

ESTRUCTURA PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA EN ALICANTE

REF. :



CLIENTE :



INFORME DE CÁLCULO DE ESTRUCTURA

2024/11/05

1. DATOS GENERALES6

1.1. Objeto del Documento6

1.2. Datos generales6

1.3. Descripción de la estructura7

2. MEMORIA DE CÁLCULO.....9

2.1. Sustentación del edificio9

2.1.1. Estudio del terreno9

2.1.1. Acondicionamiento del terreno9

2.2. Requisitos estructurales del edificio.....9

2.2.1. Exigencia básica de los sistemas constructivos9

2.2.2. Normativa y tipo de cálculo10

2.3. Sistema de cimentaciones.....10

2.3.1. Aspectos generales del sistema de cimentaciones.....10

2.3.1. Materiales de la cimentación10

2.3.2. Método de cálculo de la cimentación10

2.4. Sistema estructural11

2.4.1. Aspectos generales del sistema estructural11

2.4.2. Materiales de la estructura12

2.4.3. Método de cálculo de la estructura.....13

2.5. Acciones consideradas36

2.5.1. Cargas permanentes, nieve y de uso38

2.5.1. Cargas de viento.....39

2.5.1. Cargas térmicas49

2.5.1. Cargas sísmicas49

2.5.2. Cargas accidentales51

2.5.3. Empujes del terreno51

2.6. Clases de ejecución de la estructura.....51

2.6.1. Nivel de riesgo52

2.6.2. Condiciones de ejecución y riesgo52

2.6.3. Determinación de la clase de ejecución.....53

2.7. RESULTADOS DE CÁLCULO54

2.7.1. Verificación del Estado Límite Último54

2.7.2. Verificación del Estado Límite de Servicio (E.L.S)54

3. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.....56

4. CONCLUSIONES57

5. ANEJO DE CÁLCULO58

5.1. Combinaciones de carga.....59

5.2.....68

5.3. Listado de cálculo de la estructura metálica69

5.3.1. Geometría.....69

5.3.2. Diagramas de esfuerzos79

5.3.3. Verificación del Estado Límite Último82

5.3.4. Verificación del Estado Límite de Servicio (E.L.S)84

5.4. Listados de cálculo de uniones y arriostrados.....89

5.4.1. Cálculo de uniones89

5.4.2. Cálculo de arriostrados.....101

5.5. Listados de cálculo perfiles omega105

5.5.1. Cubierta.....105

5.6. Listados de Reacciones.....110

5.6.1. Identificación de nudos.....110

5.6.2. Listado de reacciones.....110

6. PLANOS ESTRUCTURALES.....118

1. DATOS GENERALES

1.1. Objeto del Documento

El presente documento consiste en un informe de cálculo de las unidades de obra que se indican a continuación:

- Estructura metálica para vivienda unifamiliar aislada en planta baja, con el empleo del sistema estructural de STARMODUL.

Queda fuera del ámbito de este documento cualquier otra unidad de obra no indicada anteriormente.

Este informe de cálculo estructural solamente es válido para la edificación descrita.

1.2. Datos generales

Las unidades de obra arriba descritas pertenecen al proyecto que se sitúa en el término municipal de Alicante,

Los principales agentes involucrados en el Proyecto que motiva el presente informe de cálculo son:

Cliente del encargo:

Alicante -

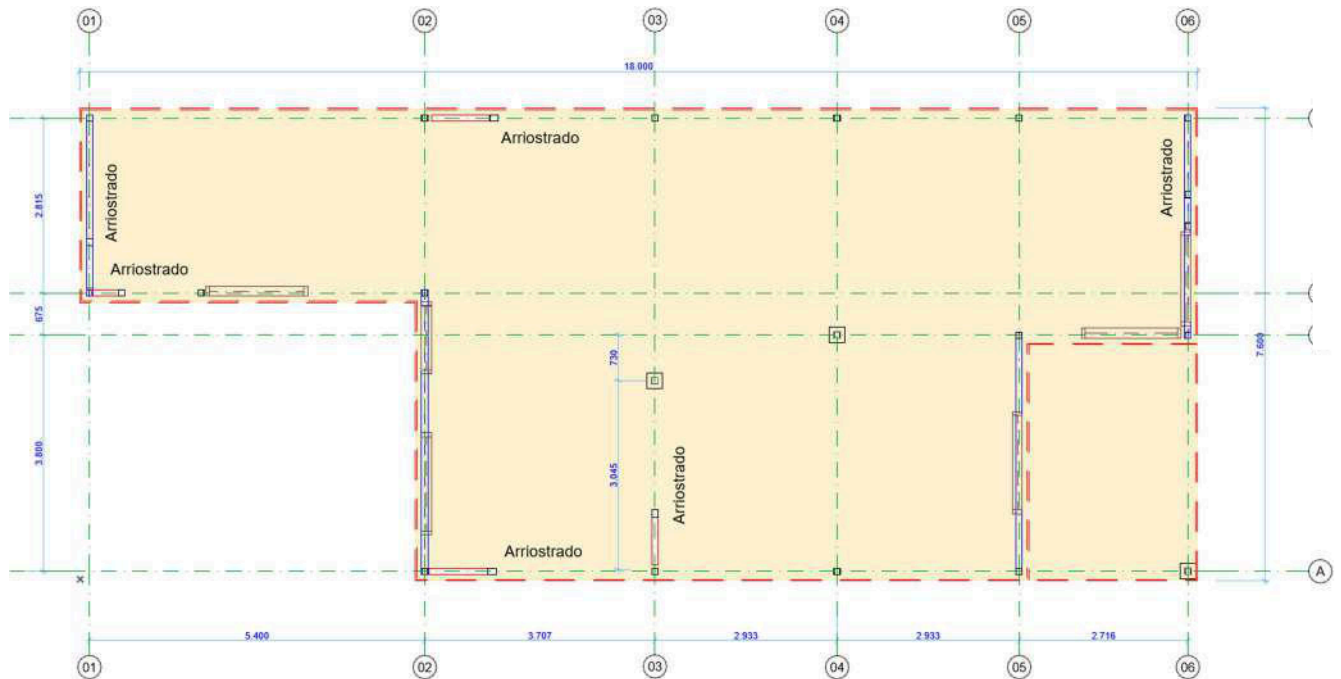
Consultor estructuras:

El consultor de estructuras y redactor del presente informe de cálculo es el Ingeniero industrial
adscrito en el

[Datos del cliente, de la dirección y del calculista retirados en esta versión de ejemplo.]

1.3. Descripción de la estructura

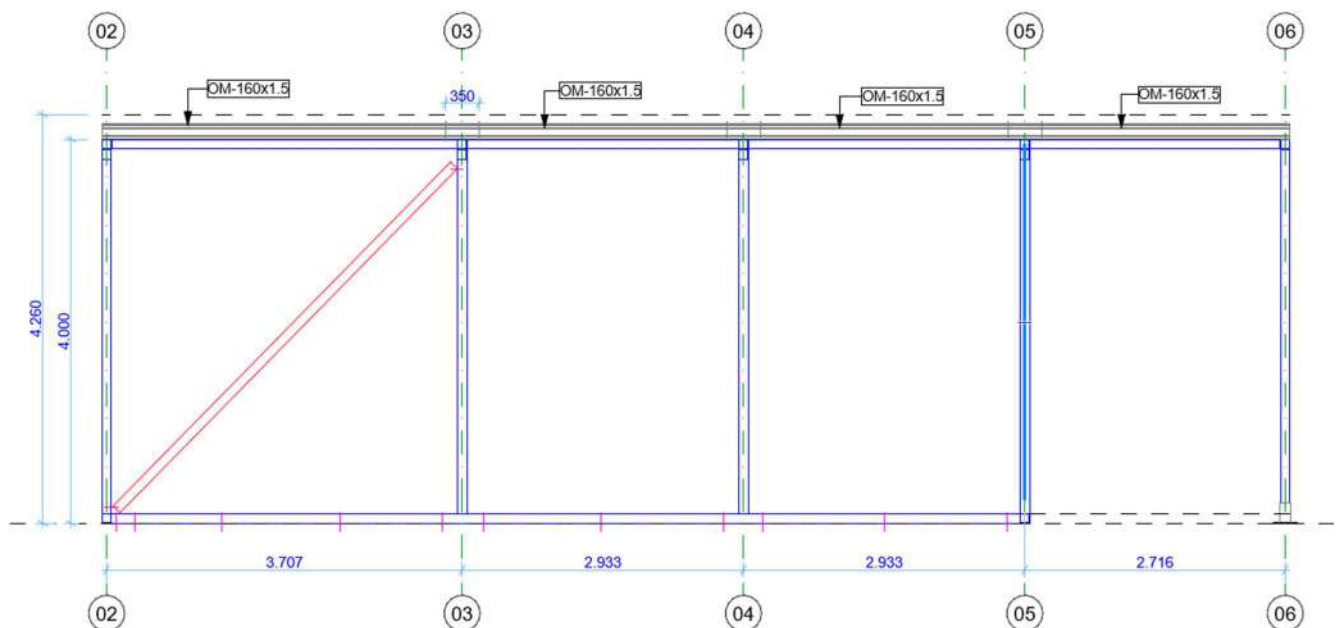
La estructura tiene una forma irregular:



Vista en planta

La superficie en planta aproximada es de: 112,63 m².

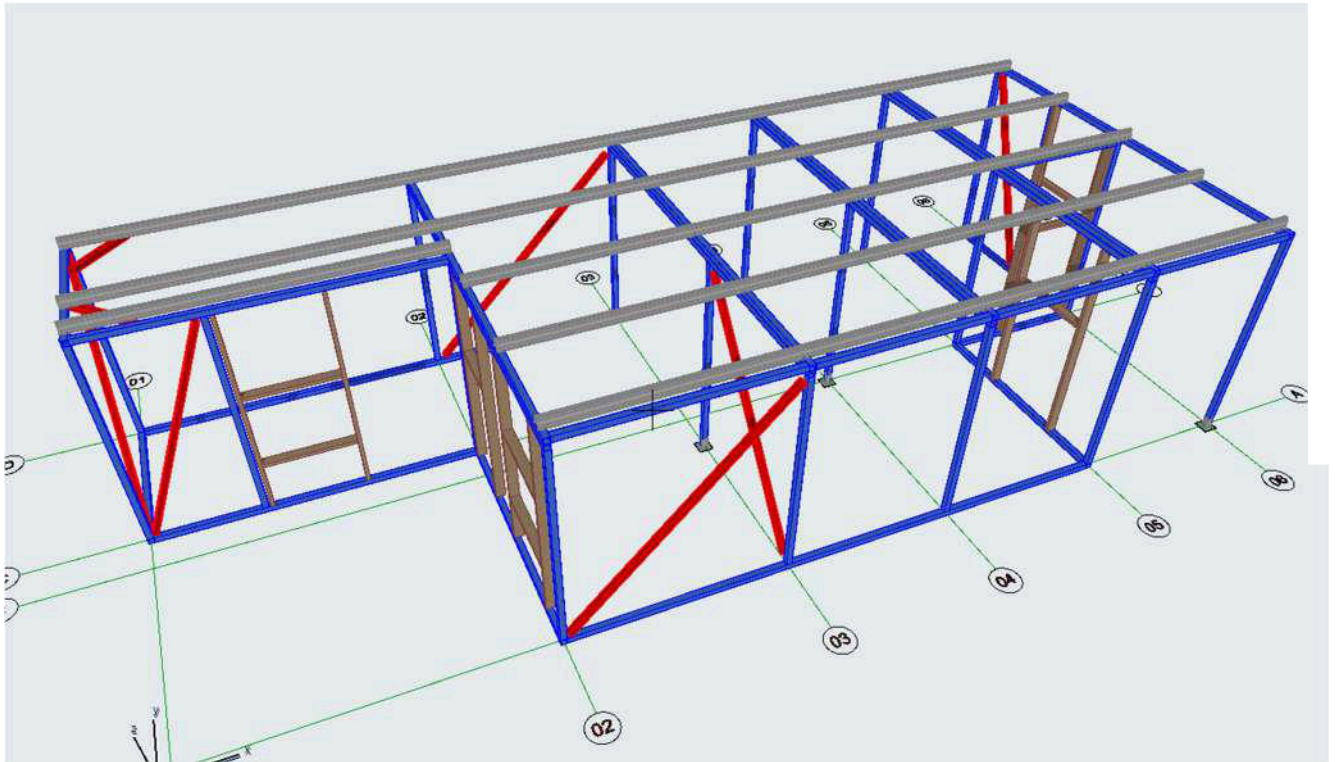
A continuación, se muestra la sección tipo:



Sección tipo

La altura hasta la primera cubierta plana es de 4,26 metros aproximadamente, y se estima que la altura total de la estructura

considerando la cubierta secundaria no superará los 4,5 metros.



Vista 3D estructura

Para dimensiones más exactas consultar con los planos arquitectónicos.

La estructura es metálica a base de perfiles tubulares de sección cuadrada, según su carga, y uniones atornilladas, que forman parte del sistema constructivo SISTEMA STARMODUL.

El sistema STARMODUL es un sistema constructivo altamente industrializado y de obra 'en seco'. La obra en seco utiliza elementos industrializados o prefabricados que permiten ejecutar cualquier tipo de obra en plazos más cortos, y de una forma mucho más limpia y respetuosa con el medio ambiente.

2. MEMORIA DE CÁLCULO

2.1. Sustentación del edificio

2.1.1. Estudio del terreno

No se incluye el cálculo de las cimentaciones en este informe de cálculo.

