 \text{ GPa}$

#### **CORREAS**

Una vez definidos los anteriores parámetros, se procederá al dimensionamiento y el cálculo de las correas, tanto laterales como frontales.

A la hora de estudiarlos, se hará como si fueran vigas continuas, apoyadas de un lado a otro. El perfil elegido será de sección tipo C, perpendicular al faldón, dándose el pandeo en el eje fuerte.

| Nombre      | Peso (kg/m <sup>2</sup> ) | Texto de comprobación     |
|-------------|---------------------------|---------------------------|
| ⚠ C 100x2   | 3.42                      | Aprovechamiento: 508.40 % |
| ⚠ C 100x2.5 | 4.21                      | Aprovechamiento: 417.14 % |
| ⚠ C 100x3   | 4.98                      | Aprovechamiento: 356.75 % |
| ⚠ C 125x2   | 3.79                      | Aprovechamiento: 300.29 % |
| ⚠ C 125x2.5 | 4.68                      | Aprovechamiento: 245.48 % |
| ⚠ C 125x3   | 5.54                      | Aprovechamiento: 209.15 % |
| ⚠ C 150x2   | 4.17                      | Aprovechamiento: 194.74 % |
| ⚠ C 150x2.5 | 5.15                      | Aprovechamiento: 158.75 % |
| ⚠ C 150x3   | 6.10                      | Aprovechamiento: 134.87 % |
| ⚠ C 175x2   | 4.54                      | Aprovechamiento: 134.63 % |
| ⚠ C 175x2.5 | 5.61                      | Aprovechamiento: 109.51 % |
| ✅ C 175x3   | 6.66                      | Aprovechamiento: 92.82 %  |
| ✅ C 200x2   | 5.66                      | Aprovechamiento: 78.94 %  |
| ✅ C 200x2.5 | 7.02                      | Aprovechamiento: 63.13 %  |
| ✅ C 200x3   | 8.35                      | Aprovechamiento: 52.35 %  |

Significado de los iconos

- ⚠ Elemento que no cumple alguna comprobación.
- ✅ Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Tabla 4.55. Solución de correas de cubierta CYPE.

| DATOS DE CORREAS DE CUBIERTA                      |                            |
|---|----------------------------|
| Parámetros de cálculo                             | Descripción de las correas |
| Flecha límite: L/300                              | Tipo de perfil: C200       |
| Nº de soportes: 3 o más                           | Separación: 1,05 m         |
| Tipo de unión: Rígida                             | Tipo de acero: S-275       |
| COMPROBACIONES                                    |                            |
| El perfil elegido cumple todas las comprobaciones |                            |
| Porcentaje de aprovechamiento                     |                            |
| Tensión: 78,94 %                                  |                            |
| Flecha: 76,86 %                                   |                            |

Tabla 4.56. Datos de correas de cubierta.

| Nombre      | Peso (kg/m <sup>2</sup> ) | Texto de comprobación     |
|-------------|---------------------------|---------------------------|
| ⚠ C 150x2   | 2.19                      | Aprovechamiento: 213.65 % |
| ⚠ C 150x2.5 | 2.70                      | Aprovechamiento: 174.99 % |
| ⚠ C 150x3   | 3.20                      | Aprovechamiento: 149.35 % |
| ⚠ C 175x2   | 2.38                      | Aprovechamiento: 147.98 % |
| ⚠ C 175x2.5 | 2.95                      | Aprovechamiento: 120.98 % |
| ⚠ C 175x3   | 3.50                      | Aprovechamiento: 103.06 % |
| ✅ C 200x2   | 2.97                      | Aprovechamiento: 95.00 %  |
| ✅ C 200x2.5 | 3.68                      | Aprovechamiento: 76.24 %  |
| ✅ C 200x3   | 4.38                      | Aprovechamiento: 61.28 %  |
| ✅ C 200x4   | 5.74                      | Aprovechamiento: 45.52 %  |
| ✅ C 225x2   | 3.17                      | Aprovechamiento: 82.03 %  |
| ✅ C 225x2.5 | 3.93                      | Aprovechamiento: 65.95 %  |
| ✅ C 225x3   | 4.68                      | Aprovechamiento: 52.88 %  |
| ✅ C 225x4   | 6.13                      | Aprovechamiento: 38.73 %  |
| ✅ C 250x2   | 3.37                      | Aprovechamiento: 71.83 %  |

Significado de los iconos

- ⚠ Elemento que no cumple alguna comprobación.
- ✅ Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Tabla 4.57. Solución de correas laterales CYPE.

| DATOS DE CORREAS LATERALES                        |                            |
|---|----------------------------|
| Parámetros de cálculo                             | Descripción de las correas |
| Flecha límite: L/300                              | Tipo de perfil: C200       |
| Nº de soportes: 3 o más                           | Separación: 1,05 m         |
| Tipo de unión: Rígida                             | Tipo de acero: S-275       |
| COMPROBACIONES                                    |                            |
| El perfil elegido cumple todas las comprobaciones |                            |
| Porcentaje de aprovechamiento                     |                            |
| Tensión: 94 %                                     |                            |
| Flecha: 84,94 %                                   |                            |

Tabla 4.58. Datos de correas laterales.

## ARRIOSTRAMIENTO LONGITUDINAL

En las estructuras formadas por pórticos, es necesario colocar arriostramientos longitudinales, ya que, sin estos, el viento frontal provocaría el colapso de la estructura.

### VIGAS DE ATADO

Al igual que el arriostramiento longitudinal, estas vigas colocadas en los laterales, unirán completamente la estructura, colocándose en la cabeza de los pórticos. De esta manera, los pórticos quedan arriostrados longitudinalmente y se evita el pandeo. Es indispensable mantener la horizontalidad de dichas vigas, ya que una mínima desviación provocaría un momento en la base de las columnas, lo cual provocaría un aumento de la zapata o la cimentación, provocando así un aumento en la dimensión de éstas.

Así pues, se utilizarán vigas HEB 200, ya que cuentan con gran resistencia al pandeo en el eje fuerte, y es de fácil conexión con las columnas de los pórticos.

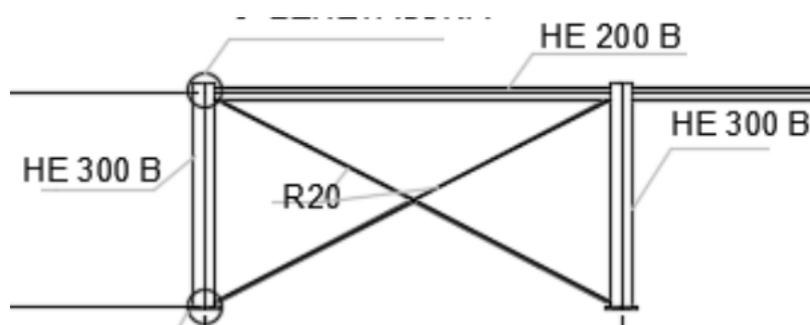


Ilustración 4.29. Arriostramiento longitudinal y cruz de San Andrés.

## ARRIOSTRAMIENTO LATERAL

### CRUZ DE SAN ANDRÉS

Estos elementos se arriostran en las paredes laterales de la estructura. Las cruces de San Andrés son tirantes biarticulados; normalmente, suelen ser cables, pero pueden ser rígidos también, trabajando únicamente a tracción. Puede montarse como un mecanismo que tensa el cable.

Se va a utilizar un tirante de diámetro 20 mm.

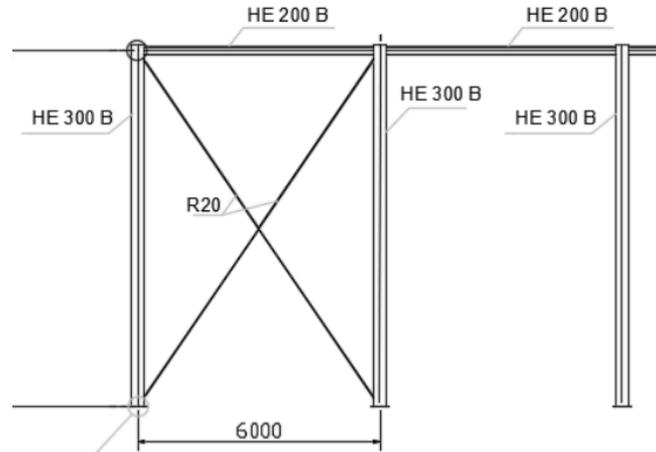


Ilustración 4.30. Arriostramiento longitudinal y cruz de San Andrés.

## PANDEO Y FLECHAS DE LAS BARRAS

El módulo “Generador de pórticos” efectúa una aproximación de los coeficientes de cada barra. Ahora se efectuará un análisis para comprobar si debe realizarse alguna modificación. El programa aplica la normativa CTE DB SE-A para deducir las longitudes de pandeo de cada eje, pero no tiene en cuenta algunas consideraciones, tales como la ampliación de la estructura, la resistencia de los elementos que evitan el pandeo de las barras o la conexión de otras barras que forman la estructura. Es por esto que se modifican unos coeficientes, con el objetivo de encontrar una solución más exacta a la real.

El coeficiente de pandeo es un valor superior o igual a 0, el cual pondera la longitud de la barra, calculando así la longitud de pandeo de cada una de ellas ( $L_k = K \cdot L$ ).

Este proyecto se ha basado en los documentos del CTE. Ahí aparece la siguiente tabla, donde se muestran los valores del coeficiente de pandeo en función de los extremos de las barras.

| Condiciones de extremo | biarticulada | biempotrada | empotrada articulada | biempotrada desplazable | en ménsula |
|------------------------|--------------|-------------|----------------------|-------------------------|------------|
| Longitud $L_k$         | 1,0 L        | 0,5 L       | 0,7 L                | 1,0 L                   | 2,0 L      |

Tabla 4.59. Longitudes de pandeo.

Para establecer el pandeo es necesario definir el comportamiento de la estructura, es decir, si es traslacional o intraslacional. El primero de los casos es el más perjudicial en cuanto a la estructura se refiere. Como se ha explicado anteriormente, la estructura será traslacional en el plano de los pórticos y intraslacional en el plano del cerramiento, gracias a la rigidez dada por los elementos de la cubierta.

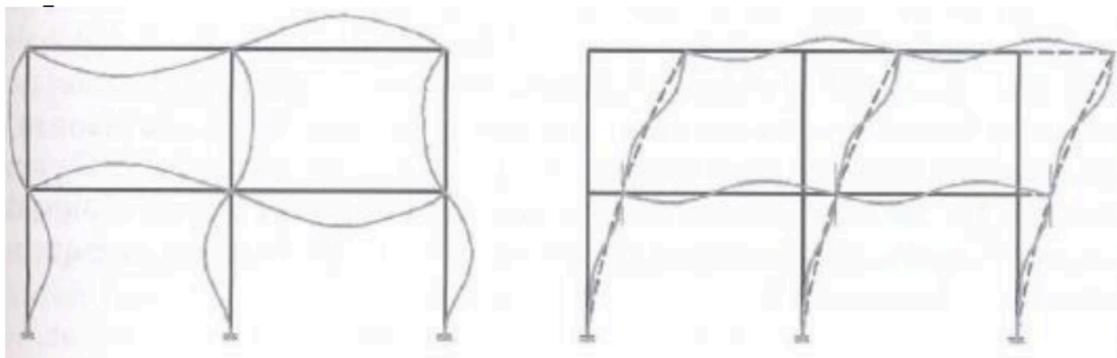


Ilustración 4.31. Estructura traslacional e intraslacional.

Resumiendo, el pandeo es un fenómeno que pueden sufrir los elementos que trabajan a compresión, el cual limita de forma considerable la capacidad de retención de estos, ya que cuando se deforman con las cargas, las barras pierden toda su resistencia. En principio, se desconoce el comportamiento de cada barra, por lo que se le dará un coeficiente de pandeo a cada barra en sus dos planos principales. A las que se sepan que trabajan a tracción, como las cruces de San Andrés, por ejemplo, no se les dará ningún coeficiente.

### COEFICIENTES DE PANDEO EN ELEMENTOS LONGITUDINALES

Las uniones de las cabezas de las columnas con las vigas serán mediante articulaciones. No es recomendable empotrar una barra en el alma de otra, ya que podrían aparecer esfuerzos de torsión mayúsculos. Por lo tanto, a los planos débiles se les dará el valor de coeficiente "0" y a los fuertes "1".

Se comprueban los elementos que trabajan a compresión para cada una de las combinaciones de estructura posible, dejando a un lado las cruces de San Andrés, que como ya se ha dicho, no se les dotará de coeficiente de pandeo. Al resto de tirantes que trabajen a tracción tampoco llevarán coeficiente.

### PANDEO LATERAL

En las alas superiores de las columnas, el coeficiente tendrá el valor unidad, como si se tratara de una barra biapoyada. Sin embargo, en el ala inferior, tendrá el valor "2". Esto quiere decir que las correas estarán a 2 m y que arriostrarán la columna y, por lo tanto, será la distancia entre arriostramientos.

### FLECHAS

Como dictamina el "Código Técnico de la Edificación", para mantener la aptitud de servicio es necesario limitar la deformación de las barras por flexión. Concretamente, como se establece en el DB SE, las flechas deben ser compatible en cada una de las situaciones, pero jamás podrán ser superiores a los valores establecidos en el apartado 4.3.3.1. estas flechas serán función de las longitudes de las barras.

Existen tres posibilidades:

- a)  $1/500$ : en pisos de tabiques frágiles (grandes dimensiones, placas) o en pavimentaciones rígidas sin juntas.
- b)  $1/400$ : en pisos con tabiques comunes o pavimentaciones rígidas con juntas.
- c)  $1/300$ : en otros casos.

Como en el caso del pandeo, las flechas también se limitan a su eje local. Existen diferentes formas de limitar el valor de estas:

- Flecha máxima o activa: la flecha máxima será el valor de la distancia entre la situación inicial y la más desfavorable. La activa, será la distancia máxima en cada lado de las piezas para el caso de deformación máxima. Como es el caso que se investiga en estructuras metálicas, será el que limite la flecha máxima.
- Limitación absoluta o relativa: se podría limitar de forma absoluta, en mm o en función de la longitud de la barra, como aparece en la norma.
- Plano xy o xz: en función de las cargas de las piezas, los planos débiles o los fuertes podrán sufrir la flexión.

En este proyecto, se limita la flecha máxima en el plano fuerte de las barras que sufren la flexión. Aun así, algunas de ellas se limitarán de forma relativa y, en otros casos, se utilizará la limitación máxima en valor absoluto en los planos xz.

#### FLECHA EN ELEMENTOS LONGITUDINALES

En el primer y último pórtico, se limitará la flecha activa relativa de los cordones superiores e inferiores a  $L/350$ . En el caso del pórtico central, el cordón superior se limitará la flecha activa relativa a  $L/350$  y en el cordón inferior la flecha máxima relativa a  $L/250$ .

#### DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES DE COLUMNAS

Los desplazamientos horizontales pueden llegar a perjudicar la integridad de la estructura. Se aceptará que la estructura tiene suficiente rigidez lateral cuando, en combinación de cualquiera de las acciones combinadas, el desplome sea menor que:

- a) Desplome total:  $1/500$  de la altura total.
- b) Desplome local:  $1/250$  de la altura entre pisos.

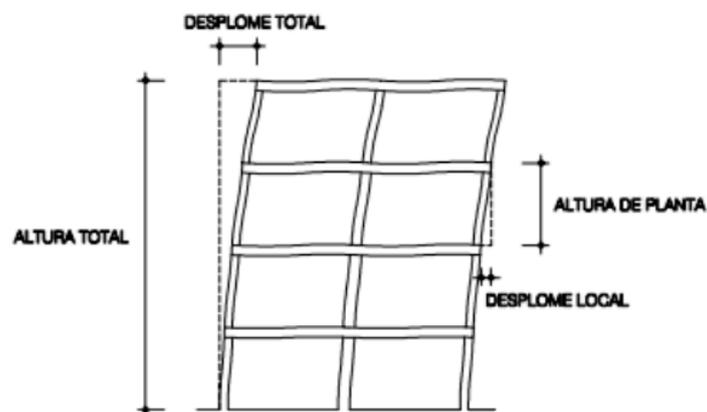


Ilustración 4.32. Desplome de la estructura.

## COEFICIENTES DE MOMENTOS

Será necesario aplicar un coeficiente de momentos para cada plano de las barras, que será función de la normal y de las cargas que soportan cada una de ellas. Según el CTE, cada coeficiente se utiliza en base a varios criterios y, para su deducción, presenta una tabla; estos rondarán la unidad. El programa, utiliza ese valor por defecto y, por lo tanto, se supondrán estos valores, siempre mirando por el lado de la seguridad.

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Una vez introducidos todos los coeficientes, se procederá a calcular la estructura y a comprobar si existe alguna posible optimización.

Una vez el CYPE haya realizado sus pertinentes cálculos, se podrá visualizar si los perfiles elegidos cumplen con la reglamentación. Clicando en las barras que forman la estructura, el modulo "Nuevo Metal 3D" marcará en color rojo las que no lo cumplan. El mismo programa recomendará el siguiente perfil que cumpla. Además, aparece el peso de cada perfil, clicando en la barra y cambiando el tipo de sección, es posible optimizar la estructura. De esta manera, se consigue de forma rápida y fácil que la estructura cumpla con las condiciones de seguridad estructural y de resistencia. Aun así, la estructura no estará optimizada, ya que podrá realizarse otra estructura con un peso inferior. CYPE utiliza el método matricial para realizar sus cálculos internos, y ahí se creará el acoplamiento entre matrices, de modo que, sí se modifica una barra, automáticamente también lo harán las otras. Es por eso que, en caso de realizar alguna modificación, deberán repetirse los cálculos para elegir el perfil óptimo.

Pasos a seguir para la optimización de la estructura:

- a) Pulsar en cualquier barra y elegir el tipo de perfil de toda la serie, que tenga el mínimo peso y cumpla con todas las condiciones de resistencia estructural.
- b) Una vez elegido el nuevo perfil, repetir los cálculos.
- c) Se comprueba la misma barra, que cumpla con el peso mínimo todas las condiciones establecidas.
- d) Este proceso se repite para cada barra. Se realiza de modo iterativo, hasta comprobar que todas las barras cumplen todos los criterios de resistencia y además, son las óptimas en cuanto al peso.

## ACCIONES Y REFLEXIONES PREVIAS

Es de comentar que, el diseño de la estructura, la descripción de los nudos, la realización del predimensionamiento, la limitación de las flechas o la aplicación de los coeficientes de pandeo, son de gran importancia, al igual que la aplicación de la normativa en cuanto a sollicitaciones de estructuras.

El módulo "Nuevo Metal 3D", es muy potente para las cargas de estructuras y en este apartado se explicará, teniendo en cuenta siempre, la aplicación milimétrica del CTE DB SE-AE. La norma resalta tres hipótesis: permanentes, variables y accidentales. Las primeras tendrán en cuenta los pesos propios de los elementos que forman la estructura. Como es de esperar, durante la vida útil de la estructura, aparecerán cargas variables, tales como el viento, la nieve, la sobrecarga de uso, etc. El CTE también considera las acciones accidentales como los accidentes de coche o incendios.

Para empezar, hay que determinar cuántas hipótesis de cargas van a utilizarse. La normativa vigente aplicará las combinaciones posibles de las estructuras capaces de soportar las cargas introducidas. También utiliza algunos coeficientes de mayoración para cada combinación, en función de la hipótesis en la que se encuentre la carga (permanentes o variables).

## CÁLCULOS

A través del CYPE, y tecleando el comando ejecutar, aparecerán todas las barras en color verde o rojo, en función de que sean válidas o no. Una vez ejecutado varias veces el cálculo, se llegará al perfil óptimo, en cuanto a resistencia como a aptitud de servicio.

A continuación, se exponen los resultados de los perfiles y secciones que generan las estructuras de los cerramientos de los espacios situados entre el almacén y el depósito D-6 y la cubrición del patio.

## ESTRUCTURA

### Geometría

- Nudos

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\Theta_x, \Theta_y, \Theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

Cada grado de libertad se marca con una "X" si está coaccionado y, en caso contrario, con "-".

| Nudos      |             |         |        |                      |            |            |            |            |            |                      |
|------------|-------------|---------|--------|----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|
| Referencia | Coordenadas |         |        | Vinculación exterior |            |            |            |            |            | Vinculación interior |
|            | X (m)       | Y (m)   | Z (m)  | $\Delta_x$           | $\Delta_y$ | $\Delta_z$ | $\Theta_x$ | $\Theta_y$ | $\Theta_z$ |                      |
| N1         | 0,000       | 0,000   | 0,000  | X                    | X          | X          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N2         | 0,000       | 0,000   | 8,300  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N3         | 8,750       | 0,000   | 9,850  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N4         | 0,000       | -7,000  | 0,000  | X                    | X          | X          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N5         | 0,000       | -7,000  | 8,300  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N6         | 8,750       | -7,000  | 9,850  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N7         | 30,500      | -7,000  | 6,000  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N8         | 30,500      | -7,000  | -4,000 | X                    | X          | X          | X          | X          | X          | Empotrado            |
| N9         | 19,800      | -7,000  | -4,000 | X                    | X          | X          | X          | X          | X          | Empotrado            |
| N10        | 19,800      | -7,000  | 7,894  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N11        | 0,000       | -14,000 | 0,000  | X                    | X          | X          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N12        | 0,000       | -14,000 | 8,300  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N13        | 8,750       | -14,000 | 9,850  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N14        | 19,800      | -14,000 | 7,894  | -                    | -          | -          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N15        | 19,800      | -14,000 | -4,000 | X                    | X          | X          | -          | -          | -          | Empotrado            |
| N16        | 5,000       | -14,000 | 0,000  | X                    | X          | X          | -          | -          | -          | Empotrado            |

|     |        |         |        |   |   |   |   |   |   |  |           |
|-----|--------|---------|--------|---|---|---|---|---|---|--|-----------|
| N17 | 5,000  | -14,000 | 9,186  |   |   |   |   |   |   |  | Empotrado |
| N18 | 5,000  | -21,000 | 0,000  | X | X | X | - | - | - |  | Empotrado |
| N19 | 5,000  | -21,000 | 9,186  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N20 | 8,750  | -21,000 | 9,850  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N21 | 19,800 | -21,000 | 7,894  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N22 | 19,800 | -21,000 | -4,000 | X | X | X | - | - | - |  | Empotrado |
| N23 | 8,750  | -21,000 | 0,000  | X | X | X | - | - | - |  | Empotrado |
| N24 | 8,750  | 7,000   | 9,850  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N25 | 30,500 | 7,000   | 6,000  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N26 | 30,500 | 7,000   | -4,000 | X | X | X | X | X | X |  | Empotrado |
| N27 | 0,000  | 7,000   | 8,300  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N28 | 19,800 | 0,000   | 7,894  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N29 | 19,800 | 7,000   | 7,894  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N30 | 0,000  | 7,000   | 0,000  | X | X | X | - | - | - |  | Empotrado |
| N31 | 25,168 | -7,000  | 6,944  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N32 | 25,168 | 7,000   | 6,944  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N33 | 14,285 | -21,000 | 8,870  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N34 | 14,285 | -14,000 | 8,870  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N35 | 14,285 | -7,000  | 8,870  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N36 | 14,285 | 7,000   | 8,870  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N37 | 30,500 | 0,000   | 6,000  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N38 | 25,168 | 0,000   | 6,944  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N39 | 14,285 | 0,000   | 8,870  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N40 | 5,000  | -7,000  | 9,186  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N41 | 19,800 | -21,000 | 2,250  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N42 | 19,800 | -14,000 | 2,250  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N43 | 19,800 | -7,000  | 2,250  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N44 | 5,000  | 0,000   | 9,186  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N45 | 5,000  | 7,000   | 9,186  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N46 | 5,000  | -21,000 | 4,678  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |
| N47 | 8,750  | -21,000 | 4,678  | - | - | - | - | - | - |  | Empotrado |

- Barras

#### Materiales utilizados

| Materiales utilizados |             |                        |        |                        |                        |                |                        |
|-----------------------|-------------|------------------------|--------|------------------------|------------------------|----------------|------------------------|
| Material              |             | E                      | v      | G                      | f <sub>y</sub>         | α <sub>t</sub> | γ                      |
| Tipo                  | Designación | (kp/ cm <sup>2</sup> ) |        | (kp/ cm <sup>2</sup> ) | (kp/ cm <sup>2</sup> ) | (m/ m°C)       | (kg/ dm <sup>3</sup> ) |
| Acero laminado        | S275        | 2100000,00             | 0,3000 | 807692,31              | 2803,26                | 1,20E-05       | 7,85                   |

Notación:

*E*: Módulo de elasticidad

*v*: Módulo de Poisson

*G*: Módulo de cortadura

*f<sub>y</sub>*: Límite elástico

*α<sub>t</sub>*: Coeficiente de dilatación

Descripción

| Descripción    |             |  |  |                |                 |              |              |                           |                           |
|----------------|-------------|--|--|----------------|-----------------|--------------|--------------|---------------------------|---------------------------|
| Material       |             | Barra<br>(N <sub>i</sub> /N <sub>f</sub> ) | Pieza<br>(N <sub>i</sub> /N <sub>f</sub> ) | Perfil (Serie) | Longitud<br>(m) | $\beta_{xy}$ | $\beta_{xz}$ | Lb <sub>sup.</sub><br>(m) | Lb <sub>inf.</sub><br>(m) |
| Tipo           | Designación |  |  |                |                 |              |              |                           |                           |
| Acero laminado | S275        | N1/N2                                      | N1/N2                                      | HE 260 B (HEB) | 8,30            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N2/N44                                     | N2/N3                                      | IPE 550 (IPE)  | 5,08            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N44/N3                                     | N2/N3                                      | IPE 550 (IPE)  | 3,81            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N4/N5                                      | N4/N5                                      | HE 260 B (HEB) | 8,30            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N5/N40                                     | N5/N6                                      | IPE 450 (IPE)  | 5,08            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N40/N6                                     | N5/N6                                      | IPE 450 (IPE)  | 3,81            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N8/N7                                      | N8/N7                                      | HE 340 A (HEA) | 10,00           | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N9/N43                                     | N9/N10                                     | HE 500 A (HEA) | 6,25            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N43/N10                                    | N9/N10                                     | HE 500 A (HEA) | 5,64            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N11/N12                                    | N11/N12                                    | HE 260 B (HEB) | 8,30            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N14/N34                                    | N14/N13                                    | IPE 400 (IPE)  | 5,60            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N34/N13                                    | N14/N13                                    | IPE 400 (IPE)  | 5,62            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N15/N42                                    | N15/N14                                    | HE 450 A (HEA) | 6,25            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N42/N14                                    | N15/N14                                    | HE 450 A (HEA) | 5,64            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N16/N17                                    | N16/N17                                    | HE 260 B (HEB) | 9,19            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N18/N46                                    | N18/N19                                    | HE 260 B (HEB) | 4,68            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N46/N19                                    | N18/N19                                    | HE 260 B (HEB) | 4,51            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N19/N20                                    | N19/N20                                    | IPE 360 (IPE)  | 3,81            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N21/N33                                    | N21/N20                                    | IPE 330 (IPE)  | 5,60            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N33/N20                                    | N21/N20                                    | IPE 330 (IPE)  | 5,62            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N22/N41                                    | N22/N21                                    | HE 320 A (HEA) | 6,25            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N41/N21                                    | N22/N21                                    | HE 320 A (HEA) | 5,64            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N23/N47                                    | N23/N20                                    | HE 200 B (HEB) | 4,68            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N47/N20                                    | N23/N20                                    | HE 200 B (HEB) | 5,17            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N26/N25                                    | N26/N25                                    | HE 600 A (HEA) | 10,00           | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N25/N32                                    | N25/N24                                    | HE 650 A (HEA) | 5,41            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N32/N29                                    | N25/N24                                    | HE 650 A (HEA) | 5,45            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N29/N36                                    | N25/N24                                    | HE 650 A (HEA) | 5,60            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N36/N24                                    | N25/N24                                    | HE 650 A (HEA) | 5,62            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N19/N17                                    | N19/N17                                    | HE 180 A (HEA) | 7,00            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N12/N5                                     | N12/N5                                     | HE 180 A (HEA) | 7,00            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N5/N2                                      | N5/N2                                      | HE 180 A (HEA) | 7,00            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
|                |             | N2/N27                                     | N2/N27                                     | HE 180 A (HEA) | 7,00            | 1,00         | 1,00         | -                         | -                         |
| N27/N45        | N27/N24     | HE 600 A (HEA)                             | 5,08                                       | 1,00           | 1,00            | -            | -            |                           |                           |
| N45/N24        | N27/N24     | HE 600 A (HEA)                             | 3,81                                       | 1,00           | 1,00            | -            | -            |                           |                           |
| N20/N13        | N20/N13     | HE 180 A (HEA)                             | 7,00                                       | 1,00           | 1,00            | -            | -            |                           |                           |
| N3/N24         | N3/N24      | HE 180 A (HEA)                             | 7,00                                       | 1,00           | 1,00            | -            | -            |                           |                           |
| N21/N14        | N21/N14     | HE 180 A (HEA)                             | 7,00                                       | 1,00           | 1,00            | -            | -            |                           |                           |