2.1.1. Acondicionamiento del terreno

No se incluye el cálculo de las cimentaciones en este informe de cálculo.

2.2. Requisitos estructurales del edificio

2.2.1. Exigencia básica de los sistemas constructivos

Las exigencias básicas de Seguridad Estructural son las indicadas en el Código Técnico de la Edificación.

El objetivo consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que puede estar sometido durante su construcción y vida útil prevista. Para cumplir dicho objetivo se establecen unas exigencias básicas establecidas en el CTE.

Exigencia básica SE.1: Resistencia y estabilidad.

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un acontecimiento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

Exigencia básica SE.2: Ascensos de servicio.

La aptitud de servicio será conforme al uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y que no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.

El periodo de servicio previsto para la estructura es de 50 años, el mínimo que contempla la citada normativa, aunque la construcción tiene un carácter temporal y es desmontable.

2.2.2. Normativa y tipo de cálculo

Normativa

Acciones:	Código Estructural, CTE DB SE-AE
Viento:	CTE DB SE-AE
Acero:	Código Estructural, EN 1993-1-3
Hormigón:	Código Estructural
Otros:	CTE DB SE-C

Método de cálculo de los esfuerzos

Método de altas prestaciones

Opciones de cálculo

Se realiza un cálculo de 2º orden, elástico.

Se considera un desplome lineal inicial de valor 1/200 en la dirección (1,000;0,000;0,000).

2.3. Sistema de cimentaciones

2.3.1. Aspectos generales del sistema de cimentaciones

No se incluye el cálculo de las cimentaciones en este informe de cálculo.

2.3.1. Materiales de la cimentación

No se incluye el cálculo de las cimentaciones en este informe de cálculo.

2.3.2. Método de cálculo de la cimentación

No se incluye el cálculo de las cimentaciones en este informe de cálculo.

2.4. Sistema estructural

2.4.1. Aspectos generales del sistema estructural

La estructura del presente proyecto consiste en una estructura metálica destinada a vivienda unifamiliar aislada en planta baja.

La estructura es metálica a base de perfiles tubulares de sección cuadrada, según su carga, y uniones atornilladas, que forman parte del sistema constructivo SISTEMA STARMODUL.

El sistema STARMODUL es un sistema constructivo altamente industrializado y de obra 'en seco'. La obra en seco utiliza elementos industrializados o prefabricados que permiten ejecutar cualquier tipo de obra en plazos más cortos, y de una forma mucho más limpia y respetuosa con el medio ambiente.

La estructura tiene una forma irregular.

Los elementos estructurales están formados perfiles tubulares de secciones cuadradas de dimensiones SHS-100x2 y SHS-100x3.

La estructura tubular es de calidad S-355-JR, pero de forma conservadora se considerará en los cálculos un material de calidad S-275-JR, con un límite elástico mínimo garantizado de $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$.

En el caso de las vigas de cubierta algunos elementos se doblan para tener más inercia, formando conjuntos de vigas con doble tubo SHS-100*3, empresilladas entre sí.

Las uniones están formadas por las piezas STARMODUL, y están atornilladas. Una vez montadas se complementan con tornillería auto taladrante y tornillos estructurales M10-8.8 según se indica en los planos.

Las estructuras secundarias para formación de huecos de puertas y ventanas se realizan con perfiles de madera de dimensión 60x160, con madera laminada de calidad GL-24H, y no se han tenido en cuenta en el cálculo estructural para mayor flexibilidad constructiva.

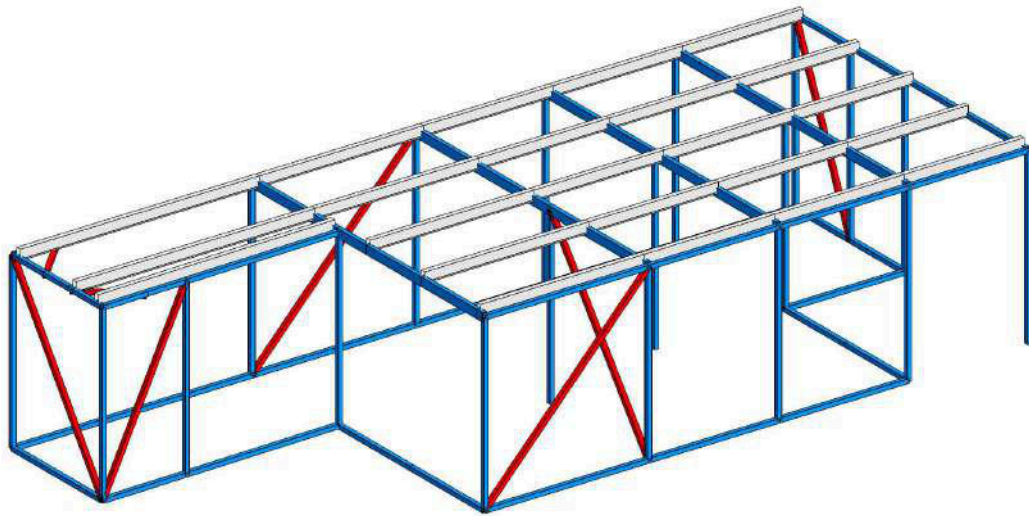
No se ha tenido en cuenta la resistencia al fuego de las estructuras de acero en los cálculos que forman parte de este informe de cálculo.

La estructura metálica se ha considerado en su globalidad y se ha modelado en 3 dimensiones.

Dadas las dimensiones del edificio, que no superan los 40 metros en ninguna de sus direcciones principales, no se han previsto juntas de dilatación para subdividir la estructura en diferentes zonas independientes.

Se incluyen los perfiles omega en el modelo estructural para tener en cuenta su peso y su comportamiento, pero se calculan con programas de cálculo específicos del fabricante, que tienen en cuenta el cálculo de secciones delgadas de acero.

Modelo estructural completo:



Modelo estructura completo

La estructura dimensionada se compone de los siguientes perfiles:

Conjunts	Sèrie	Perfil	Unió	Foc	Únic ele...	G...	Co...
OMEGA	_OF	200.1,5				3	
RHS-200*100*3	RHSH	200x100...				3	
SHS-100*2	SHSC	100x2				3	
SHS-100*3	SHSC	100x3				3	

Los principales detalles del cálculo estructural se describen en este documento.

2.4.2. Materiales de la estructura

Perfiles omegas:

S280-GD+Z $f_y = 280 \text{ N/mm}^2$ $f_u = 360 \text{ N/mm}^2$; según UNE-EN 10346

Coeficientes de minoración: 1.05; 1.05; 1.25

Perfiles tubulares, laminados en caliente, arriostramientos y placas:

S275-JR $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$ $f_u = 430 \text{ N/mm}^2$; según UNE-EN 10025-2

Coeficientes de minoración: 1.05; 1.05; 1.25

Perfiles de madera:

Madera LAMINADA HOMOGENEA GL24H

Resistencia a flexión:	24,0 MPa
Resistencia a tracción paralela:	16,5 MPa
Resistencia a compresión paralela:	24,0 MPa
Resistencia a cortante:	2,7 MPa
Resistencia a tracción perpendicular:	0,4 MPa
Resistencia a compresión perpendicular:	2,7 MPa
Coeficiente de minoración:	1,25

NOTA: no se han considerado en el cálculo.

Tornillos estructurales:

Los tornillos ordinarios son de calidad 8.8

Límite elástico mínimo f_{yb} y resistencia a tracción mínima f_{ub}
de los tornillos (N/mm²)

Tipo	Tornillos ordinarios			Tornillos de alta resistencia	
Grado	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb}	240	300	480	640	900
f_{ub}	400	500	600	800	1.000

2.4.3. Método de cálculo de la estructura

El cálculo de la estructura ha sido realizado mediante el programa TRICALC de Cálculo Espacial de Estructuras Tridimensionales, versión 2025.0.1, de la empresa ARKTEC, S.A.

2.4.3.1. GEOMETRÍA*2.4.3.1.1. Sistemas de coordenadas*

Se utilizan tres tipos de sistemas de coordenadas:

- **SISTEMA GENERAL:** Es el sistema de coordenadas utilizado para situar elementos en el espacio. Está constituido por el origen de coordenadas O_g y los ejes X_g , Y_g y Z_g , formando un triedro. Los ejes X_g y Z_g definen el plano horizontal del espacio, y los planos formados por X_gY_g y Y_gZ_g son los verticales.
- **SISTEMA LOCAL:** Es el sistema de coordenadas propio de cada una de las barras de la estructura y depende de su situación y orientación en el espacio. Cada barra tiene un eje de coordenadas local para cada uno de sus nudos i y j , a los que se denominará $[O_i, X_i, Y_i, Z_i]$ y $[O_j, X_j, Y_j, Z_j]$, respectivamente. Los ejes locales se definen de la siguiente manera:
 - Ejes Locales en el NUDO i :
- El origen de coordenadas O_i está situado en el nudo i .
- El eje X_i se define como el vector de dirección j_i .
- El eje Y_i se selecciona perpendicular a los ejes X_i y Z_g , de forma que el producto vectorial de Z_g con X_i coincida con Y_i .

- El eje Z_i se determina por la condición de ortogonalidad que debe cumplir el triedro formado por X_i , Y_i y Z_i .
 - Ejes Locales en el NUDO j :
- El origen de coordenadas O_j está situado en el nudo j .
- El eje X_j se define como el vector de dirección ij .
- El eje Y_j se selecciona perpendicular a los ejes X_j y Z_g , de forma que el producto vectorial de Z_g con X_j coincida con Y_j .
- El eje Z_j se determina por la condición de ortogonalidad que debe cumplir el triedro formado por X_j , Y_j y Z_j .
 - **SISTEMA PRINCIPAL:** Es el sistema de coordenadas que coincide con el sistema de ejes principales de inercia de la sección transversal de una barra. Se obtiene mediante una rotación de valor un ángulo β , entre los ejes Y local e Y principal de su nudo de menor numeración, medido desde el eje Y local en dirección a Z local.

El sistema de coordenadas general $[O_g, X_g, Y_g, Z_g]$ se utiliza para definir las siguientes magnitudes:

- Coordenadas de los nudos.
- Condiciones de sustentación de los nudos en contacto con la cimentación (apoyos, empotramientos, resortes y asientos).
- Cargas continuas, discontinuas, triangulares y puntuales aplicadas en las barras.
- Fuerzas y momentos en los nudos.
- Desplazamientos en los nudos y reacciones de aquellos en contacto con el terreno, obtenidos después del cálculo.

El sistema de coordenadas principal $[O_p, X_p, Y_p, Z_p]$ se utiliza para definir las siguientes magnitudes:

- Cargas de temperaturas, con gradiente térmico a lo largo del eje Y_p o Z_p de la sección.
- Cargas del tipo momentos flectores y torsores en barras.
- Resultados de solicitaciones de una barra.
- Gráficas de las solicitaciones principales.

2.4.3.1.2. Definición de la geometría

La estructura se ha definido como una malla tridimensional compuesta por barras y nudos. Se considera barra al elemento que une dos nudos. Las barras son de directriz recta, de sección constante entre sus nudos, y de longitud igual a la distancia entre el origen de los ejes locales de sus nudos extremos.

Las **uniones de las barras** en los nudos pueden ser de diferentes tipos:

- **UNIONES RIGIDAS**, en las que las barras transmiten giros y desplazamientos a los nudos.
- **UNIONES ARTICULADAS**, en las que las barras transmiten desplazamientos a los nudos pero no giros.
- **UNIONES ELASTICAS**, en las que se define un porcentaje a los tres giros, en ejes principales de barra.

Las **condiciones de sustentación** impuestas a los nudos de la estructura en contacto con la cimentación, condiciones de sustentación, permiten limitar el giro y/o desplazamiento en los ejes generales. Según las distintas combinaciones de los seis posibles grados de libertad por nudo, se pueden definir diferentes casos:

- **NUDOS LIBRES**: desplazamientos y giros permitidos en los tres ejes de coordenadas.(-----).
- **NUDOS ARTICULADOS**: sin desplazamientos, con giros permitidos en los tres ejes.(XYZ---).
- **NUDOS EMPOTRADOS**: desplazamientos y giros impedidos. Empotramiento perfecto.(XYZXYZ).
- **APOYOS VERTICALES**: desplazamientos permitidos respecto a los ejes X_g y Z_g , y giros permitidos en los tres ejes.(-Y- ---).
- **APOYOS HORIZONTALES** en X : desplazamientos permitidos respecto a los ejes Y_g y Z_g , y giros permitidos en los tres ejes.(X-----).
- **APOYOS HORIZONTALES** en Z : desplazamientos permitidos respecto a los ejes X_g e Y_g , y giros permitidos en los tres ejes.--Z---).
- **RESORTES o APOYOS ELASTICOS**: desplazamientos respecto a los ejes $X_g/Y_g/Z_g$ definidos por las constantes de rigidez $K_{dx}/K_{dy}/K_{dz}$, giros respecto a dichos ejes definidos por las constantes de rigidez $K_{gx}/K_{gy}/K_{gz}$. Es posible definir en un nudo condiciones de sustentación y resortes, en diferentes ejes.

Se han previsto **ASIENTOS** en nudos, teniéndose en cuenta para el cálculo de solicitaciones los esfuerzos producidos por el desplazamiento de dichos nudos.

Los códigos expresados al final de cada tipo de apoyo, se recogen en diferentes listados del programa.

2.4.3.1.3. Ejes de cálculo

Se permite considerar como ejes de cálculo o las barras que el usuario defina (las líneas que unen dos nudos) o el eje físico (geométrico) de las secciones de las barras (ver LISTADO DE OPCIONES).

En el primer caso, si se considera necesario, se podrán introducir de forma manual en el cálculo los efectos que puedan producir la diferencia de situación entre los ejes de cálculo y los ejes físicos de las secciones transversales de las barras, mediante la introducción de acciones adicionales, fuerzas y momentos, o mediante la modelización de los nudos como elementos con dimensión.

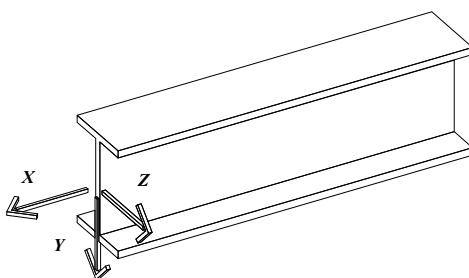
En el caso de considerar como ejes de cálculo los ejes geométricos de las piezas, se pueden utilizar como luz de las barras diferentes criterios, entre los que se encuentra el adoptado por la EHE-08, la distancia entre apoyos.

2.4.3.1.4. Barras y tirantes

Existe la posibilidad de trabajar con tirantes, de forma que el programa considere que las barras definidas como tales, sólo absorben esfuerzos de tracción no aportando ninguna rigidez cuando se someten a compresión. El cálculo de los tirantes debe hacerse en el cálculo en 2º orden, ya que sólo posteriormente a un cálculo en 1º orden es posible detectar las combinaciones en las que los tirantes están trabajando a compresión, y entonces eliminarlos de la matriz de rigidez de la estructura, y volver a calcular la estructura. La libertad de geometría para definir las barras-tirante dentro de la estructura es total: pueden unirse nudos a distinta cota, fachadas de naves, nudos en la misma planta,... sin necesidad de formar recuadros rectangulares arriostrados.

2.4.3.1.5. Criterio de signos de los listados de solicitaciones

Los listados de 'Solicitaciones' y 'Por Secciones', que se obtienen mayorados, se realizan según los ejes principales del nudo inicial de las barras (X_p , Y_p , Z_p). El criterio de signos utilizado es el siguiente:



Ejes Principales en el nudo inicial de una barra

- Axiles F_x . Un valor negativo indicará compresión, mientras que uno positivo, tracción.
- Cortantes V_y . Un valor positivo indicará que la tensión de cortadura de una rebanada, en la cara que se ve desde el nudo inicial, tiene el mismo sentido que el eje Y_p .
- Cortantes V_z . Un valor positivo indicará que la tensión de cortadura de una rebanada, en la cara que se ve desde el nudo inicial, tiene el mismo sentido que el eje Z_p .
- Momentos Flectores M_y (plano de flexión perpendicular a Y_p). En el caso de vigas y diagonales cuyo plano de flexión no sea horizontal (es decir, su eje Z_p no es horizontal), se utiliza el criterio habitual: los momentos situados por encima de la barra (la fibra traccionada es la superior) son negativos, mientras que los situados por debajo (la fibra traccionada es la inferior) son positivos.
En el caso de vigas y diagonales cuyo plano de flexión sea horizontal (su eje Z_p es horizontal), y en el caso de pilares, se utiliza el siguiente criterio: los momentos situados hacia el eje Z_p positivo son positivos, mientras que los situados hacia el eje Z_p negativo son negativos.
- Momentos Flectores M_z (plano de flexión perpendicular a Z_p). En el caso de vigas y diagonales cuyo plano de flexión no sea horizontal (es decir, su eje Y_p no es horizontal), se utiliza el criterio habitual: los momentos situados por encima de la barra (la fibra traccionada es la superior) son negativos, mientras que los situados por debajo (la fibra traccionada es la inferior) son positivos.
En el caso de vigas y diagonales cuyo plano de flexión sea horizontal (su eje Y_p es horizontal), y en el caso de pilares, se utiliza el siguiente criterio: los momentos situados hacia el eje Y_p positivo son positivos, mientras que los situados hacia el eje Y_p negativo son negativos.

- Momentos Torsores Mx. El momento torsor será positivo si, vista la sección desde el eje Xp de la barra (desde su nudo inicial), ésta tiende a girar en el sentido de las agujas del reloj.

2.4.3.2. CARGAS

2.4.3.2.1. Hipótesis de cargas

- Hipótesis de cargas contempladas:
- HIPOTESIS 0: CARGAS PERMANENTES.
- HIPOTESIS 1 y 2, 7 y 8, 9 y 10: SOBRECARGAS ALTERNATIVAS.
- HIPOTESIS 3, 4, 25 y 26: VIENTO.
Se considera la acción del viento sobre el edificio según cuatro direcciones horizontales perpendiculares. Dentro de cada dirección se puede tener en cuenta que el viento actúa en los dos sentidos posibles, es decir, en hipótesis 3 y -3, 4 y -4, 25 y -25, y 26 y -26.
- HIPOTESIS 5, 6 y 24: SISMO.
Se considera la acción del sismo sobre el edificio según dos direcciones horizontales perpendiculares, una en hipótesis 5 definida por un vector de dirección $[x,0,z]$ dada y otra en hipótesis 6 definida por el vector de dirección perpendicular al anterior. Dentro de cada dirección se tiene en cuenta que el sismo actúa en los dos sentidos posibles, es decir, en hipótesis 5 y -5, y en hipótesis 6 y -6. Si se selecciona norma NCSE, las direcciones de actuación del sismo son las de los ejes generales; opcionalmente se puede considerar la actuación del sismo vertical en hipótesis 24 y -24 definida por el vector $[0,Yg,0]$.
Para verificar los criterios considerados para el cálculo del sismo (según NTE-ECS y NBE-PDS1/74 o según NCSE-94 ó NCSE-02): ver LISTADO DE OPCIONES.
- HIPOTESIS 11 a 20: CARGAS MOVILES.
- HIPOTESIS 21: TEMPERATURA.
- HIPOTESIS 22: NIEVE.
- HIPOTESIS 23: CARGA ACCIDENTAL.

Para verificar los coeficientes de mayoración de cargas y de simultaneidad, aplicados en cada hipótesis de carga: ver LISTADO DE OPCIONES.

2.4.3.2.2. Reglas de combinación entre hipótesis

- HIPOTESIS 0: CARGAS PERMANENTES
Todas las combinaciones realizadas consideran las cargas introducidas en hipótesis 0.
- HIPOTESIS 1 y 2, 7 y 8, 9 y 10: SOBRECARGAS ALTERNATIVAS
Se combinan las cargas introducidas en hipótesis 1 y 2, 7 y 8, 9 y 10 de forma separada y de forma conjunta. Dado su carácter alternativo, nunca se realizan combinaciones de cargas introducidas en hip. 1 y 2 con cargas introducidas en hip. 7 y 8, o cargas introducidas en hip. 7 y 8 con cargas en hip. 9 y 10.
- HIPOTESIS 3, 4, 25 y 26: VIENTO
Nunca se considera la actuación simultánea de las cargas introducidas en estas hipótesis.
- HIPOTESIS 5, 6 Y 24: SISMO
Nunca se considera la actuación de forma conjunta de las cargas introducidas en hip. 5 y 6 (salvo si se activa la opción "considerar la regla del 30%"), ni de éstas con la hip.24, sismo vertical.
- HIPOTESIS 11 a 20: CARGAS MOVILES
No se realiza ninguna combinación en la que aparezca la acción simultánea de las cargas introducidas en estas hipótesis.
- HIPOTESIS 21: TEMPERATURA
Las cargas de esta hipótesis se combinan con las introducidas en hipótesis 23. No se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo.
- HIPOTESIS 22: NIEVE
Las cargas de esta hipótesis no se combinan con las introducidas en hipótesis 23. Tampoco se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo.

■ HIPOTESIS 23: CARGA ACCIDENTAL

Las cargas de esta hipótesis no se combinan con las introducidas en hipótesis 21 y 22. Tampoco se combinan con las que se introduzcan en hipótesis de viento y sismo.

Los coeficientes de combinación de hipótesis aplicados vienen definidos en el LISTADO DE OPCIONES. También es posible obtener el listado de las combinaciones realizadas en una estructura, material y estado límite concretos.

Las combinaciones de hipótesis efectuadas de forma automática por el programa, se desglosan en el apartado correspondiente a cada normativa y material.

2.4.3.2.3. Opciones

Se han utilizado las opciones de cargas recogidas en el listado de OPCIONES que acompaña a la estructura, en particular las relativas a:

- Consideración o no automática del peso propio de las barras de la estructura.
- Consideración de las cargas introducidas en la hipótesis 3, 4, 25 y 26 (Viento ACTIVO), y en las hipótesis 5, 6 y 24 (Sismo ACTIVO).
- Sentido positivo y negativo ($\pm$) considerado en las hipótesis 3, 4, 25, 26, 5, 6 y 24.

2.4.3.2.4. Acción del sismo según la Norma NCSE-94 y NCSE-02

El cálculo de las cargas sísmicas se realiza mediante un análisis modal espectral de la estructura, método propuesto como preferente por la norma NCSE-94 (Art. "3.6.2. Análisis modal espectral") y NCSE-02 (Art. "3.6.2. Análisis mediante espectros de respuesta").

El programa introduce en la estructura, sobre cada plano horizontal donde haya un forjado unidireccional, reticular o de losa y para cada modo de vibración, dos cargas puntuales (según las dos direcciones de los ejes horizontales generales X y Z) aplicadas a una distancia (excentricidad definida por la norma) del centro de masas del plano, y dos momentos como resultado de situar dichas cargas en el nudo de mayor numeración del plano para que coincidan con un nudo de la estructura.

En el caso de forjados unidireccionales las cargas son del tipo 'Puntual en Nudo' y 'Momento en Nudo'. En el caso de forjados reticulares y de losa las cargas son del tipo 'Puntual en Plano' y 'Momento en Plano'. Sobre cada uno de los nudos donde no haya forjado horizontal se introducen las dos cargas puntuales horizontales según los ejes X y Z. Si existe sismo vertical, se añade una tercera carga puntual en la dirección del eje Y.

Si se han definido forjados horizontales, en el cálculo de las cargas sísmicas por el método dinámico se considera como hipótesis la indeformabilidad de los forjados horizontales en su plano. Se define como "grupo" el conjunto de nudos de una estructura incluidos dentro del perímetro de un forjado unidireccional, reticular o de losa horizontales. Todos los nudos incluidos en un mismo "grupo" tiene relacionados sus grados de libertad correspondientes a los desplazamientos en los ejes Xg y Zg, y al giro en eje Yg.

Análisis Modal Espectral

Este método, considerado de tipo 'dinámico', consta, fundamentalmente, de los siguientes pasos:

- Obtención, para cada dirección de sismo a considerar por separado o globalmente, de los valores y vectores propios del sistema de ecuaciones

$$[[K] - \omega^2 [M]] \cdot \{\Phi\} = 0$$

donde

K:	Matriz de rigidez en la dirección o direcciones consideradas
ω :	Frecuencia angular de excitación (raíz cuadrada del valor propio)
M:	Matriz de masa de la estructura
Φ :	Vector propio

- Obtención, para cada modo de vibración y cada dirección, de la aceleración impuesta a cada punto de la estructura, utilizando para ello una función de "respuesta espectral".
- Obtención, para cada modo de vibración y cada dirección, de las cargas estáticas equivalentes impuestas a cada punto de la estructura (recuérdese que fuerza es igual a masa por aceleración), y en función de ellas, todos los esfuerzos.

- Combinación, para cada dirección, de los desplazamientos, giros y esfuerzos obtenidos en los diferentes modos de vibración para obtener los desplazamientos, giros y solicitaciones ponderados de cada dirección de sismo.

Direcciones de sismo consideradas

Tricalc considera, como direcciones de actuación del sismo, las de los ejes generales (X+, X-, Z+, Z-, Y+ y Y-). Dichas direcciones corresponden a las hipótesis del programa 5, 6 y 24, respectivamente. Ya que no es predecible la dirección en la que se sitúa el epicentro de un terremoto respecto al edificio, basta considerar dos direcciones horizontales de sismo independientes y ortogonales entre sí.

A los efectos de considerar la acción del sismo de una dirección en la otra, es posible utilizar un coeficiente de mayoración de las acciones sísmicas incrementado en el factor 1,12, o utilizar la regla del 30% (ver el LISTADO DE OPCIONES).

La consideración del sismo vertical (Y+, Y-) es opcional (vea el LISTADO DE OPCIONES).

Modelización y grados de libertad

Para la correcta evaluación de la acción sísmica, es necesario que la estructura se encuentre predimensionada y con todas las cargas introducidas.

A los efectos de evaluación de cargas sísmicas, la estructura se modeliza como un conjunto de barras con las masas concentradas en los nudos. Esta modelización es aceptable para la mayoría de las situaciones, aunque en algunos casos (sismo vertical de una gran viga cargada uniformemente, por ejemplo) no es correcto trasladar las cargas a los nudos. Se consideran sólo los nudos situados sobre la rasante cuyo movimiento en la dirección de estudio no esté coaccionado mediante un apoyo. Es decir, se considera que toda la estructura bajo la rasante se mueve solidariamente con el terreno durante el sismo.

La modelización de la estructura se puede realizar separadamente para cada dirección de estudio o bien globalmente. (ver el LISTADO DE OPCIONES).

Es opcional (ver el LISTADO DE OPCIONES) la consideración del giro alrededor de un eje vertical como grado de libertad. En este caso, se considera que los nudos situados en un forjado horizontal indeformable rotan alrededor del centro de rigideces de dicho forjado, mientras que el resto lo hacen sobre sí mismos.