|  |         |         |                 |      |      |      |   |   |
|--|---------|---------|-----------------|------|------|------|---|---|
|  | N14/N10 | N14/N10 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N30/N27 | N30/N27 | HE 500 A (HEA)  | 8,30 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N33/N34 | N33/N34 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N34/N35 | N34/N35 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N31/N10 | N31/N10 | IPE 330 (IPE)   | 5,45 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N7/N31  | N7/N31  | IPE 300 (IPE)   | 5,41 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N10/N35 | N10/N6  | IPE 450 (IPE)   | 5,60 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N35/N6  | N10/N6  | IPE 450 (IPE)   | 5,62 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N10/N28 | N10/N29 | 2xIPE 550 (IPE) | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N28/N29 | N10/N29 | 2xIPE 550 (IPE) | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N28/N39 | N28/N3  | IPE 550 (IPE)   | 5,60 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N39/N3  | N28/N3  | IPE 550 (IPE)   | 5,62 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N7/N37  | N7/N25  | IPE 500 (IPE)   | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N37/N25 | N7/N25  | IPE 500 (IPE)   | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N37/N38 | N37/N28 | IPE 450 (IPE)   | 5,41 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N38/N28 | N37/N28 | IPE 450 (IPE)   | 5,45 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N31/N38 | N31/N38 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N38/N32 | N38/N32 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N35/N39 | N35/N39 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N39/N36 | N39/N36 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N17/N40 | N17/N40 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N41/N42 | N41/N42 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N42/N43 | N42/N43 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N44/N45 | N44/N45 | HE 180 A (HEA)  | 7,00 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N17/N13 | N17/N13 | IPE 400 (IPE)   | 3,81 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N12/N17 | N12/N17 | IPE 360 (IPE)   | 5,08 | 1,00 | 1,00 | - | - |
|  | N46/N47 | N46/N47 | HE 180 A (HEA)  | 3,75 | 1,00 | 1,00 | - | - |

**Notación:**

$N_j$ : Nudo inicial

$N_i$ : Nudo final

$\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano "XY"

$\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano "XZ"

$Lb_{sup.}$ : Separación entre arriostramientos del ala superior

$Lb_{inf.}$ : Separación entre arriostramientos del ala inferior

**Características mecánicas**

| Tipos de pieza |                                   |
|----------------|-----------------------------------|
| Ref.           | Piezas                            |
| 1              | N1/N2                             |
| 2              | N2/N3                             |
| 3              | N4/N5, N11/N12, N16/N17 y N18/N19 |
| 4              | N5/N6                             |
| 5              | N8/N7                             |
| 6              | N9/N10 y N30/N27                  |
| 7              | N14/N13 y n17/n13                 |

|    |   |
|----|---|
| 8  | N15/N14   |
| 9  | N19/N20 y N12/17  |
| 10 | N21/N20   |
| 11 | N22/N21   |
| 12 | N23/N20   |
| 13 | N26/N25 y N27/N24   |
| 14 | N25/N24   |
| 15 | N19/N17, N12/N5, N5/N2, N2/N27, N20/N13, N3/N24, N21/N14, N14/N10, N33/N34, N34/N35, N31/N38, N38/N32, N35/N39, N39/N36, N17/N40, N41/N42, N42/N43, N44/N45 y N46/N47 |
| 16 | N31/N10   |
| 17 | N7/N31  |
| 18 | N10/N6  |
| 19 | N10/N29   |
| 20 | N28/N3  |
| 21 | N7/N25  |
| 22 | N37/N28   |

| Materiales utilizados |           |      |   |                         |                           |                           |                           |                           |                          |
|-----------------------|-----------|------|---|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Material              |           | Ref. | Descripción   | A<br>(cm <sup>2</sup> ) | Avy<br>(cm <sup>2</sup> ) | Avz<br>(cm <sup>2</sup> ) | Iyy<br>(cm <sup>4</sup> ) | Izz<br>(cm <sup>4</sup> ) | It<br>(cm <sup>4</sup> ) |
| Tipo                  | Designac. |      |   |                         |                           |                           |                           |                           |                          |
| Ac.<br>lamin.         | S275      | 1    | HE 260 B, Simple con cartelas, (HEB)<br>Cartela final inferior: 6,00 m. | 170,84                  | 106,17                    | 28,07                     | 29957,6                   | 7698,74                   | 172,56                   |
|                       |           | 2    | IPE 550, Simple con cartelas, (IPE)<br>Cartela final inferior: 1,50 m.  | 134,00                  | 54,18                     | 51,51                     | 67120,0                   | 2668,00                   | 123,20                   |
|                       |           | 3    | HE 260 B, (HEB)<br>IPE 450, Simple con cartelas, (IPE)                  | 118,40                  | 68,25                     | 20,25                     | 14920,0                   | 5135,00                   | 123,80                   |
|                       |           | 4    | Cartela final inferior: 1,50 m.   | 98,80                   | 41,61                     | 35,60                     | 33740,0                   | 1676,00                   | 66,87                    |
|                       |           | 5    | HE 340 A, (HEA)   | 133,50                  | 74,25                     | 25,39                     | 27690,0                   | 7436,00                   | 127,20                   |
|                       |           | 6    | HE 500 A, (HEA)   | 197,50                  | 103,50                    | 47,95                     | 86970,0                   | 10370,00                  | 309,30                   |
|                       |           | 7    | IPE 400, (IPE)  | 84,50                   | 36,45                     | 28,87                     | 23130,0                   | 1318,00                   | 51,08                    |
|                       |           | 8    | HE 450 A, (HEA)   | 178,00                  | 94,50                     | 41,19                     | 63720,0                   | 9465,00                   | 243,80                   |
|                       |           | 9    | IPE 360, (IPE)  | 72,70                   | 32,38                     | 24,09                     | 16270,0                   | 1043,00                   | 37,32                    |
|                       |           | 10   | IPE 330, (IPE)  | 62,60                   | 27,60                     | 20,72                     | 11770,0                   | 788,10                    | 28,15                    |
|                       |           | 11   | HE 320 A, (HEA)   | 124,40                  | 69,75                     | 22,60                     | 22930,0                   | 6985,00                   | 108,00                   |
|                       |           | 12   | HE 200 B, (HEB)   | 78,10                   | 45,00                     | 13,77                     | 5696,00                   | 2003,00                   | 59,28                    |
|                       |           | 13   | HE 600 A, (HEA)   | 226,50                  | 112,50                    | 63,18                     | 141200,0                  | 11270,00                  | 397,80                   |
|                       |           | 14   | HE 650 A, (HEA)   | 241,60                  | 117,00                    | 71,44                     | 175200,0                  | 11720,00                  | 448,30                   |
|                       |           | 15   | HE 180 A, (HEA)   | 45,30                   | 25,65                     | 8,21                      | 2510,0                    | 924,60                    | 14,80                    |
|                       |           | 16   | IPE 330, Simple con cartelas, (IPE)                                     | 62,60                   | 27,60                     | 20,72                     | 11770,0                   | 788,10                    | 28,15                    |
|                       |           | 17   | IPE 300, Simple con cartelas, (IPE)                                     | 53,80                   | 24,07                     | 17,80                     | 8356,0                    | 603,80                    | 20,12                    |

|  |  |    |   |        |        |        |          |          |        |
|--|--|----|---|--------|--------|--------|----------|----------|--------|
|  |  | 18 | IPE 450, Simple con cartelas, (IPE)<br>Cartela inicial inferior: 2,00 m.<br>Cartela final inferior: 2,50 m. | 98,80  | 41,61  | 35,60  | 33740,0  | 1676,00  | 66,87  |
|  |  | 19 | 2xIPE 550, Doble en cajón soldado, (IPE) Cordón continuo  | 268,00 | 108,36 | 103,02 | 134240,0 | 34883,00 | 246,40 |
|  |  | 20 | IPE 550, Simple con cartelas, (IPE)<br>Cartela final inferior: 5,00 m.                                      | 134,00 | 54,18  | 51,51  | 67120,0  | 2668,00  | 123,20 |
|  |  | 21 | IPE 500, (IPE)  | 116,00 | 48,00  | 42,96  | 48200,0  | 2142,00  | 89,29  |
|  |  | 22 | IPE 450, (IPE)  | 98,80  | 41,61  | 35,60  | 33740,0  | 1676,00  | 66,87  |

**Notación:**

*Ref.: Referencia*

*A: Área de sección transversal*

*Avy: Área de cortante de la sección según el eje local "Y"*

*Avz: Área de cortante de la sección según el eje local "Z"*

*Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local "Y"*

*Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local "Z"*

*It: Inercia a torsión*

*Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas*

**Tabla de medición**

| Descripción |                |               |                |              |                           |           |
|-------------|----------------|---------------|----------------|--------------|---------------------------|-----------|
| Material    |                | Pieza (Ni/Nf) | Perfil (Serie) | Longitud (m) | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Peso (kp) |
| Tipo        | Designac.      |               |                |              |                           |           |
| Ac. lamin.  | S275           | N1/N2         | HE 260 B (HEB) | 8,30         | 0,126                     | 1038,71   |
|             |                | N2/N3         | IPE 550 (IPE)  | 8,89         | 0,161                     | 1010,94   |
|             |                | N4/N5         | HE 260 B (HEB) | 8,30         | 0,098                     | 771,44    |
|             |                | N5/N6         | IPE 450 (IPE)  | 8,89         | 0,118                     | 745,13    |
|             |                | N8/N7         | HE 340 A (HEA) | 10,00        | 0,134                     | 1047,98   |
|             |                | N9/N10        | HE 500 A (HEA) | 11,89        | 0,235                     | 1844,02   |
|             |                | N11/N12       | HE 260 B (HEB) | 8,30         | 0,098                     | 771,44    |
|             |                | N14/N13       | IPE 400 (IPE)  | 11,22        | 0,095                     | 744,37    |
|             |                | N15/N14       | HE 450 A (HEA) | 11,89        | 0,212                     | 1661,95   |
|             |                | N16/N17       | HE 260 B (HEB) | 9,19         | 0,109                     | 853,76    |
|             |                | N18/N19       | HE 260 B (HEB) | 9,19         | 0,109                     | 85,76     |
|             |                | N19/N20       | IPE 360 (IPE)  | 3,81         | 0,028                     | 217,34    |
|             |                | N21/N20       | IPE 330 (IPE)  | 11,22        | 0,07                      | 551,45    |
|             |                | N22/N21       | HE 320 A (HEA) | 11,89        | 0,148                     | 1161,50   |
| N23/N20     | HE 200 B (HEB) | 9,85          | 0,077          | 603,89       |                           |           |

|  |         |                 |       |       |         |
|--|---------|-----------------|-------|-------|---------|
|  | N26/N25 | HE 600 A (HEA)  | 10,00 | 0,227 | 1778,02 |
|  | N25/N24 | HE 650 A (HEA)  | 22,09 | 0,534 | 4189,14 |
|  | N19/N17 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N12/N5  | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N5/N2   | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N2/N27  | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N27/N24 | HE 600 A (HEA)  | 8,89  | 0,201 | 1579,99 |
|  | N20/N13 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N3/N24  | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N21/N14 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N14/N10 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N30/N27 | HE 500 A (HEA)  | 8,30  | 0,164 | 1286,81 |
|  | N33/N34 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N34/N35 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N31/N10 | IPE 330 (IPE)   | 5,45  | 0,034 | 2667,89 |
|  | N7/N31  | IPE 300 (IPE)   | 5,41  | 0,029 | 228,69  |
|  | N10/N6  | IPE 450 (IPE)   | 11,22 | 0,186 | 1038,16 |
|  | N10/N29 | 2xIPE 550 (IPE) | 14,00 | 0,375 | 2945,32 |
|  | N28/N3  | IPE 550 (IPE)   | 11,22 | 0,203 | 1434,48 |
|  | N7/N25  | IPE 500 (IPE)   | 14,00 | 0,162 | 1274,84 |
|  | N37/N28 | IPE 450 (IPE)   | 10,87 | 0,107 | 842,77  |
|  | N31/N38 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N38/N32 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N36/N39 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N39/N36 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N17/N40 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N41/42  | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N42/43  | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N44/N45 | HE 180 A (HEA)  | 7,00  | 0,032 | 248,92  |
|  | N17/N13 | IPE 400 (IPE)   | 3,81  | 0,032 | 252,62  |
|  | N12/N17 | IPE 360 (IPE)   | 5,08  | 0,037 | 289,79  |
|  | N46/N47 | HE 180 A (HEA)  | 3,75  | 0,017 | 133,35  |