También es opcional (ver LISTADO DE OPCIONES) considerar el giro alrededor de los ejes X y Z generales (opción 'SIN CONDENSACIÓN') o no (opción 'CON CONDENSACIÓN').

Si se habilita la consideración de forjados horizontales indeformables en su plano, (lo que equivale a considerar los forjados horizontales infinitamente rígidos en su plano) los forjados tendrán un único grado de libertad en las direcciones horizontales del sismo y en el giro alrededor del eje Yg.

El terreno se considera un sólido rígido, lo cual, en general, está del lado de la seguridad. Para que esta simplificación sea correcta, se deben evitar estructuras cuya dimensión en planta supere la de la longitud de las ondas sísmicas, del orden de 100 metros.

Matriz de masa considerada: masa traslacional y masa rotacional

Tricalc calcula la matriz de masa, matriz diagonal en la que las masas de cada nodo, grado de libertad, se sitúan en la diagonal.

Los grados de libertad traslacionales (2 desplazamientos horizontales más, opcionalmente, un desplazamiento vertical) están asociados a masas traslacionales. Para el cálculo de dichas masas traslacionales, se considera la componente vertical de las cargas equivalentes aplicadas en los nudos. Tienen por tanto unidades de masa.

Es opcional (ver LISTADO DE OPCIONES) la consideración de un grado de libertad rotacional (rotación alrededor del eje vertical). Este grado de libertad está asociado a masas rotacionales. Para el cálculo de dichas masas rotacionales, se considera la componente vertical de las cargas equivalentes aplicadas en los nudos multiplicada por la distancia al cuadrado entre el punto de aplicación de la carga y la posición del eje de rotación considerado. Tienen por tanto unidades de masa por distancia al cuadrado.

En todo caso, ambos tipos de masa son multiplicados por los siguientes coeficientes:

$$0 + \alpha \cdot [\text{máx.}(1+2, 7+8, 9+10) + (11+12+\dots+20)/\text{NMov}] + \beta \cdot 21$$

donde

'0'

es la hipótesis de carga permanente.

'1+2', '7+8' y '9+10'	son las parejas de cargas alternativas (sobrecargas de uso y tabiquería).
'11' a '20'	son las hipótesis de cargas móviles (puentes grúa, por ejemplo).
'21'	es la hipótesis de carga de nieve.
'α'	es un factor, entre 0,3 y 0,6 (NCSE-94) ó 0,5 y 0,6 (NCSE-02), función del uso del edificio.
'β'	es 1,0 ó 0,3 (NCSE-94), 0,5 ó 0,0 (NCSE-02) en función del tiempo de permanencia de la nieve (nº de días / año).
'NMov'	es el número de cargas móviles activas.

Obtención de los valores y vectores propios

El programa calcula, para cada dirección de forma separada o conjuntamente para todos los grados de libertad considerados, los valores y vectores propios resultantes del sistema de ecuaciones:

$$([K] - \omega^2[M]) \cdot \{\Phi\} = 0$$

Los valores propios, los valores de ω para los que el sistema tiene una solución no trivial, representan las frecuencias angulares de vibración propias de la estructura, en la dirección considerada (frecuencias naturales). En una estructura existen tantos modos de vibración como grados de libertad. Si bien la norma NCSE obliga a considerar tres modos de vibración en cada dirección cuando el estudio se realiza de forma separada en cada dirección, y cuatro globales cuando el estudio se realiza de modo global, Tricalc almacena y utiliza los 30 primeros modos de vibración, correspondientes a los 30 primeros períodos de vibración, ordenados de mayor a menor. De esos hasta 30 modos, se puede indicar cuántos se desea utilizar para la obtención de esfuerzos. Los períodos de vibración vienen dados por la expresión

$$T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega}$$

Obtención de la masa participante de cada modo

El tanto por ciento de masa participante, Mpd , en el modo de vibración 'k' y la dirección 'd', viene dado por la expresión:

$$\%Mp_d = \frac{\left(\sum_{i=1}^n M_{d,i} \cdot \Phi_{d,k,i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n M_i \cdot \Phi_{k,i}^2} \cdot \frac{100}{\sum_{i=1}^n M_{d,i}}$$

$$\sum_{i=1}^n M_i \cdot \Phi_{k,i}^2 = \sum_{i=1}^n M_{x,i} \cdot \Phi_{x,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{y,i} \cdot \Phi_{y,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{z,i} \cdot \Phi_{z,k,i}^2 + \sum_{i=1}^n M_{yy,i} \cdot \Phi_{yy,k,i}^2 = 1.0$$

siendo

n:	Número de grados de libertad.
$M_{x,i}$:	Masa traslacional en la dirección 'x' del grado de libertad 'i'.
$M_{yy,i}$:	Masa rotacional sobre el eje vertical 'y' del grado de libertad 'i'.
$\Phi_{x,k,i}$:	Componente del vector propio correspondiente a la traslación 'x', modo de vibración 'k' y grado de libertad 'i'.
$\Phi_{yy,k,i}$:	Componente del vector propio correspondiente a la rotación 'y', modo de vibración 'k' y grado de libertad 'i'.

Obtención de la aceleración característica

La aceleración lineal característica de un determinado período de vibración se calcula mediante una expresión función del período propio de vibración, de la zona sísmica, del tipo de terreno y de la amortiguación y ductilidad consideradas. Para ello se suelen utilizar gráficos de respuesta espectral normalizados para una aceleración del terreno de 1g (9,806 m/s²), en los que en eje X se sitúa el período de vibración natural del edificio, y en eje Y se obtiene la aceleración característica. En la Norma NCSE los espectros de respuesta están normalizados para una aceleración del terreno de 1 m/s².

Aceleración rotacional

Tricalc permite considerar, de forma opcional las acciones sísmicas rotacionales: es decir, que el terreno, además de desplazarse horizontal y verticalmente, puede rotar durante un sismo. Para ello, es necesario disponer de las aceleraciones angulares producidas por un sismo, por ejemplo mediante gráficas de respuesta espectral en los que en abscisas se entre por períodos o frecuencias naturales y en ordenadas se obtengan aceleraciones angulares (rad / s²). Dado que dichos espectros no están actualmente disponibles (están fuera del alcance de la actual ciencia sismológica), Tricalc permite introducir un factor que multiplicado por la aceleración lineal producida en cada modo de vibración, obtiene la aceleración angular correspondiente.

Zonas sísmicas

La norma NCSE determina la situación de un edificio por dos valores: la aceleración sísmica básica y el coeficiente de contribución.

La aceleración sísmica básica es la aceleración horizontal sufrida por el terreno en un terremoto con un período de retorno de 500 años. Sus valores, en España, se sitúan entre 0 y 0,25·g, siendo 'g' la aceleración de la gravedad.

La aceleración sísmica de cálculo es la aceleración con la que se debe calcular la estructura. En NCSE-94 viene dada por un factor, entre 1,0 y 1,3, que multiplica la aceleración sísmica básica en función de la importancia de la edificación. Dicha importancia se determina mediante el período de vida estimado, 50 años para edificios de normal importancia y 100 años para edificios de especial importancia. En NCSE-02 viene también afectado por un coeficiente S de amplificación del suelo.

El coeficiente de contribución, K, tiene en cuenta la distinta contribución a la peligrosidad sísmica en cada punto de España de la sismicidad de la Península y de la proximidad a la falla Azores - Gibraltar. Sus valores se sitúan entre 1,0, para todo el territorio nacional salvo Andalucía occidental y sudoeste de Extremadura, y 1,5.

Combinación de los diferentes modos de vibración

Dado que el edificio vibra a la vez en todos sus modos, es necesario sumar los efectos combinados de todos ellos. Es lo que se denomina 'superposición modal espectral'.

Tricalc utiliza la 'Combinación Cuadrática Completa', tal como indica la norma NCSE-94 (En NCSE-02 se indica el método de la Raíz Cuadrada de la Suma de Cuadrados modificado, que el programa no utiliza). Para cada nudo o barra, el efecto ponderado 'S', que puede ser el desplazamiento, la velocidad, la aceleración o un esfuerzo, viene dado por la expresión:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r |S_i| \cdot |S_j| \cdot \pi_{ij}}$$

$$\pi_{ij} \equiv \pi_{ji} = \frac{8 \cdot v^2 \cdot (1 + f) \cdot f^{3/2}}{(1 - f^2)^2 + 4 \cdot v^2 \cdot f \cdot (1 + f)^2}; f = \frac{\omega_i}{\omega_j}$$

siendo:

- r: número de modos de vibración.
- v: coeficiente de amortiguación, en tantos por 1.
- ω: frecuencia angular, de modo que f sea menor o igual a la unidad.

Tricalc permite además indicar cuántos modos de vibración se desean considerar en esta combinación.

Consideración de los efectos combinados de las direcciones de estudio

Dado que no se conoce 'a priori' la dirección del sismo más desfavorable, no basta con estudiar de forma independiente los efectos de la acción sísmica en dos direcciones ortogonales. La norma española NCSE sólo indica que, en el caso de calcular los modos de vibración de forma separada para cada dirección, se debe sumar al pésimo esfuerzo debido a una dirección el 30% del pésimo esfuerzo de la dirección ortogonal. Es la denominada, en la bibliografía clásica, 'regla del 30%', que puede utilizarse de forma opcional en el programa. La bibliografía actual, considera más preciso multiplicar los efectos de cada dirección horizontal por un factor de 1,12. Para considerar este factor con el programa, basta introducir,

como coeficientes de mayoración de las hipótesis horizontales de sismo ('5' y '6'), un valor de 1,12 en lugar de 1,0 como se suele definir (ver el LISTADO DE OPCIONES).

Centro de masas y centro de rigideces

La aplicación de las fuerzas sísmicas obtenidas en el centro de masas de cada grupo o forjado, provoca una torsión en cada forjado, si no coinciden los centros de masa y de rigidez del grupo. En todo caso, siempre se debe considerar (aunque en el programa es opcional) una excentricidad accidental, de valor según la normativa aplicada.

La norma NCSE considera además, una excentricidad adicional de un 1/20 de la máxima dimensión del plano, medido ortogonalmente a la dirección de sismo considerada.

Si se ha habilitado la consideración de la masa rotacional, y se ha definido una determinada aceleración rotacional (angular), se producen también unas rotaciones adicionales debidas a ellas.

Cálculo de esfuerzos

Una vez obtenidas las fuerzas estáticas equivalentes a la acción sísmica, en las hipótesis '5' (dirección X+, X-), '6' (dirección Z+, Z-) y '24' (eje vertical Y+, Y-) y en cada modo de vibración, se puede proceder al cálculo de esfuerzos en la forma habitual.

El programa obtiene así los desplazamientos, giros y esfuerzos de cada modo de vibración y dirección, combinándose posteriormente, en cada hipótesis de sismo, mediante la 'combinación cuadrática completa'. Por ejemplo: para obtener el momento flector Mz de la hipótesis '5' en una determinada sección, se obtienen los momentos Mz producidos por los modos de vibración de dicha hipótesis y se combinan aplicando la 'combinación cuadrática completa'.

2.4.3.3. SECCIONES

Definición de las características geométricas y mecánicas de los perfiles

Canto H

Es el valor de la dimensión del perfil en el sentido paralelo a su eje Y principal, en mm.

Ancho B

Es el valor de la dimensión del perfil en el sentido paralelo a su eje Z principal, en mm.

Área Ax

Es el valor del área de la sección transversal de un perfil de acero, en cm². En una sección rectangular viene dada por la expresión:

$$A_x = B \cdot H$$

Área Ay

Es el área a considerar en el cálculo de las tensiones tangenciales paralelas al eje Y principal de la sección transversal de un perfil de acero, en cm². Su valor se calcula con la expresión:

$$A_y = \frac{I_z \cdot e}{S_z}$$

siendo:

I_z :	Inercia según el eje z.
e :	Espesor del perfil en el punto en el que se producirá la máxima tensión tangencial debida al cortante Fy.
S_z :	Momento estático de una sección correspondiente entre la fibra, paralela al eje Z principal, exterior y el punto donde se producirá la máxima tensión tangencial debida al cortante respecto al eje paralelo al eje Z principal que pase por el centro de gravedad de la sección.

El valor de A_y corresponde aproximadamente al área del alma en los perfiles en forma de I. En una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$A_y = \frac{2}{3} \cdot B \cdot H$$

Área A_z

Es el área a considerar en el cálculo de las tensiones tangenciales paralelas al eje Z principal de la sección transversal de un perfil de acero, en cm². Su valor se calcula con la expresión:

$$A_z = \frac{I_y \cdot e}{S_y}$$

siendo:

I_y :	Inercia según el eje y.
e :	Espesor del perfil en el punto en el que se producirá la máxima tensión tangencial debida al cortante F_z .
S_y :	Momento estático de una sección correspondiente entre la fibra exterior y el punto donde se producirá la máxima tensión tangencial.

El valor de A_z corresponde aproximadamente al área de las alas en los perfiles en forma de I. En una sección rectangular tiene el mismo valor que A_y .

Momento de Inercia I_x

Momento de Inercia a torsión, en cm⁴. El momento de inercia a torsión de una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$I_x = \left[\frac{1}{3} - 0,21 \cdot \frac{B}{H} \cdot \left(1 - \frac{B^4}{12 \cdot H^4} \right) \right] \cdot H \cdot B^3$$

siendo $H \geq B$.

En las secciones en T se tiene en cuenta lo indicado en la tabla A3-1 de la norma EA-95 (Cap.3), que refleja que la Inercia a torsión de una pieza formada por dos rectángulos (de inercias a torsión I_{x1} e I_{x2}) en forma de T viene dada por la expresión

$$I_x = 1,1 \cdot (I_{x1} + I_{x2})$$

Momento de Inercia I_y

Momento de Inercia se la sección respecto de un eje paralelo al eje Y principal que pase por su centro de gravedad, en cm⁴. Su valor para una sección rectangular v , tiene dado por la expresión:

$$I_y = \frac{H \cdot B^3}{12}$$

Momento de Inercia I_z

Momento de inercia de la sección respecto de un eje paralelo al eje Z principal que pase por su centro de gravedad, en cm⁴. Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$I_z = \frac{B \cdot H^3}{12}$$

Módulo Resistente W_t

Módulo resistente a la torsión en cm³ de una sección de acero. Es la relación existente entre el momento torsor y la tensión tangencial máxima producida por él. Para una sección abierta formada por varios rectángulos viene dado por la expresión (Tabla A3-1 de la norma EA-95 (Cap.3)):

$$W_t = \frac{I_x}{e_i}$$

donde

Ix:	Inercia a torsión de la sección.
ei:	Espesor del rectángulo de mayor espesor.

Módulo Resistente Elástico WY,el

Es el módulo resistente a la flexión según un plano ortogonal al eje Y principal de una sección de acero, en cm³, que se calcula a partir del momento de inercia I_y. En secciones simétricas con respecto a un plano paralelo al eje Y principal de la barra, viene dado por la expresión:

$$W_{Y,el} = \frac{I_Y}{B/2}$$

Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$W_{Y,el} = H \cdot \frac{B^2}{6}$$

Módulo Resistente Elástico WZ,el

Es el módulo resistente a la flexión según un plano ortogonal al eje Z principal de una sección de acero, en cm³, que se calcula a partir del momento de inercia I_z. En secciones simétricas con respecto a un plano paralelo al eje Z principal de la barra, viene dado por la expresión:

$$W_{Z,el} = \frac{I_Z}{H/2}$$

Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$W_{Z,el} = B \cdot \frac{H^2}{6}$$

Módulo Resistente Plástico WY,pl

Es el módulo resistente a la flexión plástica según un plano ortogonal al eje Y principal de una sección de acero, en cm³, que se calcula suponiendo todas las fibras de la sección trabajando al límite elástico.

Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$W_{Y,pl} = H \cdot \frac{B^2}{4}$$

Módulo Resistente Plástico WZ,pl

Es el módulo resistente a la flexión según un plano ortogonal al eje Z principal de una sección de acero, en cm³, que se calcula suponiendo todas las fibras de la sección trabajando al límite elástico.

Su valor para una sección rectangular viene dado por la expresión:

$$W_{Z,pl} = B \cdot \frac{H^2}{4}$$

Peso P

Es el peso propio de la barra en Kg/m (ó kN/m).

Secciones de inercia variable: cartelas

El programa permite la introducción de secciones de inercia variable (cartelas) de acero o madera (pero no de hormigón). Las cartelas sólo podrán definirse sobre barras a las que previamente se haya asignado un perfil con las siguientes

características: Debe ser de forma en 'I' y de material 'Acero' o 'Madera', o de forma rectangular y de material 'Madera'. Las cartelas pueden definirse exclusivamente en el plano Y principal, es decir, en el plano del alma.

Es posible definir cuatro tipos de secciones de inercia variable:

- **Corte oblicuo del perfil.** Consiste en cortar oblicuamente el alma del perfil y soldar la sección dando la vuelta a uno de los medios perfiles. Equivale a alargar o acortar el alma del perfil. Para que el perfil sea válido, el canto total del perfil acartelado debe ser al menos 3 veces el espesor del ala.
- **Cartabones.** Consiste en soldar de una a tres piezas triangulares o trapezoidales perpendicularmente a una de las alas de un perfil base y de un mismo espesor. Para que el perfil sea válido, el canto del perfil acartelado debe ser al menos el del perfil base, y la suma de espesores de los cartabones no debe superar el ancho del perfil base.
- **Semiperfil.** Consiste en soldar a un perfil base un perfil en forma de 'T' extraído de un perfil idéntico al base. Para que el perfil sea válido, el canto del perfil acartelado debe ser al menos el del perfil base.
- **Palastros.** Consiste en soldar a un perfil base un perfil en forma de 'T' formado por dos chapas de un determinado espesor. Para que el perfil sea válido, el canto del perfil acartelado debe ser al menos el del perfil base.

Para realizar el cálculo de esfuerzos (o el cálculo de modos de vibración dinámicos), Tricalc divide las barras de sección variable en un número determinado de barras de sección uniforme. A la barra de sección variable completa se la denominará en este manual 'Cartela Primaria', mientras que a cada una de las barras de sección constante en las que se divide la cartela primaria se las denominará 'Cartelas Secundarias'. De forma similar, a los nudos que se crean para definir estas cartelas secundarias se les denominará 'Nudos Secundarios'.

2.4.3.4. CÁLCULO DE SOLICITACIONES

El cálculo de las solicitaciones en las barras se ha realizado mediante el método matricial espacial de la rigidez, suponiendo una relación lineal entre esfuerzos y deformaciones en las barras y considerando los seis grados de libertad posibles de cada nudo. Los muros resistentes se han calculado mediante el método de los elementos finitos. A título indicativo, se muestra a continuación la matriz de rigidez de una barra, donde se pueden observar las características de los perfiles que han sido utilizadas para el cálculo de esfuerzos.

$$\begin{array}{cccccc}
 \frac{E \cdot A_x}{L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & \frac{12 \cdot E \cdot I_z}{L^3} & 0 & 0 & 0 & \frac{-6 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \\
 0 & 0 & \frac{12 \cdot E \cdot I_y}{L^3} & 0 & \frac{6 \cdot E \cdot I_y}{L^2} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \frac{G \cdot I_x}{L} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & \frac{6 \cdot E \cdot I_y}{L^2} & 0 & \frac{4 \cdot E \cdot I_y}{L} & 0 \\
 0 & \frac{-6 \cdot E \cdot I_z}{L^2} & 0 & 0 & 0 & \frac{4 \cdot E \cdot I_z}{L}
 \end{array}$$

Donde E es el módulo de deformación longitudinal y G es el módulo de deformación transversal calculado en función del coeficiente de Poisson y de E . Sus valores se toman de la base de perfiles correspondiente a cada barra.

Es posible reducir el acortamiento por axil de los pilares mediante la introducción de un factor multiplicador del término ' $E \cdot A_x / L$ ' de la matriz anterior, como se recoge en el LISTADO DE DATOS DE CÁLCULO.

Es posible considerar la opción de indeformabilidad de forjados horizontales en su plano. Al seleccionar esta opción todos los nudos situados dentro del perímetro de cada forjado horizontal, unidireccional o reticular, quedan englobados en 'grupos' (uno por cada forjado), a los que individualmente se asignan 3 grados de libertad: El desplazamiento vertical -Dy- y los giros según los ejes horizontales -Gx y Gz-. Los otros tres grados de libertad (Dx, Dz y Gy) se suponen compatibilizados entre todos los nudos del "grupo": Los nudos que no pertenezcan a un forjado horizontal, ya sea por estar independientes o por estar en planos inclinados, se les asignan 6 grados de libertad.

Es posible considerar el tamaño del pilar en los forjados reticulares y losas. Al seleccionar esta opción, se considera que la parte de forjado o losa situada sobre el pilar (considerando para ello la exacta dimensión del pilar y su posición o crecimiento) es infinitamente rígida. Todos los nudos situados en el interior del perímetro del pilar comparten, por tanto, los 6 grados de libertad (Dx, Dy, Dz, Gx, Gy, Gz). Esto hace que en el interior de esta porción de forjado, no existan

esfuerzos, y por tanto, los nervios y zunchos que acometen al pilar se arman con los esfuerzos existentes en la cara del pilar.

En base a este método se ha planteado y resuelto el sistema de ecuaciones o matriz de rigidez de la estructura, determinando los desplazamientos de los nudos por la actuación del conjunto de las cargas, para posteriormente obtener los esfuerzos en los nudos en función de los desplazamientos obtenidos.

En el caso de que la estructura se calcule bajo los efectos de las acciones sísmicas definidas por la Norma NCSE se realiza un cálculo de la estructura mediante el método del "Análisis Modal Espectral", recomendado por la misma. De esta forma pueden obtenerse los modos y períodos de vibración propios de la estructura, datos que pueden ser utilizados para la combinación de la estructura con cargas armónicas y la posibilidad de 'entrada en resonancia' de la misma.

Principios fundamentales del cálculo de esfuerzos

El programa realiza el cálculo de esfuerzos utilizando como método de cálculo el método matricial de la rigidez para los elementos tipo barra y el método de los elementos finitos para los muros resistentes. En el método matricial, se calculan los desplazamientos y giros de todos los nudos de la estructura, (cada nudo tiene seis grados de libertad: los desplazamientos y giros sobre tres ejes generales del espacio, a menos que se opte por la opción de indeformabilidad de los forjados horizontales en su plano o la consideración del tamaño del pilar en forjados reticulares y losas), y en función de ellos se obtienen los esfuerzos (axiles, cortantes, momento torsor y flectores) de cada sección.

Para la validez de este método, las estructuras a calcular deben cumplir, o se debe suponer el cumplimiento de los siguientes supuestos:

Teoría de las pequeñas deformaciones: 1º y 2º orden

Se supone que la geometría de una estructura no cambia apreciablemente bajo la aplicación de las cargas. Este principio es en general válido, salvo en casos en los que la deformación es excesiva (puentes colgantes, arcos esbeltos, ...). Si se realiza un cálculo en 1º orden implica, además, que se desprecian los esfuerzos producidos por los desplazamientos de las cargas originados al desplazarse la estructura. Si se realiza un cálculo en 2º orden, se consideran los esfuerzos originados por las cargas al desplazarse la estructura, siempre dentro de la teoría de las pequeñas deformaciones que implica que las longitudes de los elementos se mantienen constantes.

Este mismo principio establece que se desprecian los cambios de longitud entre los extremos de una barra debidos a la curvatura de la misma o a desplazamientos producidos en una dirección ortogonal a su directriz, tanto en un cálculo en 1º orden como en 2º orden.

Hay otros métodos tales como la teoría de las grandes deflexiones que sí recogen estos casos, que no son contemplados en Tricalc.

En el cálculo en 2º orden se permiten seleccionar las combinaciones a considerar, por el criterio de máximo desplazamiento y por el criterio de máximo axil, o también es posible la realización del cálculo en 2º orden para todas las combinaciones.

Linealidad

Este principio supone que la relación tensión - deformación, y por tanto, la relación carga - deflexión, es constante, tanto en 1º orden como en 2º orden. Esto es generalmente válido en los materiales elásticos, pero debe garantizarse que el material no llega al punto de fluencia en ninguna de sus secciones.

Superposición

Este principio establece que la secuencia de aplicación de las cargas no altera los resultados finales. Como consecuencia de este principio, es válido el uso de las "fuerzas equivalentes en los nudos" calculadas a partir de las cargas existentes en las barras; esto es, para el cálculo de los desplazamientos y giros de los nudos se sustituyen las cargas existentes en las barras por sus cargas equivalentes aplicadas en los nudos.

Equilibrio

La condición de equilibrio estático establece que la suma de todas las fuerzas externas que actúan sobre la estructura, más las reacciones, será igual a cero. Asimismo, deben estar en equilibrio todos los nudos y todas las barras de la estructura, para lo que la suma de fuerzas y momentos internos y externos en todos los nudos y nudos de la estructura debe ser igual a cero.

Compatibilidad

Este principio supone que la deformación y consecuentemente el desplazamiento, de cualquier punto de la estructura es continuo y tiene un solo valor.

Condiciones de contorno

Para poder calcular una estructura, deben imponerse una serie de condiciones de contorno. El programa permite definir en cualquier nudo restricciones absolutas (apoyos y empotramientos) o relativas (resortes) al desplazamiento y al giro en los tres ejes generales de la estructura, así como desplazamientos impuestos (asientos).

Unicidad de las soluciones

Para un conjunto dado de cargas externas, tanto la forma deformada de la estructura y las fuerzas internas, así como las reacciones tienen un valor único.

Desplome e imperfecciones iniciales

Existe la posibilidad de considerar los efectos de las imperfecciones iniciales globales debidas a las desviaciones geométricas de fabricación y de construcción de la estructura. Tanto la Norma **CTE DB SE-A** en su artículo **5.4.1 Imperfecciones geométricas** como el **Eurocódigo 3** en su artículo **5.3.2 Imperfections for global analysis of frames**, citan la necesidad de tener en cuenta estas imperfecciones. Estos valores son los siguientes:

- $L/200$ si hay dos soportes y una altura.
- $L/400$ si hay 4 o más soportes y 3 o más alturas.
- $L/300$ para situaciones intermedias.

Además, se definen unos valores de deformación (e_0) para las imperfecciones locales debidas a los esfuerzos de compresión sobre los pilares. Estos valores vienen dados por la tabla 5.8 de la norma CTE.

2.4.3.5. COMBINACIÓN DE ACCIONES

2.4.3.5.1. Normativas

Las combinaciones de acciones para los elementos de hormigón armado se realizan según lo indicado en el EHE-08. En el caso del acero estructural, se pueden realizar de acuerdo a la EAE o el CTE. Para el resto de materiales se realizan de acuerdo con el CTE.

Combinaciones de acciones según EHE-08, EAE y CTE

Las combinaciones de acciones especificadas en la norma de hormigón EHE-08, la de acero estructural EAE y en el Código Técnico de la Edificación son muy similares, por lo que se tratan en este único epígrafe.