*Notación:*

*Ni: Nudo inicial*

*Nf: Nudo final*

## Resumen de medición

| Descripción    |             |       |                               |            |           |          |                          |                         |                        |             |            |           |
|----------------|-------------|-------|-------------------------------|------------|-----------|----------|--------------------------|-------------------------|------------------------|-------------|------------|-----------|
| Material       |             | Serie | Perfil (Serie)                | Longitud   |           |          | Volumen                  |                         |                        | Peso        |            |           |
| Tipo           | Designación |       |                               | Perfil (m) | Serie (m) | Mat. (m) | Perfil (m <sup>3</sup> ) | Serie (m <sup>3</sup> ) | Mat. (m <sup>3</sup> ) | Perfil (kp) | Serie (kp) | Mat. (kp) |
| Acero laminado | S275        |       | HE 260 B, Simple con cartelas | 8,30       |           |          | 0,126                    |                         |                        | 1038,71     |            |           |

|  |  |     |  |        |        |        |       |       |         |          |          |
|--|--|-----|--|--------|--------|--------|-------|-------|---------|----------|----------|
|  |  |     | HE 260 B                                 | 34,97  |        |        | 0,414 |       | 3250,38 |          |          |
|  |  |     | HE 260 B                                 | 9,85   |        |        | 0,077 |       | 603,89  |          |          |
|  |  | HEB |  |        | 53,12  |        |       | 0,617 |         | 4892,98  |          |
|  |  |     | IPE 550,<br>Simple<br>con<br>cartelas    | 20,11  |        |        | 0,363 |       | 2445,43 |          |          |
|  |  |     | IPE 450,<br>Simple<br>con<br>cartelas    | 20,11  |        |        | 0,304 |       | 1783,29 |          |          |
|  |  |     | IPE 400                                  | 15,03  |        |        | 0,127 |       | 996,99  |          |          |
|  |  |     | IPE 360                                  | 8,89   |        |        | 0,065 |       | 507,13  |          |          |
|  |  |     | IPE 330                                  | 11,22  |        |        | 0,07  |       | 551,45  |          |          |
|  |  |     | IPE 330,<br>Simple<br>con<br>cartelas    | 5,45   |        |        | 0,034 |       | 267,89  |          |          |
|  |  |     | IPE 300,<br>Simple<br>con<br>cartelas    | 5,41   |        |        | 0,029 |       | 228,69  |          |          |
|  |  |     | IPE 550,<br>Doble en<br>cajón<br>soldado | 14,00  |        |        | 0,375 |       | 2945,32 |          |          |
|  |  |     | IPE 500                                  | 14,00  |        |        | 0,162 |       | 1274,84 |          |          |
|  |  |     | IPE 450,<br>Simple<br>con<br>cartelas    | 10,87  |        |        | 0,107 |       | 842,77  |          |          |
|  |  | IPE |  |        | 125,09 |        |       | 1,637 |         | 11843,80 |          |
|  |  |     | HE 340 A                                 | 10,00  |        |        | 0,134 |       | 1047,98 |          |          |
|  |  |     | HE 500 A                                 | 20,19  |        |        | 0,399 |       | 3130,83 |          |          |
|  |  |     | HE 450 A                                 | 11,89  |        |        | 0,212 |       | 1661,95 |          |          |
|  |  |     | HE 320 A                                 | 11,89  |        |        | 0,148 |       | 1161,50 |          |          |
|  |  |     | HE 600 A                                 | 18,89  |        |        | 0,428 |       | 3358,02 |          |          |
|  |  |     | HE 650 A                                 | 22,09  |        |        | 0,534 |       | 4189,14 |          |          |
|  |  |     | HE 180 A                                 | 129,75 |        |        | 0,588 |       | 4613,97 |          |          |
|  |  | HEA |  |        | 224,71 |        |       | 2,441 |         | 19163,39 |          |
|  |  |     |  |        |        | 402,91 |       |       |         |          | 35900,17 |
|  |  |     |  |        |        |        |       | 4,696 |         |          |          |

## CIMENTACIÓN

### Elementos de cimentación aislados

#### Descripción

| Referencias | Geometría   | Armado   |
|-------------|---|--|
| N1, N4, N16 | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 90 cm<br>Ancho zapata Y: 90 cm<br>Canto: 40 cm | X: 4 Ø 16 c/ 25<br>Y: 4 Ø 16 c/ 25                     |
| N11         | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 270 cm   | SUP, INF X: 15 Ø 12 c/ 18<br>SUP, INF Y: 15 Ø 12 c/ 18 |

|     |  |  |
|-----|--|--|
|     | Ancho zapata Y: 270 cm<br>Canto: 60 cm   |  |
| N18 | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 245 cm<br>Ancho zapata Y: 245 cm<br>Canto: 55 cm  | SUP, INF X: 12 Ø 12 c/ 20<br>SUP, INF Y: 12 Ø 12 c/ 20 |
| N23 | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 85 cm<br>Ancho zapata Y: 85 cm<br>Canto: 40 cm    | X: 3 Ø 16 c/ 25<br>Y: 3 Ø 16 c/ 25                     |
| N30 | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 115 cm<br>Ancho zapata Y: 115 cm<br>Canto: 45 cm  | X: 9 Ø 12 c/ 12,5<br>Y: 9 Ø 12 c/ 12,5                 |
| N8  | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 320 cm<br>Ancho zapata Y: 320 cm<br>Canto: 75 cm  | SUP, INF X: 21 Ø 12 c/ 15<br>SUP, INF Y: 21 Ø 12 c/ 15 |
| N9  | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 330 cm<br>Ancho zapata Y: 330 cm<br>Canto: 105 cm | SUP, INF X: 17 Ø 16 c/ 19<br>SUP, INF Y: 17 Ø 16 c/ 19 |
| N15 | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 130 cm<br>Ancho zapata Y: 130 cm<br>Canto: 45 cm  | SUP, INF X: 5 Ø 12 c/ 25<br>SUP, INF Y: 5 Ø 12 c/ 25   |
| N22 | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 100 cm<br>Ancho zapata Y: 100 cm<br>Canto: 40 cm  | X: 4 Ø 16 c/ 25<br>Y: 4 Ø 16 c/ 25                     |
| N26 | Zapata rectangular excéntrica<br>Ancho zapata X: 320 cm<br>Ancho zapata Y: 320 cm<br>Canto: 110 cm | SUP, INF X: 17 Ø 16 c/ 18<br>SUP, INF Y: 17 Ø 16 c/ 18 |

## Medición

|                              |              |          |       |
|------------------------------|--------------|----------|-------|
| Referencias: N1, N4 y N16    |              | B 400 S  | Total |
| Nombre de armado             |              | Ø 16     |       |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 4 x 1,10 | 4,40  |
|                              | Peso (kg)    | 4 x 1,74 | 6,94  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 4 x 1,10 | 4,40  |
|                              | Peso (kg)    | 4 x 1,74 | 6,94  |
| Totales                      | Longitud (m) | 8,80     |       |

|                        |              |       |       |
|------------------------|--------------|-------|-------|
|                        | Peso (kg)    | 13,88 | 13,80 |
| Total con mermas (10%) | Longitud (m) | 9,68  |       |
|                        | Peso (kg)    | 15,27 | 15,27 |

| Referencias: N11             |              | B 400 S   | Total  |
|------------------------------|--------------|-----------|--------|
| Nombre de armado             |              | Ø 12      |        |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 15 x 2,60 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 15 x 2,31 | 34,63  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 15 x 2,60 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 15 x 2,31 | 34,63  |
| Parrilla superior - Armado X | Longitud (m) | 15 x 2,60 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 15 x 2,31 | 34,63  |
| Parrilla superior - Armado Y | Longitud (m) | 15 x 2,60 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 15 x 2,31 | 34,63  |
| Totales                      | Longitud (m) | 156,00    |        |
|                              | Peso (kg)    | 138,52    | 138,52 |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 171,60    |        |
|                              | Peso (kg)    | 152,37    | 152,37 |

| Referencias: N18             |              | B 400 S   | Total  |
|------------------------------|--------------|-----------|--------|
| Nombre de armado             |              | Ø 12      |        |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 12 x 2,35 | 28,20  |
|                              | Peso (kg)    | 12 x 2,09 | 25,04  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 12 x 2,35 | 28,20  |
|                              | Peso (kg)    | 12 x 2,09 | 25,04  |
| Parrilla superior - Armado X | Longitud (m) | 12 x 2,35 | 28,20  |
|                              | Peso (kg)    | 12 x 2,09 | 25,04  |
| Parrilla superior - Armado Y | Longitud (m) | 12 x 2,35 | 28,20  |
|                              | Peso (kg)    | 12 x 2,09 | 25,04  |
| Totales                      | Longitud (m) | 112,80    |        |
|                              | Peso (kg)    | 100,16    | 110,16 |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 124,08    |        |
|                              | Peso (kg)    | 110,18    | 110,18 |

| Referencias: N23             |              | B 400 S  | Total |
|------------------------------|--------------|----------|-------|
| Nombre de armado             |              | Ø 16     |       |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 3 x 1,05 | 4,40  |
|                              | Peso (kg)    | 3 x 1,66 | 6,94  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 3 x 1,05 | 4,40  |
|                              | Peso (kg)    | 3 x 1,66 | 6,94  |
| Totales                      | Longitud (m) | 6,30     |       |
|                              | Peso (kg)    | 9,94     | 9,94  |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 6,93     |       |

|  |           |       |       |
|--|-----------|-------|-------|
|  | Peso (kg) | 10,93 | 10,93 |
|--|-----------|-------|-------|

| Referencias: N30             |              | B 400 S  | Total |
|------------------------------|--------------|----------|-------|
| Nombre de armado             |              | Ø 12     |       |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 9 x 1,34 | 4,40  |
|                              | Peso (kg)    | 9 x 1,19 | 6,94  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 9 x 1,34 | 4,40  |
|                              | Peso (kg)    | 9 x 1,19 | 6,94  |
| Totales                      | Longitud (m) | 24,12    |       |
|                              | Peso (kg)    | 21,42    | 21,42 |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 26,53    |       |
|                              | Peso (kg)    | 23,56    | 23,56 |

| Referencias: N8              |              | B 400 S   | Total  |
|------------------------------|--------------|-----------|--------|
| Nombre de armado             |              | Ø 12      |        |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 21 x 3,10 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 21 x 2,75 | 34,63  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 21 x 3,10 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 21 x 2,75 | 34,63  |
| Parrilla superior - Armado X | Longitud (m) | 21 x 3,10 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 21 x 2,75 | 34,63  |
| Parrilla superior - Armado Y | Longitud (m) | 21 x 3,10 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 21 x 2,75 | 34,63  |
| Totales                      | Longitud (m) | 260,40    |        |
|                              | Peso (kg)    | 231,20    | 231,20 |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 286,44    |        |
|                              | Peso (kg)    | 254,32    | 254,32 |

| Referencias: N9              |              | B 400 S   | Total  |
|------------------------------|--------------|-----------|--------|
| Nombre de armado             |              | Ø 16      |        |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 17 x 3,20 | 28,20  |
|                              | Peso (kg)    | 17 x 5,05 | 25,04  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 17 x 3,20 | 28,20  |
|                              | Peso (kg)    | 17 x 5,05 | 25,04  |
| Parrilla superior - Armado X | Longitud (m) | 17 x 3,20 | 28,20  |
|                              | Peso (kg)    | 17 x 5,05 | 25,04  |
| Parrilla superior - Armado Y | Longitud (m) | 17 x 3,20 | 28,20  |
|                              | Peso (kg)    | 17 x 5,05 | 25,04  |
| Totales                      | Longitud (m) | 217,60    |        |
|                              | Peso (kg)    | 343,44    | 343,44 |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 239,36    |        |
|                              | Peso (kg)    | 377,78    | 377,78 |

| Referencias: N15 |  | B 400 S | Total |
|------------------|--|---------|-------|
| Nombre de armado |  | Ø 12    |       |

|                              |              |          |       |
|------------------------------|--------------|----------|-------|
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 5 x 1,49 | 28,20 |
|                              | Peso (kg)    | 5 x 1,32 | 25,04 |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 5 x 1,49 | 28,20 |
|                              | Peso (kg)    | 5 x 1,32 | 25,04 |
| Parrilla superior - Armado X | Longitud (m) | 5 x 1,49 | 28,20 |
|                              | Peso (kg)    | 5 x 1,32 | 25,04 |
| Parrilla superior - Armado Y | Longitud (m) | 5 x 1,49 | 28,20 |
|                              | Peso (kg)    | 5 x 1,32 | 25,04 |
| Totales                      | Longitud (m) | 29,80    |       |
|                              | Peso (kg)    | 26,44    | 26,44 |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 32,78    |       |
|                              | Peso (kg)    | 29,08    | 29,08 |

|                              |              |          |       |
|------------------------------|--------------|----------|-------|
| Referencias: N22             |              | B 400 S  | Total |
| Nombre de armado             |              | Ø 16     |       |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 4 x 1,20 | 4,40  |
|                              | Peso (kg)    | 4 x 1,89 | 6,94  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 4 x 1,20 | 4,40  |
|                              | Peso (kg)    | 4 x 1,89 | 6,94  |
| Totales                      | Longitud (m) | 9,60     |       |
|                              | Peso (kg)    | 15,16    | 15,16 |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 10,56    |       |
|                              | Peso (kg)    | 16,68    | 16,68 |

|                              |              |           |        |
|------------------------------|--------------|-----------|--------|
| Referencias: N26             |              | B 400 S   | Total  |
| Nombre de armado             |              | Ø 16      |        |
| Parrilla inferior - Armado X | Longitud (m) | 17 x 3,10 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 17 x 4,89 | 34,63  |
| Parrilla inferior - Armado Y | Longitud (m) | 17 x 3,10 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 17 x 4,89 | 34,63  |
| Parrilla superior - Armado X | Longitud (m) | 17 x 3,10 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 17 x 4,89 | 34,63  |
| Parrilla superior - Armado Y | Longitud (m) | 17 x 3,10 | 39,00  |
|                              | Peso (kg)    | 17 x 4,89 | 34,63  |
| Totales                      | Longitud (m) | 210,80    |        |
|                              | Peso (kg)    | 332,72    | 332,72 |
| Total con mermas (10%)       | Longitud (m) | 231,88    |        |
|                              | Peso (kg)    | 365,99    | 365,99 |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| Elemento                  | B 400 S (kg) |           |        | Hormigón (m3) |          |
|---------------------------|--------------|-----------|--------|---------------|----------|
|                           | Ø 12         | Ø 16      | Total  | HA-25         | Limpieza |
| Referencias: N1, N4 y N16 |              | 3 x 15,27 | 45,81  | 3 x 0,32      | 3 x 0,08 |
| Referencia: N11           | 152,37       |           | 152,37 | 4,37          | 0,73     |

|                 |               |               |                |              |             |
|-----------------|---------------|---------------|----------------|--------------|-------------|
| Referencia: N18 | 110,18        |               | 110,18         | 3,30         | 0,60        |
| Referencia: N23 |               | 10,93         | 10,93          | 0,29         | 0,07        |
| Referencia: N30 | 23,56         |               | 23,56          | 0,6          | 0,13        |
| Referencia: N8  | 254,32        |               | 254,32         | 7,68         | 1,02        |
| Referencia: N9  |               | 377,78        | 377,78         | 11,43        | 1,09        |
| Referencia: N15 | 29,08         |               | 29,08          | 0,76         | 0,17        |
| Referencia: N22 |               | 16,68         | 16,68          | 0,40         | 0,10        |
| Referencia: N26 |               | 365,99        | 365,99         | 11,26        | 1,02        |
| <b>Totales</b>  | <b>569,51</b> | <b>817,19</b> | <b>1386,70</b> | <b>41,07</b> | <b>5,18</b> |