En el programa no existen cargas permanentes de valor no constante (G^*), y las sobrecargas (Q) se agrupan en las siguientes familias:

- Familia 1
Sobrecargas alternativas. Corresponden a las hipótesis 1, 2, 7, 8, 9 y 10
- Familia 2
Cargas móviles. Corresponden a las hipótesis 11 a 20, inclusive.
- Familia 3
Cargas de viento. Corresponden a las hipótesis 3, 4, 25 y 26 (y a las de signo contrario si se habilita la opción "Sentido $\pm$ ")
Carga de nieve. Corresponde a la hipótesis 22.
Carga de temperatura. Corresponde a la hipótesis 21.

Coeficientes de mayoración

En el caso de EHE-08, se utilizan los coeficientes de seguridad definidos en la casilla 'Hormigón'. Además, el coeficiente de seguridad para acciones favorables es 1,0 para la carga permanente y 0,0 para el resto.

En el caso de la EAE y el CTE, se utilizan los coeficientes de seguridad definidos en la casilla 'Otros / CTE / EAE'. Además, el coeficiente de seguridad para acciones favorables es 1,0 (EAE) ó 0,8 (CTE) para la carga permanente y 0,0 para el resto.

E.L.U. Situaciones persistentes o transitorias

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9 y 10)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 (Hipótesis 0 y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F2} \cdot Q_{k,F2} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F3} \cdot \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,F3} \cdot Q_{k,F3} + \gamma_{Q,F1} \cdot \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \gamma_{Q,F2} \cdot \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

E.L.U. Situaciones accidentales (extraordinarias en CTE)

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y 23)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 + carga accidental (Hipótesis 0, de 11 a 20 y 23)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 23, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10, 23 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 23, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 23, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 + carga accidental (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 23, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \gamma_A \cdot A_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

E.L.U. Situaciones sísmicas

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 + sismo (Hipótesis 0, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 24)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 + carga sísmica (Hipótesis 0, 5, 6, 24 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 + carga sísmica (Hipótesis 0, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 24, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 24 y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 + carga sísmica (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 24, 25 y 26)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 3, 4, 5, 6, 21, 22, 24, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 + cargas sísmicas (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 24, 25 y 26, y de 11 a 20)

$$G_k + \gamma_A \cdot A_{E,k} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

E.L.S. Estados Límite de Servicio

Carga permanente + sobrecargas de la familia 1 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9 y 10)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_k$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

- Combinaciones cuasi permanentes (casi permanentes en CTE):

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 2 (Hipótesis 0 y de 11 a 20)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_k$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

- Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de la familia 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_k$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_1 \cdot Q_k$$

- Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_2 \cdot Q_k$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 2 (Hipótesis 0, 1, 2, 7, 8, 9, 10 y de 11 a 20)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1}$$

- Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 2 y 3 (Hipótesis 0, 3, 4, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

- Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

Carga permanente + sobrecargas de las familias 1, 2 y 3 (Hipótesis 0, 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 21, 22, 25 y 26, y de 11 a 20)

- Combinaciones poco probables (características en CTE):

$$G_k + Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + Q_{k,F2} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{0,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + Q_{k,F3} + \Psi_{0,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{0,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

- Combinaciones frecuentes:

$$G_k + \Psi_{1,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \Psi_{1,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

$$G_k + \Psi_{1,F3} \cdot Q_{k,F3} + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2}$$

- Combinaciones cuasi permanentes:

$$G_k + \Psi_{2,F1} \cdot Q_{k,F1} + \Psi_{2,F2} \cdot Q_{k,F2} + \Psi_{2,F3} \cdot Q_{k,F3}$$

2.4.3.6. COMPROBACIÓN DE SECCIONES DE ACERO

En el programa es posible definir si se desea utilizar el Código estructural, el CTE DB SE-A ("Código Técnico de la Edificación. Documento Básico. Seguridad Estructural. Acero") o la EAE ("Instrucción Española de Acero Estructural").

2.4.3.6.1. Criterios de comprobación

Se han seguido los criterios indicados en CTE DB SE-A o la EAE para realizar la comprobación de la estructura, en base al método de los estados límites.

Tipos de secciones

Se definen las siguientes clases de secciones:

Clase	Tipo	Descripción
1	Plástica	Permiten la formación de la rótula plástica con la capacidad de rotación suficiente para la redistribución de momentos.
2	Compacta	Permiten el desarrollo del momento plástico con una capacidad de rotación limitada.
3	Semicompacta o Elástica	En la fibra más comprimida se puede alcanzar el límite elástico del acero pero la abolladura impide el desarrollo del momento plástico
4	Esbelta	Los elementos total o parcialmente comprimidos de las secciones esbeltas se abollan antes de alcanzar el límite elástico en la fibra más comprimida.

Tenga en cuenta que una misma barra, puede ser de diferente clase en cada sección (en cada punto) y para cada combinación de solicitaciones.

En función de la clase de las secciones, el tipo de cálculo es:

Clase de Sección	Método para la determinación de las solicitaciones	Método para la determinación de la resistencia de las secciones
1 Plástica	Elástico	Plástico
2 Compacta	Elástico	Plástico
3 Semicompacta	Elástico	Elástico
4 Esbelta	Elástico	Elástico con resistencia reducida

La asignación de la clase de sección en cada caso, se realiza de acuerdo con lo indicado en el Código estructural. En el caso de secciones de clase 4, el cálculo de sus parámetros resistentes reducidos (sección eficaz) se realiza asimilando la sección a un conjunto de rectángulos eficaces, de acuerdo con lo establecido en el Código estructural.

Estado límite último de equilibrio

Se comprueba que en todos los nudos deben igualarse las cargas aplicadas con los esfuerzos de las barras. No se realiza la comprobación general de vuelco de la estructura.

Estabilidad lateral global y pandeo

El programa puede realizar un cálculo en 1º orden o en 2º orden. Las imperfecciones iniciales pueden ser tenidas en cuenta de forma automática, aunque también el usuario puede introducir las acciones equivalentes en las barras que sean necesarias.

La consideración de los efectos del pandeo se realiza de la siguiente forma:

- Si la estructura es intraslacional (distorsión de pilares $r \leq 0,1$), basta realizar un análisis elástico y lineal en primer orden y de segundo orden, y considerar el pandeo de los pilares como intraslacionales.
- Si la estructura es traslacional (distorsión de pilares $r > 0,1$), puede realizarse un análisis elástico y lineal considerando el pandeo como estructura traslacional, o bien:
- Realizar un análisis elástico y lineal de 1º orden considerando el pandeo como estructura intraslacional pero habiendo multiplicado todas las acciones horizontales sobre el edificio por el coeficiente de amplificación $1 / (1 - r)$.
- Realizar un análisis elástico y lineal de 2º orden considerando el pandeo como estructura intraslacional sin coeficiente de amplificación.

Se define para cada tipo de barra (vigas, pilares o diagonales) o cada barra individual y en cada uno de sus ejes principales independientemente, si se desea realizar la comprobación de pandeo, se desea considerar la estructura traslacional, intraslacional o se desea fijar manualmente su factor de longitud de pandeo β (factor que al multiplicarlo por la longitud de la barra se obtiene la longitud de pandeo).

Si se deshabilita la comprobación de pandeo en un determinado plano de pandeo de una barra, no se realiza la comprobación especificada anteriormente en dicho plano. El factor reductor de pandeo de una barra, χ , será el menor de los factores de pandeo correspondientes a los dos planos principales de la barra.

Si se fija el factor de longitud de pandeo ' β ' de una barra, se considerará que para esa barra la estructura es traslacional cuando β sea mayor o igual que 1,0, e intraslacional en caso contrario.

La formulación para el cálculo de los coeficientes de pandeo es la recogida en el código estructural, y es la siguiente:

El cálculo del factor de pandeo β en cada uno de los planos principales de las barras, en función de los factores de empotramiento η_1 (en la base del pilar) y η_2 (en su cabeza) es (cuando no es fijado por el usuario).

- Estructuras traslacionales:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,60 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}}$$

- Estructuras intraslacionales:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \frac{1 + 0,145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,265 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0,364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,247 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}$$

donde 'β' es el factor de pandeo, L_k la longitud de pandeo y L la longitud del pilar, o distancia entre sus dos nudos extremos.

Para secciones constantes y axil constante, la esbeltez reducida es

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

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k} \right)^2 \cdot E \cdot I$$

El factor reductor de pandeo de una barra, χ_r , se calcula de acuerdo con CTE DB SE-A o EAE.

Estado límite último de rotura

La comprobación a rotura de las barras, sometidas a la acción de las cargas mayoradas, se desarrolla de la siguiente forma:

Descomposición de la barra en secciones y cálculo en cada una de ellas de los valores de momentos flectores, cortantes, axil de compresión y axil de tracción.

■ Cálculo de la tensión combinada en las siguientes secciones:

- Sección de máxima compresión
- Sección de máxima tracción
- Sección de máximo momento flector según el eje Y_p
- Sección de máximo momento flector según el eje Z_p
- Sección de mayor tensión tangencial combinada
- Sección de mayor tensión combinada, que puede coincidir con alguna de las anteriores, aunque no necesariamente.
- Obtención de las seis combinaciones de solicitaciones más desfavorables para otras tantas secciones de la barra.

Resistencia de las secciones

La capacidad resistente de las secciones depende de su clase. Para secciones de clase 1 y 2 la distribución de tensiones se escogerá atendiendo a criterios plásticos (en flexión se alcanza el límite elástico en todas las fibras de la sección). Para las secciones de clase 3 la distribución seguirá un criterio elástico (en flexión se alcanza el límite elástico sólo en las fibras extremas de la sección) y para secciones de clase 4 este mismo criterio se establecerá sobre la sección eficaz.

En todos los casos, se considera $f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$, salvo que se indique lo contrario.

■ Resistencia de las secciones a tracción. Se cumplirá:

$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$$

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

■ Resistencia de las secciones a corte. En ausencia de torsión, se considera la resistencia plástica:

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

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

siendo A_v el área resistente a cortante, que el programa toma de la base de datos de perfiles.

■ Resistencia de las secciones a compresión sin pandeo. Se cumplirá

$$N_{c,Ed} \leq N_{c,Rd}$$

La resistencia de la sección, será, para secciones clase 1, 2 o 3:

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

Para secciones clase 4:

$$N_{c,Rd} = N_{u,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

■ Resistencia de las secciones a flexión. Se cumplirá

$$M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$$

La resistencia plástica de la sección bruta, para secciones de clase 1 o 2, será

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

La resistencia elástica de la sección bruta, para secciones de clase 3, será

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

La resistencia elástica de la sección eficaz, para secciones de clase 4 será

$$M_{c,Rd} = M_{0,Rd} = W_{ef} \cdot f_{yd}$$

■ **Resistencia de las secciones a torsión**

Deberán considerarse las tensiones tangenciales debidas al torsor uniforme, $\tau_{t,Ed}$, así como las tensiones normales $\sigma_{w,Ed}$ y tangenciales $\tau_{w,Ed}$ debidas al bimomento y al esfuerzo torsor de torsión de alabeo.

En ausencia de cortante, se considera:

$$T_{Ed} \leq T_{c,Rd}$$

$$T_{c,Rd} = W_T \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

siendo W_T el módulo resistente a torsión, que el programa toma de la base de datos de perfiles.

Interacción de esfuerzos en secciones

Normalmente, en una misma sección y combinación de acciones, se dan varias solicitaciones simultáneamente. El Código estructural considera los siguientes casos:

■ **Flexión compuesta sin cortante ni pandeo.** Puede usarse, conservadoramente:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 1 y 2})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 3})$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rdz}} \leq 1 \quad (\text{secciones de clase 4})$$

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

■ **Flexión y cortante.** Si $V_{Ed} > 0,5 \cdot V_{c,Rd}$, se comprobará que:

$$M_{Ed} \leq M_{V,Rd}$$

$$M_{V,Rd} = \left(W_{pl} - \frac{\rho \cdot A_v^2}{4 \cdot t_w} \right) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \quad \text{para secciones I o H con flexión y cortante en el plano del alma}$$

$$M_{V,Rd} = W_{pl} \cdot (1 - \rho) \cdot f_{yd} \not\geq M_{0,Rd} \quad \text{para el resto de casos}$$

$$\rho = \left(2 \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2$$

■ **Flexión, axil y cortante sin pandeo.** Si $V_{Ed} < 0,5 \cdot V_{c,Rd}$, basta considerar el caso 'Flexión compuesta sin cortante ni pandeo'. En caso contrario, se utilizará también dicho caso, pero el área de cortante se multiplicará por $(1 - \rho)$, tomando ρ del caso anterior.

■ **Cortante y torsión.** En la resistencia a cortante se empleará la resistencia plástica a cortante reducida por la existencia de tensiones tangenciales de torsión uniforme:

$$V_{c,Rd} \leq V_{pl,T,Rd}$$

En secciones huecas cerradas:

$$V_{pl,T,Rd} = \left(1 - \frac{\tau_{t,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right) V_{pl,Rd}$$

Resistencia de las barras

- Compresión y pandeo. Se cumplirá que

$$N_{c,Rd} \leq N_{pl,Rd}$$

$$N_{c,Rd} \leq N_{b,Rd}$$

La resistencia a pandeo por flexión en compresión centrada puede calcularse con:

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

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

- Compresión y flexión con pandeo

Las expresiones aquí reproducidas corresponden al criterio de ejes del Código estructural, cuya correspondencia con los ejes principales de Tricalc es:

Eje	DB	Tricalc
Longitudinal de la barra	X	Xp
Paralelo a las alas	Y	Zp
Paralelo al alma	Z	Yp

En el caso del Código estructural, para toda pieza se comprobará:

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

Además, si no hay pandeo por torsión (secciones cerradas):

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

Además, si hay pandeo por torsión (secciones abiertas):

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

Ver el apartado 6.3.4.2 de CTE DB SE-A para más información.