## Comprobación

| Referencia: N1<br>Dimensiones: 90 x 90 x 40<br>Armados: Xi: 4 Ø 16 c/ 25 ; Yi: 4 Ø 16 c/ 25   |   |                            |
|---|---|----------------------------|
| Comprobación  | Valores   | Estado                     |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensión media en situaciones persistentes:</li> <li>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</li> <li>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</li> </ul>                                       | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 2,089 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 3,552 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 3,397 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Vuelco en la zapata:<br><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><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> <li>- En la dirección Y:</li> </ul> | Reserva seguridad:<br>319,1%<br>Reserva seguridad:<br>100000%   | Cumple<br>Cumple           |
| Flexión en la zapata:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> <li>- En la dirección Y:</li> </ul>   | Momento: 1,61 t·m<br>Momento: 1,02 t·m  | Cumple<br>Cumple           |
| Cortante en la zapata:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> <li>- En la dirección Y:</li> </ul>  | Cortante: 0,00 t<br>Cortante: 0,00 t  | Cumple<br>Cumple           |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Situaciones persistentes:</li> </ul>   | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 42,28 t/m <sup>2</sup>  | Cumple                     |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>   | Calculado: 40 cm<br>Mínimo: 25 cm   | Cumple                     |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |   |                            |

|  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| - N1:  | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 32 cm   | Cumple                               |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021<br>Calculado: 0,0021                                       | Cumple<br>Cumple                     |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Calculado: 0,0021<br>Mínimo: 0,0007<br>Mínimo: 0,0005   | Cumple<br>Cumple                     |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm   | Cumple                               |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm   | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm   | Cumple<br>Cumple                     |
| Longitud de anclaje:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. Dirección X hacia der:<br>- Armado inf. Dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. Dirección X hacia der:<br>- Armado inf. Dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
| Referencia: N4<br>Dimensiones: 90 x 90 x 40<br>Armados: Xi: 4 Ø 16 c/ 25 ; Yi: 4 Ø 16 c/ 25   |   |                  |
| Comprobación  | Valores   | Estado           |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- Tensión media en situaciones persistentes:<br><br>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,61 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 2,355 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple<br>Cumple |

|   |                                     |        |
|---|-------------------------------------|--------|
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Calculado: 2,138 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| Vuelco en la zapata:<br><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 la dirección X:  | Reserva seguridad:<br>526,3%        | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Reserva seguridad:<br>100000%       | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |                                     |        |
| - En la dirección X:  | Momento: 1,07 t·m                   | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Momento: 0,77 t·m                   | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |                                     |        |
| - En la dirección X:  | Cortante: 0,00 t                    | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Cortante: 0,00 t                    | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup>     |        |
| - Situaciones persistentes:   | Calculado: 31,94 t/m <sup>2</sup>   | Cumple |
| Canto mínimo:   |                                     |        |
| <i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 40 cm<br>Mínimo: 25 cm   | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |                                     |        |
| - N4:   | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 32 cm   | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  | Mínimo: 0,002                       |        |
| - En la dirección X:  | Calculado: 0,0021                   | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Calculado: 0,0021                   | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i>   | Calculado: 0,0021                   |        |
| - En la dirección X:  | Mínimo: 0,0005                      | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Mínimo: 0,0004                      | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:  |                                     |        |
| - Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm   | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>  | Máximo: 30 cm                       |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                    | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>  | Mínimo: 10 cm                       |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 25 cm                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 25 cm                    | Cumple |
| Longitud de anclaje:  |                                     |        |

|   |                  |        |
|---|------------------|--------|
| <i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> | Mínimo: 16 cm    |        |
| - Armado inf. Dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:  | Mínimo: 16 cm    |        |
| - Armado inf. Dirección X hacia der:  | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección X hacia izq:  | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 16 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 16 cm | Cumple |

| Referencia: N11<br>Dimensiones: 90 x 90 x 40<br>Armados: Xi: Ø 12 c/ 18 ; Yi: Ø 12 c/ 18 ; Ys: Ø 12 c/ 18   |   |        |
|---|---|--------|
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,162 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,168 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,12 kp/cm <sup>2</sup>  | Cumple |
| Vuelco en la zapata:<br><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 la dirección X:  | Reserva seguridad: 157%   | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Reserva seguridad:<br>100000%                                       | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En la dirección X:  | Momento: -2,69 t·m  | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Momento: -2,01 t·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En la dirección X:  | Cortante: 2,53 t  | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Cortante: 1,86 t  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  |   |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 8,99 t/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>   |   |        |
|   | Calculado: 60 cm<br>Mínimo: 25 cm                                   | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |   |        |
| - N11:  | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 53 cm                                   | Cumple |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>Cuantía geométrica mínima:<br/> <i>Criterio de Cype Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> <li>- En la dirección Y:</li> </ul>  | <p>Mínimo: 0,002<br/> Calculado: 0,0021<br/> Calculado: 0,0021</p>   | <p>Cumple<br/> Cumple</p>   |
| <p>Cuantía mínima necesaria por flexión:<br/> <i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inferior dirección X:</li> <li>- Armado inferior dirección Y:</li> <li>- Armado superior dirección X:</li> <li>- Armado superior dirección Y:</li> </ul>   | <p>Calculado: 0,0011<br/> Mínimo: 0,0001<br/> Mínimo: 0,0001<br/> Mínimo: 0,0002<br/> Mínimo: 0,0002</p>   | <p>Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple</p>   |
| <p>Diámetro mínimo de las barras:<br/> - Parrilla inferior:<br/> - Parrilla superior:<br/> <i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p>  | <p>Calculado: 12 mm<br/> Calculado: 12 mm<br/> Mínimo: 12 mm</p>   | <p>Cumple<br/> Cumple</p>   |
| <p>Separación máxima entre barras:<br/> <i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inferior dirección X:</li> <li>- Armado inferior dirección Y:</li> <li>- Armado superior dirección X:</li> <li>- Armado superior dirección Y:</li> </ul>  | <p>Máximo: 30 cm<br/> Calculado: 18 cm<br/> Calculado: 18 cm<br/> Calculado: 18 cm<br/> Calculado: 18 cm</p>   | <p>Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple</p>   |
| <p>Separación mínima entre barras:<br/> <i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inferior dirección X:</li> <li>- Armado inferior dirección Y:</li> <li>- Armado superior dirección X:</li> <li>- Armado superior dirección Y:</li> </ul>  | <p>Mínimo: 10 cm<br/> Calculado: 18 cm<br/> Calculado: 18 cm<br/> Calculado: 18 cm<br/> Calculado: 18 cm</p>   | <p>Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple</p>   |
| <p>Longitud de anclaje:<br/> <i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inf. Dirección X hacia der:</li> <li>- Armado inf. Dirección X hacia izq:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo:</li> <li>- Armado sup. Dirección X hacia der:</li> <li>- Armado sup. Dirección X hacia izq:</li> <li>- Armado sup. Dirección Y hacia arriba:</li> <li>- Armado sup. Dirección Y hacia abajo:</li> </ul> | <p>Mínimo: 16 cm<br/> Calculado: 65 cm</p> | <p>Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple<br/> Cumple</p> |

Referencia: N16

| Dimensiones: 90 x 90 x 40<br>Armados: Xi: Ø 16 c/ 25 ; Yi: Ø 16 c/ 25   |  |                            |
|---|--|----------------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado                     |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- Tensión media en situaciones persistentes:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:<br>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:   | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 2,39 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 2,15 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 2,57 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Vuelco en la zapata:<br><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><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y: | Reserva seguridad:<br>444,8%<br>Reserva seguridad:<br>100000%  | Cumple<br>Cumple           |
| Flexión en la zapata:<br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Momento: 1,08 t·m<br>Momento: 1,07 t·m   | Cumple<br>Cumple           |
| Cortante en la zapata:<br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Cortante: 0,00 t<br>Cortante: 0,00 t   | Cumple<br>Cumple           |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- Situaciones persistentes:   | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 44,52 t/m <sup>2</sup>   | Cumple                     |
| Canto mínimo:<br><br><i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>   | Calculado: 40 cm<br>Mínimo: 25 cm  | Cumple                     |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br><br>- N16:   | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 32 cm  | Cumple                     |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021<br>Calculado: 0,0021  | Cumple<br>Cumple           |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Calculado: 0,0005<br>Mínimo: 0,0021<br>Mínimo: 0,0021  | Cumple<br>Cumple           |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>   | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm  | Cumple                     |
| Separación máxima entre barras:   |  |                            |

|   |  |  |
|---|--|--|
| <p><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inferior dirección X:</li> <li>- Armado inferior dirección Y:</li> </ul>   | <p>Máximo: 30 cm<br/>Calculado: 25 cm<br/>Calculado: 25 cm</p>   | <p>Cumple<br/>Cumple</p>                       |
| <p>Separación mínima entre barras:<br/><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inferior dirección X:</li> <li>- Armado inferior dirección Y:</li> </ul>   | <p>Mínimo: 10 cm<br/>Calculado: 25 cm<br/>Calculado: 25 cm</p>   | <p>Cumple<br/>Cumple</p>                       |
| <p>Longitud de anclaje:<br/><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inf. Dirección X hacia der:</li> <li>- Armado inf. Dirección X hacia izq:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo:</li> </ul> | <p>Mínimo: 16 cm<br/>Calculado: 16 cm<br/>Calculado: 16 cm<br/>Calculado: 16 cm<br/>Calculado: 16 cm</p> | <p>Cumple<br/>Cumple<br/>Cumple<br/>Cumple</p> |
| <p>Longitud mínima de las patillas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inf. Dirección X hacia der:</li> <li>- Armado inf. Dirección X hacia izq:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo:</li> </ul>   | <p>Mínimo: 16 cm<br/>Calculado: 16 cm<br/>Calculado: 16 cm<br/>Calculado: 16 cm<br/>Calculado: 16 cm</p> | <p>Cumple<br/>Cumple<br/>Cumple<br/>Cumple</p> |

|  |   |                                     |
|--|---|-------------------------------------|
| <p>Referencia: N18<br/>Dimensiones: 90 x 90 x 40<br/>Armados: Xi: Ø 12 c/ 20 ; Yi: Ø 12 c/ 20 ; Xs: Ø 12 c/ 20 ; Ys: Ø 12 c/ 20</p>  |   |                                     |
| Comprobación   | Valores   | Estado                              |
| <p>Tensiones sobre el terreno:<br/><i>Criterio de Cype Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensión media en situaciones persistentes:</li> <li>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</li> <li>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</li> </ul>                                       | <p>Máximo: 4 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0,158 kp/cm<sup>2</sup><br/>Máximo: 5 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0,163 kp/cm<sup>2</sup><br/>Máximo: 5 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0,114 kp/cm<sup>2</sup></p> | <p>Cumple<br/>Cumple<br/>Cumple</p> |
| <p>Vuelco en la zapata:<br/><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> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> <li>- En la dirección Y:</li> </ul> | <p>Reserva seguridad:<br/>174,9%<br/>Reserva seguridad:<br/>100000%</p>   | <p>Cumple<br/>Cumple</p>            |
| <p>Flexión en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> <li>- En la dirección Y:</li> </ul>  | <p>Momento: -1,80 t·m<br/>Momento: -1,33 t·m</p>  | <p>Cumple<br/>Cumple</p>            |
| <p>Cortante en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> </ul>   | <p>Cortante: 1,87 t</p>   | <p>Cumple</p>                       |

|  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| - En la dirección Y:   | Cortante: 1,36 t  | Cumple                               |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- Situaciones persistentes:  | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 8,29 t/m <sup>2</sup>                           | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 55 cm<br>Mínimo: 25 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N18:  | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 48 cm   | Cumple                               |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021<br>Calculado: 0,0021                                       | Cumple<br>Cumple                     |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Calculado: 0,0011<br>Mínimo: 0,0001<br>Mínimo: 0,0001<br>Mínimo: 0,0002<br>Mínimo: 0,0002     | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:<br><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>  | Calculado: 12 mm<br>Calculado: 12 mm<br>Mínimo: 12 mm   | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y: | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm<br>Calculado: 20 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. Dirección X hacia der:<br>- Armado inf. Dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:                         | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 57 cm<br>Calculado: 57 cm<br>Calculado: 57 cm                     | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |

|   |                  |        |
|---|------------------|--------|
| - Armado inf. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 57 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección X hacia der:    | Calculado: 57 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección X hacia izq:    | Calculado: 57 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección Y hacia arriba: | Calculado: 57 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 57 cm | Cumple |
|   | Calculado: 57 cm | Cumple |

| Referencia: N23   |  |        |
|---|--|--------|
| Dimensiones: 85 x 85 x 40   |  |        |
| Armados: Xi: Ø 16 c/ 25 ; Yi: Ø 16 c/ 25  |  |        |
| Comprobación  | Valores  | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>   |  |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,612 kp/cm <sup>2</sup>  | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,073 kp/cm <sup>2</sup>  | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,712 kp/cm <sup>2</sup>  | Cumple |
| Vuelco en la zapata:<br><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 la dirección X:  | Reserva seguridad:<br>1857,5%  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |  |        |
| - En la dirección X:  | Momento: 0,68 t·m  | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Momento: 0,66 t·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |  |        |
| - En la dirección X:  | Cortante: 0,00 t   | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Cortante: 0,00 t   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  |  |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 28,97 t/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:   |  |        |
| <i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 40 cm<br>Mínimo: 25 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |  |        |
| - N23:  | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 32 cm                                    | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  |  |        |
| - En la dirección X:  | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021                                   | Cumple |

|  |                                   |        |
|--|-----------------------------------|--------|
| - En la dirección Y:   | Calculado: 0,0021                 | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 0,0004                 |        |
| - En la dirección X:   | Mínimo: 0,0021                    | Cumple |
| - En la dirección Y:   | Mínimo: 0,0021                    | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>                          | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm | Cumple |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>   | Máximo: 30 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> | Mínimo: 10 cm                     |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 25 cm                  | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>            | Mínimo: 16 cm                     |        |
| - Armado inf. Dirección X hacia der:   | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. Dirección X hacia izq:   | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia arriba:  | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia abajo:   | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:   | Mínimo: 16 cm                     |        |
| - Armado inf. Dirección X hacia der:   | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. Dirección X hacia izq:   | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia arriba:  | Calculado: 16 cm                  | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia abajo:   | Calculado: 16 cm                  | Cumple |

|   |   |        |
|---|---|--------|
| Referencia: N30   |   |        |
| Dimensiones: 115 x 115 x 45   |   |        |
| Armados: Xi: Ø 16 c/ 25 ; Yi: Ø 16 c/ 25  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,353 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 2,707 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 2,602 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| Vuelco en la zapata:<br><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 la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Reserva seguridad:<br>176,6%<br>Reserva seguridad:<br>301068,2%                               | Cumple<br>Cumple                     |
| Flexión en la zapata:<br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Momento: 1,63 t·m<br>Momento: 1,40 t·m  | Cumple<br>Cumple                     |
| Cortante en la zapata:<br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Cortante: 0,00 t<br>Cortante: 0,00 t  | Cumple<br>Cumple                     |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- Situaciones persistentes:  | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 25,7 t/m <sup>2</sup>                           | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 45 cm<br>Mínimo: 25 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N30:  | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 32 cm   | Cumple                               |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021<br>Calculado: 0,0021                                       | Cumple<br>Cumple                     |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Calculado: 0,0021<br>Mínimo: 0,0005<br>Mínimo: 0,0004   | Cumple<br>Cumple                     |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 12 mm   | Cumple                               |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 12,5 cm<br>Calculado: 12,5 cm                                     | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 12,5 cm<br>Calculado: 12,5 cm                                     | Cumple<br>Cumple                     |
| Longitud de anclaje:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. Dirección X hacia der:<br>- Armado inf. Dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |

|   |   |                                      |
|---|---|--------------------------------------|
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. Dirección X hacia der:<br>- Armado inf. Dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo:   | Mínimo: 12 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Referencia: N8<br>Dimensiones: 320 x 320 x 75<br>Armados: Xi: Ø 12 c/ 15 ; Yi: Ø 12 c/ 15 ; Xs: Ø 12 c/ 15 ; Ys: Ø 12 c/ 15   |   |                                      |
| Comprobación  | Valores   | Estado                               |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br><br>- Tensión media en situaciones persistentes:<br><br>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:<br><br>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:                                 | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,358 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,288 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,728 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |
| Vuelco en la zapata:<br><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><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y: | Reserva seguridad: 5,9%<br>Reserva seguridad:<br>6615,2%  | Cumple<br>Cumple                     |
| Flexión en la zapata:<br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Momento: 22,52 t·m<br>Momento: 3,54 t·m   | Cumple<br>Cumple                     |
| Cortante en la zapata:<br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Cortante: 20,00 t<br>Cortante: 2,60 t   | Cumple<br>Cumple                     |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- Situaciones persistentes:   | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 6,93 t/m <sup>2</sup>   | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>   | Calculado: 75 cm<br>Mínimo: 25 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br><br>- N8:  | Mínimo: 65 cm<br>Calculado: 68 cm   | Cumple                               |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021<br>Calculado: 0,0021   | Cumple<br>Cumple                     |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i>   | Calculado: 0,0011   |                                      |

|   |   |  |
|---|---|--|
| - Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0,0007<br>Mínimo: 0,0002<br>Mínimo: 0,0003  | Cumple<br>Cumple<br>Cumple   |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br>- Parrilla superior:<br><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>   | Calculado: 12 mm<br>Calculado: 12 mm<br>Mínimo: 12 mm   | Cumple<br>Cumple   |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i><br><br>- Armado inferior dirección X:<br><br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br><br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple<br>Cumple<br><br>Cumple<br>Cumple   |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br><br>- Armado inferior dirección X:<br><br>- Armado inferior dirección Y:<br>- Armado superior dirección X:<br>- Armado superior dirección Y:  | Mínimo: 10 cm<br><br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm<br><br>Calculado: 15 cm<br>Calculado: 15 cm   | Cumple<br><br>Cumple<br>Cumple<br><br>Cumple<br>Cumple                                     |
| Longitud de anclaje:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br><br>- Armado inf. Dirección X hacia der:<br>- Armado inf. Dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo:<br>- Armado sup. Dirección X hacia der:<br>- Armado sup. Dirección X hacia izq:<br><br>- Armado sup. Dirección Y hacia arriba:<br><br>- Armado sup. Dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 15 cm<br><br>Calculado: 68 cm<br>Calculado: 68 cm<br>Calculado: 70 cm<br>Calculado: 70 cm<br>Calculado: 68 cm<br><br>Calculado: 68 cm<br><br>Calculado: 70 cm<br>Calculado: 70 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br><br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |

|  |   |        |
|--|---|--------|
| Referencia: N9<br>Dimensiones: 330 x 330 x 105<br>Armados: Xi: Ø 16 c/ 16 ; Yi: Ø 16 c/ 19 ; Xs: Ø 16 c/ 19 ; Ys: Ø 16 c/ 19 |   |        |
| Comprobación   | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br><br>- Tensión media en situaciones persistentes:        | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,757 kp/cm <sup>2</sup><br>Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Calculado: 0,975 kp/cm <sup>2</sup>                                 | Cumple           |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,632 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple           |
| Vuelco en la zapata:<br><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 la dirección X:  | Reserva seguridad: 15,9%  | Cumple           |
| - En la dirección Y:  | Reserva seguridad:<br>1463,8%                                       | Cumple           |
| Flexión en la zapata:   |   |                  |
| - En la dirección X:  | Momento: 36,59 t·m  | Cumple           |
| - En la dirección Y:  | Momento: 16,56 t·m  | Cumple           |
| Cortante en la zapata:  |   |                  |
| - En la dirección X:  | Cortante: 25,49 t   | Cumple           |
| - En la dirección Y:  | Cortante: 7,41 t  | Cumple           |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup>                                     |                  |
| - Situaciones persistentes:   | Calculado: 18 t/m <sup>2</sup>                                      | Cumple           |
| Canto mínimo:   |   |                  |
| <i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 105 cm<br>Mínimo: 25 cm                                  | Cumple           |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |   |                  |
| - N9:   | Mínimo: 95 cm<br>Calculado: 97 cm                                   | Cumple           |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  | Mínimo: 0,002   |                  |
| - En la dirección X:  | Calculado: 0,0021   | Cumple           |
| - En la dirección Y:  | Calculado: 0,0021   | Cumple           |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |   |                  |
| <i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 0,0011   |                  |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0,0005  | Cumple           |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0,0003  | Cumple           |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0,0002  | Cumple           |
| Diámetro mínimo de las barras:  |   |                  |
| - Parrilla inferior:  | Calculado: 16 mm  | Cumple           |
| - Parrilla superior:  | Calculado: 16 mm  | Cumple           |
| <i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>   | Mínimo: 12 mm   |                  |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>  | Máximo: 30 cm   |                  |
| - Armado inferior dirección X:  | Calculado: 19 cm<br>Calculado: 19 cm                                | Cumple<br>Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Calculado: 19 cm  | Cumple           |
| - Armado superior dirección X:  | Calculado: 19 cm  | Cumple           |
| - Armado superior dirección Y:  | Calculado: 19 cm  | Cumple           |

|   |  |   |
|---|--|---|
| <p>Separación mínima entre barras:<br/> <i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inferior dirección X:</li> <li>- Armado inferior dirección Y:</li> <li>- Armado superior dirección X:</li> <li>- Armado superior dirección Y:</li> </ul>  | <p>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 19 cm<br/>Calculado: 19 cm</p> <p>Calculado: 19 cm<br/>Calculado: 19 cm</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Longitud de anclaje:<br/> <i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inf. Dirección X hacia der:</li> <li>- Armado inf. Dirección X hacia izq:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo:</li> <li>- Armado sup. Dirección X hacia der:</li> <li>- Armado sup. Dirección X hacia izq:</li> <li>- Armado sup. Dirección Y hacia arriba:</li> <li>- Armado sup. Dirección Y hacia abajo:</li> </ul> | <p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 42 cm<br/>Calculado: 42 cm</p> <p>Calculado: 51 cm<br/>Calculado: 51 cm</p> <p>Calculado: 42 cm<br/>Calculado: 42 cm</p> <p>Calculado: 51 cm<br/>Calculado: 51 cm</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |

| <p>Referencia: N15<br/> Dimensiones: 130 x 130 x 45<br/> Armados: Xi: Ø 12 c/ 25 ; Yi: Ø 12 c/ 25 ; Xs: Ø 12 c/ 25 ; Ys: Ø 12 c/ 25</p>   |  |   |
|---|--|---|
| Comprobación  | Valores  | Estado                                    |
| <p>Tensiones sobre el terreno:<br/> <i>Criterio de Cype Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensión media en situaciones persistentes:</li> <li>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</li> <li>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</li> </ul>                                       | <p>Máximo: 4 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 0,826 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>Máximo: 5 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 1,017 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>Máximo: 5 kp/cm<sup>2</sup><br/>Calculado: 1,67 kp/cm<sup>2</sup></p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |
| <p>Vuelco en la zapata:<br/> <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> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> <li>- En la dirección Y:</li> </ul> | <p>Reserva seguridad: 15,2%</p> <p>Reserva seguridad: 3878,4%</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>               |
| <p>Flexión en la zapata:<br/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- En la dirección X:</li> </ul> </p>   | <p>Momento: 1,89 t·m</p>   | <p>Cumple</p>                             |

|  |  |        |
|--|--|--------|
| - En la dirección Y:   | Momento: 1,39 t·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:   |  |        |
| - En la dirección X:   | Cortante: 0,00 t   | Cumple |
| - En la dirección Y:   | Cortante: 0,87 t   | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>   |  |        |
| - Situaciones persistentes:  | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 19,68 t/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:  |  |        |
| <i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>   | Calculado: 45 cm<br>Mínimo: 25 cm                                    | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:  |  |        |
| - N15:   | Mínimo: 35 cm<br>Calculado: 38 cm                                    | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>   |  |        |
| - En la dirección X:   | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021                                   | Cumple |
| - En la dirección Y:   | Calculado: 0,0021  | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:  |  |        |
| <i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Calculado: 0,0011<br>Mínimo: 0,0005                                  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Mínimo: 0,0004   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Mínimo: 0,0001   | Cumple |
| Diámetro mínimo de las barras:   |  |        |
| - Parrilla inferior:   | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| - Parrilla superior:   | Calculado: 12 mm   | Cumple |
| <i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 12 mm  |        |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>   |  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 25 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> |  |        |
| - Armado inferior dirección X:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 25 cm                                    | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:   | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección X:   | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| - Armado superior dirección Y:   | Calculado: 25 cm   | Cumple |
| Longitud de anclaje:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>            |  |        |
| - Armado inf. Dirección X hacia der:   | Mínimo: 15 cm<br>Calculado: 15 cm                                    | Cumple |

|   |                  |        |
|---|------------------|--------|
| - Armado inf. Dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i> | Mínimo: 12 cm    |        |
| - Armado inf. Dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado inf. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección X hacia der:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección X hacia izq:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección Y hacia arriba:   | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |
| - Armado sup. Dirección Y hacia abajo:  | Calculado: 15 cm | Cumple |

| Referencia: N22   |   |        |
|---|---|--------|
| Dimensiones: 100 x 100 x 40   |   |        |
| Armados: Xi: Ø 16 c/ 25 ; Yi: Ø 16 c/ 25  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,62 kp/cm <sup>2</sup>  | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 0,71 kp/cm <sup>2</sup>  | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,325 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| Vuelco en la zapata:<br><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 la dirección X:  | Reserva seguridad: 1,3%   | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Reserva seguridad: 1832,5%  | Cumple |

|  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| Flexión en la zapata:<br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Momento: 0,89 t·m<br>Momento: 0,38 t·m  | Cumple<br>Cumple                     |
| Cortante en la zapata:<br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Cortante: 0,00 t<br>Cortante: 0,00 t  | Cumple<br>Cumple                     |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- Situaciones persistentes:  | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 10,91 t/m <sup>2</sup>                          | Cumple                               |
| Canto mínimo:<br><i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 40 cm<br>Mínimo: 25 cm   | Cumple                               |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:<br>- N23:  | Mínimo: 30 cm<br>Calculado: 32 cm   | Cumple                               |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:   | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021<br>Calculado: 0,0021                                       | Cumple<br>Cumple                     |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:<br><i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i><br>- En la dirección X:<br>- En la dirección Y:  | Calculado: 0,0021<br>Mínimo: 0,0004<br>Mínimo: 0,0002   | Cumple<br>Cumple                     |
| Diámetro mínimo de las barras:<br>- Parrilla inferior:<br><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 12 mm<br>Calculado: 16 mm   | Cumple                               |
| Separación máxima entre barras:<br><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm   | Cumple<br>Cumple                     |
| Separación mínima entre barras:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inferior dirección X:<br>- Armado inferior dirección Y:   | Mínimo: 10 cm<br>Calculado: 25 cm<br>Calculado: 25 cm   | Cumple<br>Cumple                     |
| Longitud de anclaje:<br><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i><br>- Armado inf. Dirección X hacia der:<br>- Armado inf. Dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo: | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm | Cumple<br>Cumple<br>Cumple<br>Cumple |
| Longitud mínima de las patillas:<br>- Armado inf. Dirección X hacia der:<br>- Armado inf. Dirección X hacia izq:<br>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:  | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm<br>Calculado: 16 cm                     | Cumple<br>Cumple<br>Cumple           |

|  |                  |        |
|--|------------------|--------|
| - Armado inf. Dirección Y hacia abajo: | Calculado: 16 cm | Cumple |
|--|------------------|--------|

| Referencia: N26   |   |        |
|---|---|--------|
| Dimensiones: 320 x 320 x 110  |   |        |
| Armados: Xi: Ø 16 c/ 18 ; Yi: Ø 16 c/ 18 ; Xs: Ø 16 c/ 18 ; Ys: Ø 16 c/ 18  |   |        |
| Comprobación  | Valores   | Estado |
| Tensiones sobre el terreno:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>   |   |        |
| - Tensión media en situaciones persistentes:  | Máximo: 4 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,478 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 1,227 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:  | Máximo: 5 kp/cm <sup>2</sup><br>Calculado: 3,003 kp/cm <sup>2</sup> | Cumple |
| Vuelco en la zapata:<br><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 la dirección X:  | Reserva seguridad: 4,7%   | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Reserva seguridad: 7673,5%  | Cumple |
| Flexión en la zapata:   |   |        |
| - En la dirección X:  | Momento: 45,79 t·m  | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Momento: 11,12 t·m  | Cumple |
| Cortante en la zapata:  |   |        |
| - En la dirección X:  | Cortante: 41,00 t   | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Cortante: 3,98 t  | Cumple |
| Compresión oblicua en la zapata:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  |   |        |
| - Situaciones persistentes:   | Máximo: 509,68 t/m <sup>2</sup><br>Calculado: 13,2 t/m <sup>2</sup> | Cumple |
| Canto mínimo:   |   |        |
| <i>Artículo 59.8.1 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 110 cm<br>Mínimo: 25 cm                                  | Cumple |
| Espacio para anclar arranques en cimentación:   |   |        |
| - N26:  | Mínimo: 100 cm<br>Calculado: 102 cm                                 | Cumple |
| Cuantía geométrica mínima:<br><i>Criterio de Cype Ingenieros</i>  |   |        |
| - En la dirección X:  | Mínimo: 0,002<br>Calculado: 0,0021                                  | Cumple |
| - En la dirección Y:  | Calculado: 0,0021   | Cumple |
| Cuantía mínima necesaria por flexión:   |   |        |
| <i>Artículo 42.3.2 (normal EHE-98)</i>  | Calculado: 0,0011   |        |
| - Armado inferior dirección X:  | Mínimo: 0,0006  | Cumple |
| - Armado inferior dirección Y:  | Mínimo: 0,0002  | Cumple |
| - Armado superior dirección X:  | Mínimo: 0,0002  | Cumple |

|   |   |  |
|---|---|--|
| <p>Diámetro mínimo de las barras:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parrilla inferior:</li> <li>- Parrilla superior:</li> </ul> <p><i>Recomendación del artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p>   | <p>Calculado: 16 mm</p> <p>Calculado: 16 mm</p> <p>Mínimo: 12 mm</p>  | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>  |
| <p>Separación máxima entre barras:</p> <p><i>artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inferior dirección X:</li> <li>- Armado inferior dirección Y:</li> <li>- Armado superior dirección X:</li> <li>- Armado superior dirección Y:</li> </ul>  | <p>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 18 cm</p> <p>Calculado: 18 cm</p><br><p>Calculado: 18 cm</p> <p>Calculado: 18 cm</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p><br><p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Separación mínima entre barras:</p> <p><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inferior dirección X:</li> <li>- Armado inferior dirección Y:</li> <li>- Armado superior dirección X:</li> <li>- Armado superior dirección Y:</li> </ul>  | <p>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 18 cm</p> <p>Calculado: 18 cm</p><br><p>Calculado: 18 cm</p> <p>Calculado: 18 cm</p>   | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p><br><p>Cumple</p> <p>Cumple</p>   |
| <p>Longitud de anclaje:</p> <p><i>Recomendación del libro " Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Armado inf. Dirección X hacia der:</li> <li>- Armado inf. Dirección X hacia izq:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia arriba:</li> <li>- Armado inf. Dirección Y hacia abajo:</li> <li>- Armado sup. Dirección X hacia der:</li> <li>- Armado sup. Dirección X hacia izq:</li> <br/> <li>- Armado sup. Dirección Y hacia arriba:</li> <li>- Armado sup. Dirección Y hacia abajo:</li> </ul> | <p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 28 cm</p> <p>Calculado: 28 cm</p> <p>Calculado: 42 cm</p> <p>Calculado: 42 cm</p> <p>Calculado: 28 cm</p><br><p>Calculado: 28 cm</p> <p>Calculado: 42 cm</p> <p>Calculado: 42 cm</p> | <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p><br><p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> |

## VIGAS

### Descripción

Las vigas de cimentación que conectarán las columnas serán rectangulares. Las cargas que sufrirá la planta se calcularán mediante el programa CYPE, como cargas lineales y puntuales.

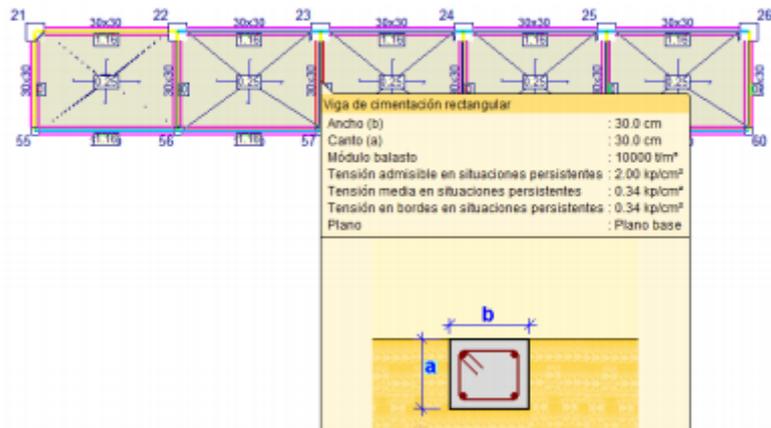


Ilustración 4.33. Viga de cimentación.

| Referencias                                     | Geometría                        | Armado   |
|---|----------------------------------|--|
| N23-N18   | Ancho: 40,0 cm<br>Canto: 40,0 cm | Superior: 2 Ø12<br>Inferior: 2 Ø12<br>Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |
| N16-N11   | Ancho: 40,0 cm<br>Canto: 40,0 cm | Superior: 2 Ø12<br>Inferior: 2 Ø12<br>Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |
| N11-N4, N4-N1, N18-N16, N30-N1, N22-N15, N15-N9 | Ancho: 40,0 cm<br>Canto: 40,0 cm | Superior: 2 Ø12<br>Inferior: 2 Ø12<br>Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |

## Medición

| Referencia: N23-N18           |              | B 400 S  |          | Total |
|-------------------------------|--------------|----------|----------|-------|
| Nombre de armado              |              | Ø8       | Ø12      |       |
| Armado Viga - Armado inferior | Longitud (m) |          | 2 x 4,05 | 8,10  |
|                               | Peso (kg)    |          | 2 x 3,60 | 7,19  |
| Armado Viga - Armado superior | Longitud (m) |          | 2 x 4,05 | 8,10  |
|                               | Peso (kg)    |          | 2 x 3,60 | 7,19  |
| Armado viga - Estribo         | Longitud (m) | 8 x 1,33 |          |       |
|                               | Peso (kg)    | 8 x 0,52 |          |       |
| Totales                       | Longitud (m) | 10,64    | 16,20    |       |
|                               | Peso (kg)    | 4,20     | 14,38    | 18,58 |
| Total con mermas (10%)        | Longitud (m) | 11,7     | 17,82    |       |
|                               | Peso (kg)    | 4,62     | 15,82    | 20,44 |

| Referencia: N16-N11           |              | B 400 S |          | Total |
|-------------------------------|--------------|---------|----------|-------|
| Nombre de armado              |              | Ø8      | Ø12      |       |
| Armado Viga - Armado inferior | Longitud (m) |         | 2 x 5,30 | 10,60 |

|                               |              |           |          |       |
|-------------------------------|--------------|-----------|----------|-------|
|                               | Peso (kg)    |           | 2 x 4,71 | 9,41  |
| Armado Viga - Armado superior | Longitud (m) |           | 2 x 5,30 | 15,96 |
|                               | Peso (kg)    |           | 2 x 4,71 | 6,30  |
| Armado viga - Estribo         | Longitud (m) | 12 x 1,33 |          |       |
|                               | Peso (kg)    | 12 x 0,52 |          |       |
| Totales                       | Longitud (m) | 15,96     | 21,20    |       |
|                               | Peso (kg)    | 6,30      | 18,82    | 25,12 |
| Total con mermas (10%)        | Longitud (m) | 17,56     | 23,32    |       |
|                               | Peso (kg)    | 6,93      | 20,7     | 27,63 |

|  |              |           |          |       |
|--|--------------|-----------|----------|-------|
| Referencia: N11-N14, N4-N1, N18-N16, N30-N-1, N22-N15, N15-N19 |              | B 400 S   |          | Total |
| Nombre de armado   |              | Ø8        | Ø12      |       |
| Armado Viga - Armado inferior                                  | Longitud (m) |           | 2 x 7,30 | 14,60 |
|  | Peso (kg)    |           | 2 x 6,48 | 12,96 |
| Armado Viga - Armado superior                                  | Longitud (m) |           | 2 x 7,30 | 14,60 |
|  | Peso (kg)    |           | 2 x 6,48 | 12,96 |
| Armado viga - Estribo  | Longitud (m) | 19 x 1,33 |          |       |
|  | Peso (kg)    | 19 x 0,52 |          |       |
| Totales  | Longitud (m) | 25,27     | 29,20    |       |
|  | Peso (kg)    | 9,97      | 25,92    | 35,89 |
| Total con mermas (10%)   | Longitud (m) | 27,80     | 32,12    |       |
|  | Peso (kg)    | 10,97     | 28,51    | 39,48 |

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

| Elemento   | B 400 S (kg) |           |        | Hormigón (m3) |          |
|--|--------------|-----------|--------|---------------|----------|
|  | Ø8           | Ø12       | Total  | HA-25         | Limpieza |
| Referencia: N23-N18  | 4,62         | 15,82     | 20,44  | 0,34          | 0,08     |
| Referencia: N16-N11  | 6,93         | 20,7      | 27,63  | 0,51          | 0,13     |
| Referencia: N11-N14, N4-N1, N18-N16, N30-N-1, N22-N15, N15-N19 | 6 x 10,97    | 6 x 28,51 | 236,88 | 6 x 0,83      | 6 x 0,21 |
| Total  | 77,37        | 207,58    | 284,95 | 5,84          | 1,47     |

## COMPROBACIÓN

|  |                                     |        |
|--|-------------------------------------|--------|
| Referencia: N23-N18 (Viga de atado)  |                                     |        |
| - Dimensiones: 40,0 cm x 40,0 cm   |                                     |        |
| - Armadura superior: 2 Ø12   |                                     |        |
| - Armadura inferior: 2 Ø12   |                                     |        |
| - Estribos: 1 x Ø8 c/ 30   |                                     |        |
| Comprobación   | Valores                             | Estado |
| Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, "Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i> | Mínimo: 10,5 cm<br>Calculado: 40 cm | Cumple |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i> | Mínimo: 10,5 cm<br>Calculado: 40 cm                    | Cumple           |
| Diámetro mínimo estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 29,2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                           | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima entre estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                           | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |

| Referencia: N16-N11 (Viga de atado)<br>- Dimensiones: 40,0 cm x 40,0 cm<br>- Armadura superior: 2 Ø12<br>- Armadura inferior: 2 Ø12<br>- Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |  |                  |
|---|--|------------------|
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>     | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 40 cm                      | Cumple           |
| Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>     | Mínimo: 16 cm<br>Calculado: 40 cm                      | Cumple           |
| Diámetro mínimo entre estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 29,2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                               | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima entre estribos:<br>- Sin cortantes:   | Máximo: 30 cm  |                  |

|   |                  |        |
|---|------------------|--------|
| <i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>   | Calculado: 30 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i> | Máximo: 30 cm    |        |
| - Armadura superior:  | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior:  | Calculado: 26 cm | Cumple |

| Referencia: N11-N4 (Viga de atado)<br>- Dimensiones: 40,0 cm x 40,0 cm<br>- Armadura superior: 2 Ø12<br>- Armadura inferior: 2 Ø12<br>- Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------|
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>    | Mínimo: 26 cm<br>Calculado: 40 cm    | Cumple |
| Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>    | Mínimo: 26 cm<br>Calculado: 40 cm    | Cumple |
| Diámetro mínimo entre estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>   | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 29,2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 3,7 cm                       |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| Separación máxima entre estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm    | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i>  | Máximo: 30 cm                        |        |
| - Armadura superior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |
| - Armadura inferior:   | Calculado: 26 cm                     | Cumple |

| Referencia: N4-N1 (Viga de atado)<br>- Dimensiones: 40,0 cm x 40,0 cm<br>- Armadura superior: 2 Ø12<br>- Armadura inferior: 2 Ø12<br>- Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |                 |        |
|---|-----------------|--------|
| Comprobación  | Valores         | Estado |
| Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado:   | Mínimo: 30,5 cm |        |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| <i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>  | Calculado: 40 cm                                       | Cumple           |
| Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i> | Mínimo: 30,5 cm<br>Calculado: 40 cm                    | Cumple           |
| Diámetro mínimo entre estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 29,2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                           | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima entre estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                           | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Referencia: N18-N16 (Viga de atado)<br>- Dimensiones: 40,0 cm x 40,0 cm<br>- Armadura superior: 2 Ø12<br>- Armadura inferior: 2 Ø12<br>- Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |  |                  |
| Comprobación  | Valores  | Estado           |
| Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>     | Mínimo: 26,6 cm<br>Calculado: 40 cm                    | Cumple           |
| Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>     | Mínimo: 26,6 cm<br>Calculado: 40 cm                    | Cumple           |
| Diámetro mínimo entre estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 29,2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                               | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |

|   |   |                  |
|---|---|------------------|
| Separación máxima entre estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>                                | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                     | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior: | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |

|  |  |                  |
|--|--|------------------|
| Referencia: N30-N1 (Viga de atado)<br>- Dimensiones: 40,0 cm x 40,0 cm<br>- Armadura superior: 2 Ø12<br>- Armadura inferior: 2 Ø12<br>- Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |  |                  |
| Comprobación   | Valores  | Estado           |
| Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>    | Mínimo: 29,8 cm<br>Calculado: 40 cm                    | Cumple           |
| Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>    | Mínimo: 29,8 cm<br>Calculado: 40 cm                    | Cumple           |
| Diámetro mínimo entre estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>   | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 29,2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                              | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima entre estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>   | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                              | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |

|   |         |        |
|---|---------|--------|
| Referencia: N22-N15 (Viga de atado)<br>- Dimensiones: 40,0 cm x 40,0 cm<br>- Armadura superior: 2 Ø12<br>- Armadura inferior: 2 Ø12<br>- Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |         |        |
| Comprobación  | Valores | Estado |

|   |  |                  |
|---|--|------------------|
| Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i> | Mínimo: 29,2 cm<br>Calculado: 40 cm                    | Cumple           |
| Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i> | Mínimo: 29,2 cm<br>Calculado: 40 cm                    | Cumple           |
| Diámetro mínimo entre estribos:   | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm                        | Cumple           |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 29,2 cm                   | Cumple           |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                           | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm | Cumple<br>Cumple |
| Separación máxima entre estribos:<br>- Sin cortantes:<br><i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 30 cm                      | Cumple           |
| Separación máxima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i><br>- Armadura superior:<br>- Armadura inferior:                           | Máximo: 30 cm<br>Calculado: 26 cm<br>Calculado: 26 cm  | Cumple<br>Cumple |

|  |                                      |        |
|--|--------------------------------------|--------|
| Referencia: N15-N9 (Viga de atado)<br>- Dimensiones: 40,0 cm x 40,0 cm<br>- Armadura superior: 2 Ø12<br>- Armadura inferior: 2 Ø12<br>- Estribos: 1 x Ø8 c/ 30 |                                      |        |
| Comprobación   | Valores                              | Estado |
| Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>    | Mínimo: 23,5 cm<br>Calculado: 40 cm  | Cumple |
| Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado:<br><i>J. Calavera, " Cálculo de estructuras de cimentación", 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15</i>    | Mínimo: 23,5 cm<br>Calculado: 40 cm  | Cumple |
| Diámetro mínimo entre estribos:  | Mínimo: 6 mm<br>Calculado: 8 mm      | Cumple |
| Separación mínima entre estribos:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>   | Mínimo: 3,7 cm<br>Calculado: 29,2 cm | Cumple |
| Separación mínima armadura longitudinal:<br><i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>  | Mínimo: 3,7 cm                       |        |

|   |                  |        |
|---|------------------|--------|
| - Armadura superior:                      | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior:                      | Calculado: 26 cm | Cumple |
| Separación máxima entre estribos:         |                  |        |
| - Sin cortantes:                          | Máximo: 30 cm    |        |
| <i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i> | Calculado: 30 cm | Cumple |
| Separación máxima armadura longitudinal:  | Máximo: 30 cm    |        |
| <i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i>     |                  |        |
| - Armadura superior:                      | Calculado: 26 cm | Cumple |
| - Armadura inferior:                      | Calculado: 26 cm | Cumple |

#### 4.1.9. CÁLCULO DE LAS UNIONES

Una vez realizados los cálculos y dimensionamiento de varios de los elementos que forman la estructura, se procederá a definir y calcular las uniones entre ellos. Se analizarán los nudos que unen las barras, definiendo el tipo de unión a realizar en cada caso, mediante tornillos o soldada.

Se utilizarán dos módulos para el dimensionamiento y cálculo de las articulaciones, mediante tornillos, soldadas y de perfil laminada y de doble T. En este proyecto se combinarán las uniones mediante tornillos y las soldadas.

#### UNIÓN DE CORREAS

Para realizar las uniones entre correas, se utilizan los elementos conocidos como conectores o tirantes, para generar continuidad. Permiten el solape entre correas, mediante tornillos y tuercas. Por lo tanto, no es necesario realizar cálculos, ya que se ejecutarán mediante los conectores necesarios para cada tipo de sección.

Existen dos formas de sujeción:

- Tipo de articulación para la transmisión de fuerzas perpendiculares al eje de los tornillos.
- Tipo de articulación para la transmisión de fuerzas paralelas al eje de los tornillos.

Para ambos casos se utilizarán los tornillos tradicionales, y no pretensados. En el primer tipo de articulaciones, el tornillo trabaja a cortante, siendo este el caso más utilizado y, en el segundo, sin embargo, a tracción.

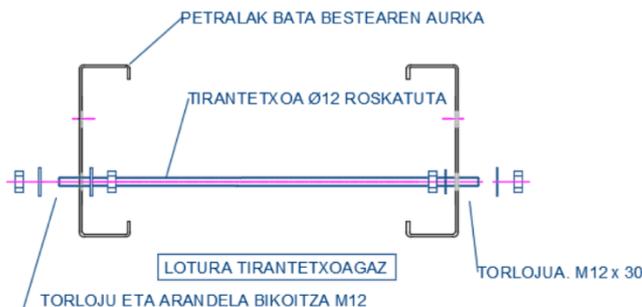


Ilustración 4.34. Unión de correas.

Se obtendrá linealidad gracias a la unión con empalmes, uniendo dos correas continuas. Las alas no se unirán, ya que, de ser así, el cerramiento no podría apoyarse sobre las correas y la parte inferior no podría conectarse a la estructura principal. La unión mediante el empalme será simétrica respecto a la sección horizontal del alma, trabajando los tornillos a cortante en ambos planos.

### UNIÓN DE LAS BARRAS DIAGONALES CON CORDONES SUPERIOR E INFERIOR

La unión será mediante soldadura hecha en el taller. Las secciones de los cordones superiores e inferiores será la misma; para las diagonales se utilizará también la misma sección, a excepción de las diagonales de los puntos más bajos, ya que soportan esfuerzos superiores y, por lo tanto, necesitarán mayor sección.

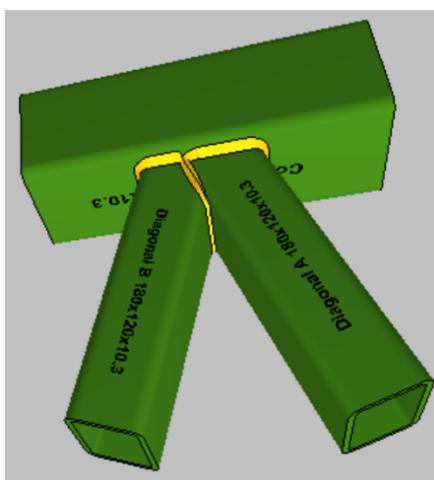


Ilustración 4.35. Unión del cordón superior con diagonales.

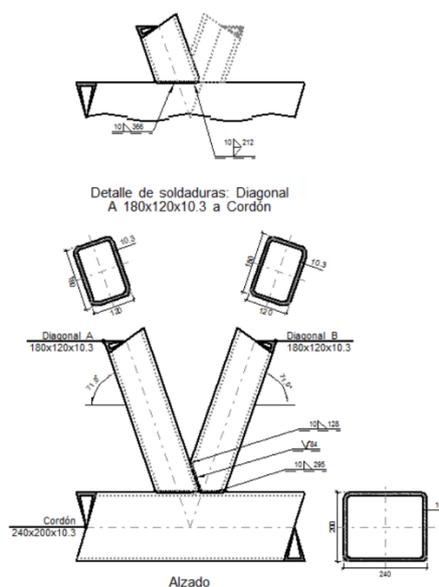


Ilustración 4.36. Detalle de unión cordón superior con diagonales.

## UNIÓN DEL CORDÓN INFERIOR CON DIAGONALES DEL PUNTO MAS BAJO

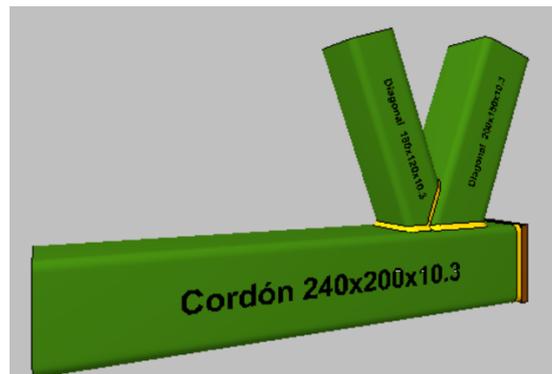


Ilustración 4.37. Unión cordón inferior con diagonal del punto más bajo.

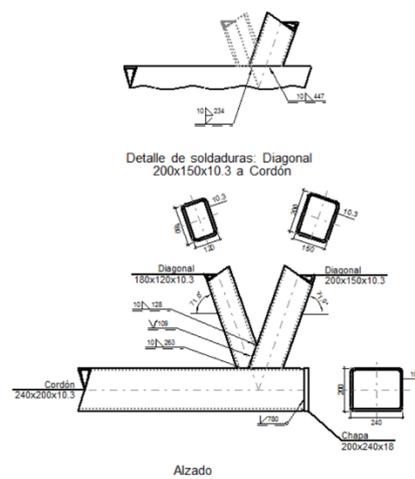


Ilustración 4.38. Detalle unión cordón inferior con diagonal del punto más bajo.

## UNIÓN CRUZ DE SAN ANDRÉS CON CERRAMIENTO

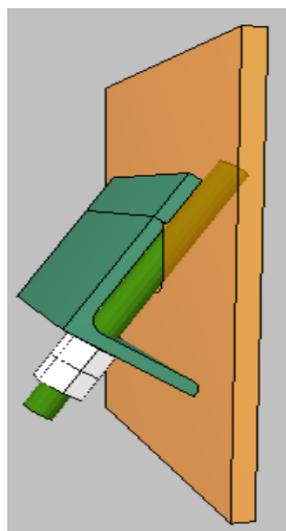


Ilustración 4.39. Unión Cruz de San Andrés y cerramiento.

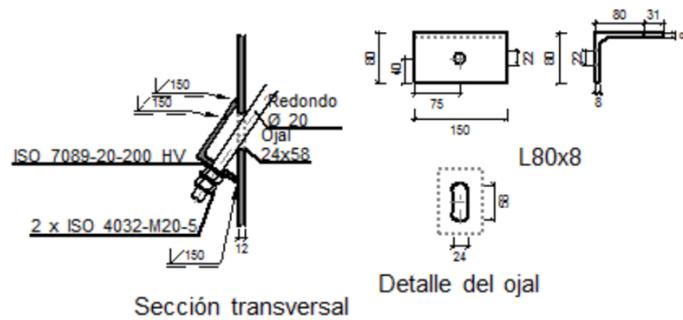


Ilustración 4.40. Detalle unión Cruz de San Andrés y cerramiento.

#### 4.1.10. INSTALACIONES Y ACONDICIONAMIENTO AMBIENTAL

##### **SANEAMIENTO Y ABASTECIMIENTO DE AGUA**

El saneamiento recogerá únicamente las aguas pluviales de cubierta mediante canalones lineales y bajantes de 160 mm de diámetro que conectarán con la red existente mediante arquetas y colectores soterrados.

No está prevista la instalación de abastecimiento de agua.

Para el dimensionamiento de los elementos que forman la instalación, se aplica la norma NTE-ISS, perteneciente al plan de saneamiento. Además, deberá cumplirse lo establecido en el DB SE-HS, el documento básico de salubridad.

##### **RECOGIDA DE AGUAS PLUVIALES**

Como dice el Código Técnico de Edificación, para el dimensionamiento de la instalación es necesario conocer la intensidad pluviométrica en cada zona. Para ello, se acudirá a la siguiente imagen, del apéndice B del DB.



Ilustración 4.41. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas.

La empresa se encuentra en Berango, Bizkaia, perteneciente a la zona A e isoyeta 50, por lo tanto, la intensidad pluviométrica es de 155 mm/h.

|         | Intensidad Pluviométrica i (mm/h) |    |    |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|-----------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Isoyeta | 10                                | 20 | 30 | 40  | 50  | 60  | 70  | 80  | 90  | 100 | 110 | 120 |
| Zona A  | 30                                | 65 | 90 | 125 | 155 | 180 | 210 | 240 | 275 | 300 | 330 | 365 |
| Zona B  | 30                                | 50 | 70 | 90  | 110 | 135 | 150 | 170 | 195 | 220 | 240 | 265 |

Tabla 4.60. Intensidad pluviométrica.

## CANALONES

Se colocarán seis canalones a ambos lados de la cubierta, serán de hojas galvanizadas de 1,5 mm de grosor. Cada canalón debe de ser capaz de evacuar el agua perteneciente a un sexto del área de la cubierta, es decir  $(58,5/3) * (43,33/2) = 422,37 \text{ m}^2$ . El diámetro nominal de los canalones semicirculares para la recogida de aguas pluviales, para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h, se obtiene de la siguiente tabla. Sera función de la pendiente y de la sección con la que se trabaja.

| Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) |     |     |     | 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                               |

Tabla 4.61. Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h.

Como ya se ha dicho, dicha tabla es para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h. Asimismo, como la intensidad necesaria es de 155 mm/h, será necesario aplicar un factor de corrección.

$$f = i / 100$$

donde i, será la intensidad pluviométrica de la zona deseada.

$$f = 155 / 100 = 1,55$$

Aplicando dicho factor de corrección para la sección perteneciente a cada canalón, se obtiene una sección de  $422,37 * 1,55 = 654,67 \text{ m}^2$ . El valor de sección que debe utilizarse, por lo tanto, será de  $930 \text{ m}^2$ , obteniéndose un diámetro nominal de 250 mm y de sección semicircular.

## SUMIDEROS

Para comunicar los canalones con las bajantes será necesario disponer de sumideros. Los agujeros serán parecidos, de modo que funcionan como desagüe de evacuación de la cubierta. El número de sumideros a utilizar será función de la sección total de la cubierta. Según dicha sección,  $S > 500 \text{ m}^2$  y, por lo tanto, se dispondrá de un sumidero cada  $150 \text{ m}^2$ , hasta un total de 6, según indica la siguiente tabla.

| Superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) | Número de sumideros      |
|---|--------------------------|
| $S < 100$   | 2                        |
| $100 \leq S < 200$  | 3                        |
| $200 \leq S < 500$  | 4                        |
| $S > 500$   | 1 cada $150 \text{ m}^2$ |

Tabla 4.62. Numero de sumideros.

### BAJANTES DE AGUAS PLUVIALES

El diámetro se calculará, una vez más, en función de la superficie de cubierta, atendiendo a la siguiente tabla:

| Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> ) | Diámetro nominal de la bajante (mm) |
|---|-------------------------------------|
| 65  | 50                                  |
| 113   | 63                                  |
| 177   | 75                                  |
| 318   | 90                                  |
| 580   | 110                                 |
| 805   | 125                                 |
| 1.544   | 160                                 |
| 2.700   | 200                                 |

Tabla 4.63. Diámetro nominal de las bajantes.

Por lo tanto, las bajantes serán de PVC y tendrán un diámetro nominal de 160 mm.

### COLECTORES DE AGUAS PLUVIALES

Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente. El diámetro de los colectores de aguas pluviales se obtiene en la siguiente tabla, para una pendiente del 4% y una sección de 930 m<sup>2</sup>.

| Superficie proyectada (m <sup>2</sup> ) |       |       | 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                                |

Tabla 4.64. Diámetro de los colectores de aguas pluviales.

Por lo tanto, los colectores conectados a las arquetas, serán de PVC y tendrán un diámetro de 200 mm.

### ARQUETAS DE AGUAS PLUVIALES

En la siguiente tabla 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.

| L x A [cm] | Diámetro del colector 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 |

Tabla 4.65. Dimensionado de las arquetas.

Para un diámetro de colector de 160 mm, las dimensiones calculadas de la arqueta serán de 60 x 60 cm.

## ELECTRICIDAD E ILUMINACIÓN

Según R.E.B.T y aprobado por R.D. 842/2002, se dispondrán los cuadros y cableados necesarios para alimentar las puertas de apertura rápida, luminarias para una iluminación general de 100 lux e iluminación de emergencia.

### **ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO**

La nave no precisa instalación de acondicionamiento térmico.

### **VENTILACIÓN**

La nave ventilará de forma natural a través de los huecos de la fachada.