En el caso de la EAE se comprobará:

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1$$

$$\left(\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} \right) \cdot \gamma_{M1} \leq 1$$

Ver el apartado 35.3 de la EAE para más información.

Estado límite de servicio de deformación

De acuerdo con el Código estructural, se comprueba la máxima deformación vertical (flecha) de vigas y diagonales referente a:

- Flecha producida por las sobrecargas con las combinaciones características.

- Flecha producida por toda la carga con las combinaciones casi permanentes.

Estado límite último de abolladura del alma

Se realiza la comprobación de abolladura del alma por cortante de acuerdo con el artículo 6.3.3.3 de la norma CTE DB SE-A o el artículo 35.5 de la EAE, considerando la pieza de alma llena. El programa indica, caso de ser necesario, la distancia y espesor de los rigidizadores transversales a disponer para así cumplir esta comprobación.

Estado límite último de pandeo lateral de vigas

Esta comprobación es opcional en **Tricalc** y sólo se realiza en vigas y diagonales.

Se comprobará que $M_{Ed} \leq M_{b,Rd}$. En el caso de barras traccionadas y flectadas, el momento M_{Ed} podrá sustituirse por $M_{ef,Ed}$ para esta comprobación de acuerdo con la expresión:

$$M_{ef,Ed} = W \cdot [M_{Ed}/W - N_{t,Ed}/A]$$

El momento resistente de pandeo lateral será:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_z \cdot f_y / \gamma_{M1}$$

siendo W_z el módulo resistente de la sección, según su clase y χ_{LT} el factor reductor por pandeo lateral. El programa calcula e indica el coeficiente de seguridad a pandeo lateral ($M_{Ed} / M_{b,Rd}$).

2.4.3.6.2. Perfiles Conformados

Dado que el Código estructural es insuficiente para comprobar este tipo de secciones, se utilizan los criterios de la norma europea EN 1993-1-3. Véase la memoria de cálculo correspondiente a los Eurocódigos Genéricos.

En el caso de la EAE, se utiliza lo indicado en su artículo 73º.

2.5. Acciones consideradas

Hipótesis de carga

Nombre	Tipo	Descripción
G	Permanentes	Permanentes
Q1	Sobrecargas	Sobrecargas
Q2	Sobrecargas	Sobrecargas
Q3	Sobrecargas	Sobrecargas
Q4	Sobrecargas	Sobrecargas
Q5	Sobrecargas	Sobrecargas
Q6	Sobrecargas	Sobrecargas
W1	Viento	Viento
W2	Viento	Viento
W3	Viento	Viento
W4	Viento	Viento
S	Nieve	Nieve
Ex	Sismo X	Sismo X
Ey	Sismo Y	Sismo Y
Ez	Sismo Z	Sismo Z
A	Sin definir	Accidentales
T	Sin definir	Temperatura

Coefficientes de mayoración

Tipo	Hipótesis	Fav.	Desfav.
Cargas permanentes	G	0,80	1,35
Cargas variables	Q1	0,00	1,50
	Q2	0,00	1,50
	Q3	0,00	1,50
	Q4	0,00	1,50
	Q5	0,00	1,50
	Q6	0,00	1,50
Cargas de viento no simultáneas	W1	0,00	1,50
	W2	0,00	1,50
	W3	0,00	1,50
	W4	0,00	1,50
Cargas de sismo no simultáneas	Ex	0,00	1,00
	Ez	0,00	1,00
	Ey	0,00	1,00
Cargas móviles no habilitadas			
Cargas de temperatura	T	0,00	1,50
Cargas de nieve	S	0,00	1,50
Carga accidental	A	0,00	1,00

Opciones de cargas

Viento activo Sentido $\pm$ deshabilitado
 Sismo activo Sentido $\pm$ deshabilitado
 Se considera el Peso propio de las barras

Coefficientes de combinación

Tipo de carga	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Gravitatorias	0.70	0.50	0.30
Móviles	0.70	0.50	0.30
Viento	0.60	0.50	0.00
Nieve	0.50	0.20	0.00
Temperatura	0.60	0.50	0.00

Reología de la madera: resistencia

Tipo	Hipótesis	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Cargas permanentes	G	0,60	0,60	0,50
Cargas variables	Q1	0,80	0,80	0,65
	Q2	0,80	0,80	0,65
	Q3	0,80	0,80	0,65
	Q4	0,80	0,80	0,65
	Q5	0,80	0,80	0,65
	Q6	0,80	0,80	0,65
Cargas de viento no simultáneas	W1	0,90	0,90	0,70
	W2	0,90	0,90	0,70
Cargas móviles no habilitadas				
Cargas de temperatura	T	0,90	0,90	0,70
Cargas de nieve	S	0,90	0,90	0,70
Carga accidental	A	1,10	1,10	0,90

Reología de la madera: deformación

Tipo	Hipótesis	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Cargas permanentes	G	0,60	0,80	2,00
Cargas variables	Q1	0,60	0,80	2,00
	Q2	0,60	0,80	2,00
	Q3	0,60	0,80	2,00
	Q4	0,60	0,80	2,00
	Q5	0,60	0,80	2,00
	Q6	0,60	0,80	2,00
Cargas de viento no simultáneas	W1	0,60	0,80	2,00
	W2	0,60	0,80	2,00
Cargas móviles no habilitadas				
Cargas de temperatura	T	0,60	0,80	2,00
Cargas de nieve	S	0,60	0,80	2,00
Carga accidental	A	0,60	0,80	2,00

2.5.1. Cargas permanentes, nieve y de uso

2.5.1.1. Cargas permanentes

Las cargas permanentes consideradas en el cálculo son las siguientes:

- Peso propio hormigón armado: 25,00 kN/m²
- Peso propio acero: 78,50 kN/m²

G₁: Carga permanente en cubierta

G ₁ = 0,40 kN/m ²	0,12 kN/m ²	; Panel sandwich 80 mm
	0,10 kN/m ²	; Panel sandwich 30 mm
	0,08 kN/m ²	; Falso techo interior
	0,10 kN/m ²	; Estructura secundaria

2.5.1.2. Cargas de nieve

Las cargas de nieve se consideran según las recomendaciones de la norma *CTE-DB-SE-AE acciones en la edificación*, con los siguientes parámetros: Zona 5 ; altitud menor de 400 metros. Se considera una carga mínima superior a la recomendada por la norma de:

$$S_k = 0,40 \text{ kN/m}^2$$

2.5.1.3. Sobrecargas de uso

Q₁: Sobrecarga en cubierta ligera

$$Q_1 = 0,15 \text{ kN/m}^2 \quad ; \text{ instalaciones ligeras (iluminación, fotovoltaica, ...)}$$

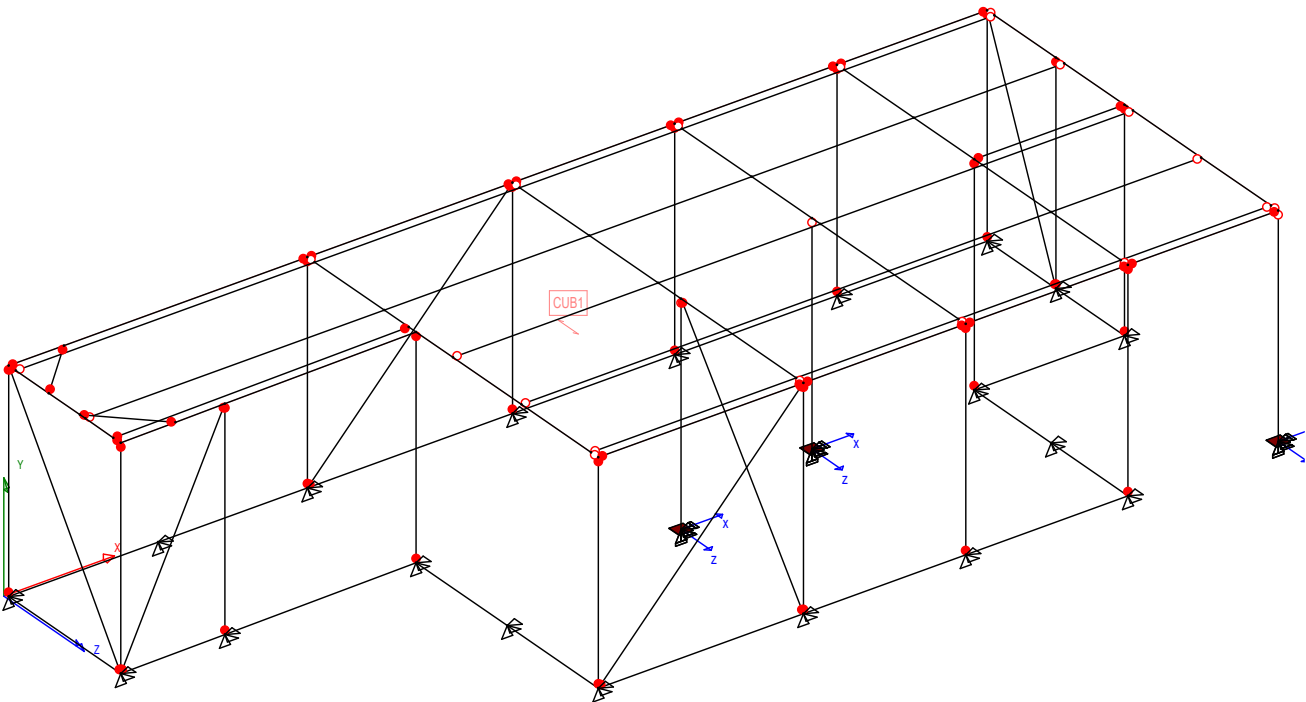
Q₂: Sobrecarga mantenimiento cubierta ligera

$$Q_2 = 0,40 \text{ kN/m}^2 \quad ; \text{ según CTE-DB-SE-AE, acciones en la edificación, categoría E}$$

No concomitante con cargas variables. Como esta carga es menor o igual que la carga de nieve se considera la sobrecarga de nieve en los cálculos estructurales

2.5.1.4. Planos de carga

Las cargas de las paredes exteriores, que son de tipo ligero, se aplican directamente al suelo. Las cargas se aplican introduciendo en el modelo estructural diferentes planos de carga que se indican en la siguiente figura:



Planos de carga en la estructura

Plano 390 [-0,0000; 1,0000; -0,0000; -390,0000]

CUB1

Repartir sobre barras ficticias: No
Repartir sobre tirantes: No
Vector dirección: 0,0000; -1,0000; 0,0000; Yg-

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
1	1	5,20	390,00	5,10
	2	5,20	390,00	284,10
	3	545,20	390,00	275,60
	4	545,20	390,00	729,10
	5	1774,20	390,00	729,10
	6	1774,20	390,00	5,10

Carga		Hipótesis	
0,40	kN/m²	0	G
0,15	kN/m²	1	Q1
0,40	kN/m²	22	S

2.5.1. Cargas de viento

Las cargas de viento se consideran según las recomendaciones de la norma ‘CTE-DB-SE-AE acciones en la edificación’ con los siguientes parámetros:

Zona de viento: Zona C ; Grado rugosidad entorno: (IV): zona urbana en general, industrial o forestal

Alturas de referencia: H= 4,50 mts

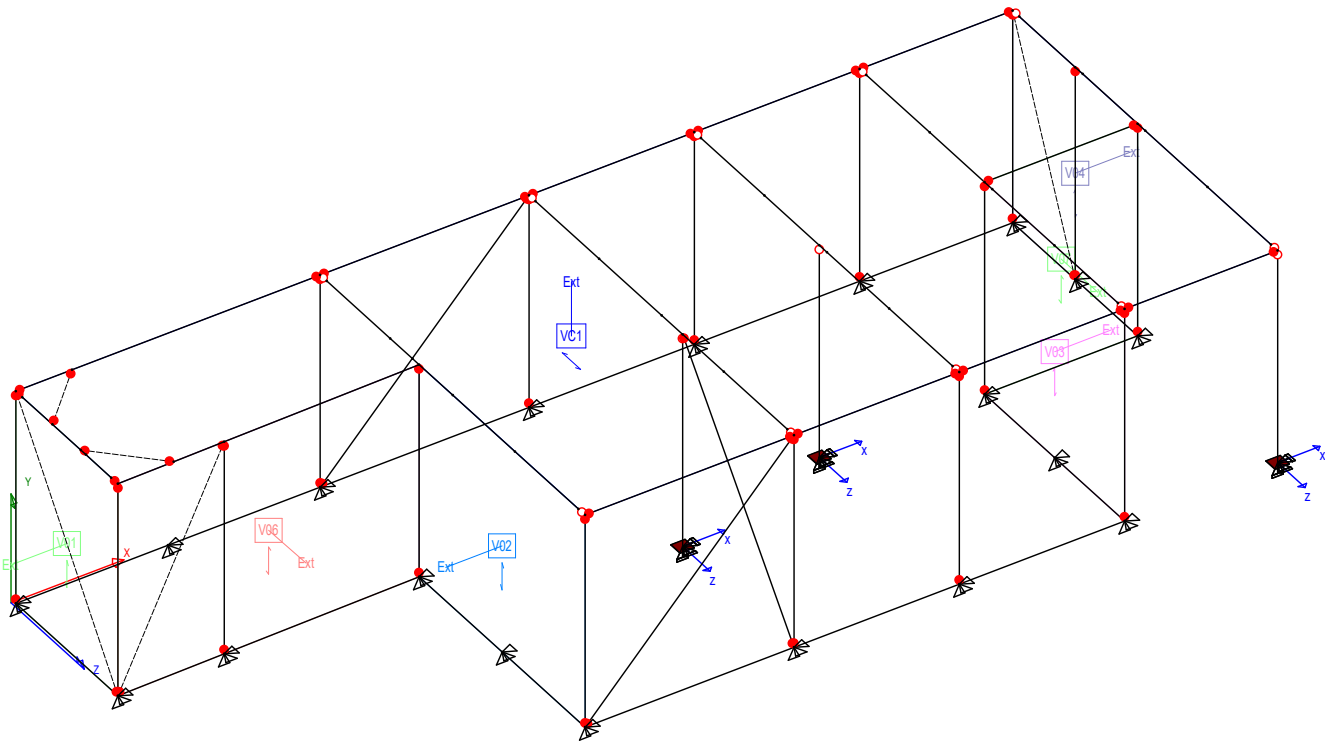
Corrección periodo retorno = 1,0

Coefficiente exposición = 1,34

Presión básica del viento = 0,525 kN/m2

Acción del viento = 0,702 kN/m2

La estructura está adosada a dos edificios, por lo que está expuesta al viento solamente en 2 fachadas y en la cubierta. El viento se aplica mediante los siguientes paneles de carga aplicados al modelo estructural:



Paneles de viento aplicados a la estructura

Plano [-1,0000; 0,0000; 0,0000; 5,2000]

V01

Vector normal hacia el exterior: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-
Reparto: Continua
Superficie actuante: Fachada
Repartir sobre barras ficticias: No
Repartir sobre tirantes: No

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
1	1	5,20	390,00	5,10

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
	2	5,20	390,00	284,10
	3	5,20	0,00	284,10
	4	5,20	0,00	5,10

Dirección 1

Vector dirección: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Hipótesis: W1

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,75 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento D (Presión)

Carga de viento: 0,53 kN/m²

Dirección de la carga: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Dirección 2

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+

Hipótesis: W2

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,80 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)

Carga de viento: 0,56 kN/m²

Dirección de la carga: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Dirección 3

Vector dirección: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Hipótesis: W3

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,40 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento E (Succión)

Carga de viento: 0,28 kN/m²

Dirección de la carga: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Dirección 4

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; -1,0000; Zg-

Hipótesis: W4

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,80 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)

Carga de viento: 0,56 kN/m²

Dirección de la carga: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Plano [-1,0000; 0,0000; 0,0000; 545,2000]**V02**

Vector normal hacia el exterior: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-
 Reparto: Continua
 Superficie actuante: Fachada
 Repartir sobre barras ficticias: No
 Repartir sobre tirantes: No

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
1	1	545,20	390,00	275,60
	2	545,20	390,00	729,10
	3	545,20	0,00	729,10
	4	545,20	0,00	275,60

Dirección 1

Vector dirección: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+
 Hipótesis: W1
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p : -0,75 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento D (Presión)
 Carga de viento: 0,53 kN/m²
 Dirección de la carga: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Dirección 2

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+
 Hipótesis: W2
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p : -0,80 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)
 Carga de viento: 0,56 kN/m²
 Dirección de la carga: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Dirección 3

Vector dirección: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-
 Hipótesis: W3
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p : -0,40 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento E (Succión)
 Carga de viento: 0,28 kN/m²
 Dirección de la carga: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Dirección 4

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; -1,0000; Zg-

Hipótesis: W4

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,80 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)

Carga de viento: 0,56 kN/m²

Dirección de la carga: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Plano [1,0000; 0,0000; 0,0000; -1774,2001]

V04

Vector normal hacia el exterior:

1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Reparto:

Continua

Superficie actuante:

Fachada

Repartir sobre barras ficticias:

No

Repartir sobre tirantes:

No

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
1	1	1774,20	390,00	5,10
	2	1774,20	390,00	346,60
	3	1774,20	0,00	346,60
	4	1774,20	0,00	5,10

Dirección 1

Vector dirección: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Hipótesis: W1

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,40 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento E (Succión)

Carga de viento: 0,28 kN/m²

Dirección de la carga: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Dirección 2

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+

Hipótesis: W2

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,80 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)

Carga de viento: 0,56 kN/m²

Dirección de la carga: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Dirección 3

Vector dirección: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Hipótesis: W3

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²Coeficiente eólico, c_p : -0,75 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento D (Presión)

Carga de viento: 0,53 kN/m²

Dirección de la carga: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Dirección 4

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; -1,0000; Zg-

Hipótesis: W4

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²Coeficiente eólico, c_p : -0,80 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)

Carga de viento: 0,56 kN/m²

Dirección de la carga: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Plano [1,0000; 0,0000; 0,0000; -1502,6000]**V03**

Vector normal hacia el exterior:

1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Reparto:

Continua

Superficie actuante:

Fachada

Repartir sobre barras ficticias:

No

Repartir sobre tirantes:

No

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
1	1	1502,60	390,00	729,10
	2	1502,60	390,00	346,60
	3	1502,60	0,00	346,60
	4	1502,60	0,00	729,10

Dirección 1

Vector dirección: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Hipótesis: W1

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²Coeficiente eólico, c_p : -0,40 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento E (Succión)

Carga de viento: 0,28 kN/m²

Dirección de la carga: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+

Dirección 2

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+

Hipótesis: W2

Viento exterior:
Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
Coeficiente eólico, c_p: -0,80 (Succión)
h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)
Carga de viento: 0,56 kN/m²
Dirección de la carga: 1,0000; 0,0000; 0,0000; X_g+

Dirección 3

Vector dirección: -1,0000; 0,0000; 0,0000; X_g-
Hipótesis: W3
Viento exterior:
Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
Coeficiente eólico, c_p: -0,75 (Succión)
h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento D (Presión)
Carga de viento: 0,53 kN/m²
Dirección de la carga: -1,0000; 0,0000; 0,0000; X_g-

Dirección 4

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; -1,0000; Z_g-
Hipótesis: W4
Viento exterior:
Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
Coeficiente eólico, c_p: -0,80 (Succión)
h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)
Carga de viento: 0,56 kN/m²
Dirección de la carga: 1,0000; 0,0000; 0,0000; X_g+

Plano 390 [0,0000; 1,0000; 0,0000; -390,0000]

VC1

Vector normal hacia el exterior:	0,0000; 1,0000; 0,0000; Y _g +
Reparto:	Continua
Superficie actuante:	Fachada
Repartir sobre barras ficticias:	No
Repartir sobre tirantes:	No

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
1	1	5,20	390,00	5,10
	2	5,20	390,00	284,10
	3	545,20	390,00	275,60
	4	545,20	390,00	729,10
	5	1774,20	390,00	729,10
	6	1774,20	390,00	5,10

Dirección 1

Vector dirección: 1,0000; 0,0000; 0,0000; X_g+

Hipótesis: W1

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,70 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.4 Cubiertas planas (bordes con aristas): Zona del paramento H (Succión)

Carga de viento: 0,49 kN/m²

Dirección de la carga: 0,0000; 1,0000; 0,0000; Yg+

Dirección 2

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+

Hipótesis: W2

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,70 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.4 Cubiertas planas (bordes con aristas): Zona del paramento H (Succión)

Carga de viento: 0,49 kN/m²

Dirección de la carga: 0,0000; 1,0000; 0,0000; Yg+

Dirección 3

Vector dirección: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-

Hipótesis: W3

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,70 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.4 Cubiertas planas (bordes con aristas): Zona del paramento H (Succión)

Carga de viento: 0,49 kN/m²

Dirección de la carga: 0,0000; 1,0000; 0,0000; Yg+

Dirección 4

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; -1,0000; Zg-

Hipótesis: W4

Viento exterior:

Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²

Coeficiente eólico, c_p : -0,70 (Succión)

h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00

Tabla D.4 Cubiertas planas (bordes con aristas): Zona del paramento H (Succión)

Carga de viento: 0,49 kN/m²

Dirección de la carga: 0,0000; 1,0000; 0,0000; Yg+

Plano [0,0000; 0,0000; 1,0000; -346,6000]

V07

Vector normal hacia el exterior:

0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+

Reparto:

Continua

Superficie actuante: Fachada
 Repartir sobre barras ficticias: No
 Repartir sobre tirantes: No

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
1	1	1502,60	390,00	346,60
	2	1774,20	390,00	346,60
	3	1774,20	0,00	346,60
	4	1502,60	0,00	346,60

Dirección 1

Vector dirección: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+
 Hipótesis: W1
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p : -0,80 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)
 Carga de viento: 0,56 kN/m²
 Dirección de la carga: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+

Dirección 2

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+
 Hipótesis: W2
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p : -0,40 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento E (Succión)
 Carga de viento: 0,28 kN/m²
 Dirección de la carga: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+

Dirección 3

Vector dirección: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-
 Hipótesis: W3
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p : -0,80 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)
 Carga de viento: 0,56 kN/m²
 Dirección de la carga: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+

Dirección 4

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; -1,0000; Zg-
 Hipótesis: W4
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p : -0,75 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50

d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento D (Presión)
 Carga de viento: 0,53 kN/m²
 Dirección de la carga: 0,0000; 0,0000; -1,0000; Zg-

Plano [0,0157; 0,0000; 0,9999; -284,1466]

V06

Vector normal hacia el exterior: 0,0157; 0,0000; 0,9999
 Reparto: Continua
 Superficie actuante: Fachada
 Repartir sobre barras ficticias: No
 Repartir sobre tirantes: No

Polígono	Vértice	X (cm)	Y	Z
1	1	5,20	390,00	284,10
	2	545,20	390,00	275,60
	3	545,20	0,00	275,60
	4	5,20	0,00	284,10

Dirección 1

Vector dirección: 1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg+
 Hipótesis: W1
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p: -0,80 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)
 Carga de viento: 0,56 kN/m²
 Dirección de la carga: 0,0157; 0,0000; 0,9999

Dirección 2

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; 1,0000; Zg+
 Hipótesis: W2
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p: -0,40 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento E (Succión)
 Carga de viento: 0,28 kN/m²
 Dirección de la carga: 0,0157; 0,0000; 0,9999

Dirección 3

Vector dirección: -1,0000; 0,0000; 0,0000; Xg-
 Hipótesis: W3
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p: -0,80 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00

A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento B (Succión)
 Carga de viento: 0,56 kN/m²
 Dirección de la carga: 0,0157; 0,0000; 0,9999

Dirección 4

Vector dirección: 0,0000; 0,0000; -1,0000; Zg-
 Hipótesis: W4
 Viento exterior:
 Acción del viento [q_e / c_p]: 0,70 kN/m²
 Coeficiente eólico, c_p : -0,75 (Succión)
 h: Altura total del edificio a considerar (m): 4,50
 d: Profundidad del edificio en la dirección del viento (m): 7,00
 A: Área de influencia del elemento o punto (m²): 10,00
 Tabla D.3 Paramentos Verticales: Zona del paramento D (Presión)
 Carga de viento: 0,53 kN/m²
 Dirección de la carga: -0,0157; 0,0000; -0,9999

2.5.1. Cargas térmicas

No se consideran.

2.5.1. Cargas sísmicas

Método de cálculo: Dinámico (NCSE-02)

Aceleración sísmica básica:	0,14·g
Aceleración sísmica de cálculo:	0,17·g
Coeficiente de contribución:	1,0000

Tipo de terreno: III Intermedios. Densidad y Compacidad medias

Coeficiente de suelo: 1,6000

Uso del edificio: Residencial (viviendas, hoteles)

Permanencia de la nieve: Menos de 30 días/año

Período de Vida: 50,00 años

Ductilidad Baja

Soportes: Acero

Tipo de planta: Compartimentada

Cota del suelo (cm): 0

No se considera acción sísmica vertical

Cálculo de modos de vibración: Método FEAST. Globalmente sin condensación

No considerar la masa rotacional

No considerar la excentricidad accidental

Combinar las acciones sísmicas de todas las direcciones según la raíz cuadrada de la suma de cuadrados (SRSS)

Aceleración sísmica rotacional: 0,00 (rd/s²) / (cm/s²)

Número de modos de vibración a componer: 45

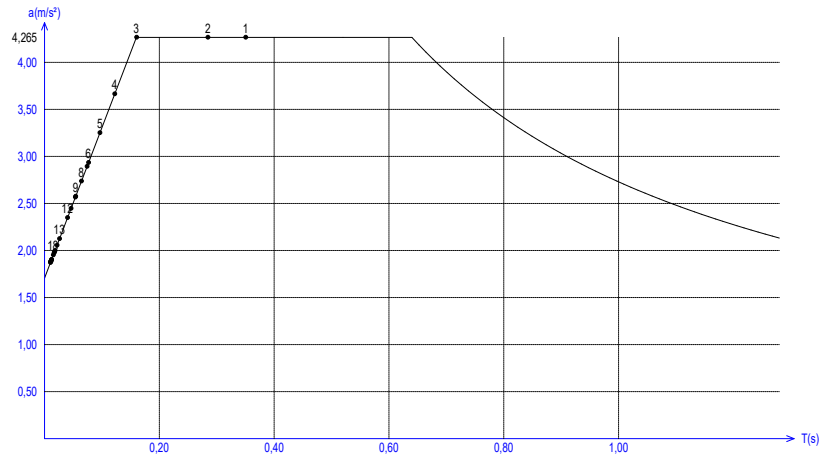
% de masa efectiva máxima a componer: 90 %

Porcentaje de las sobrecargas que intervienen en el sismo

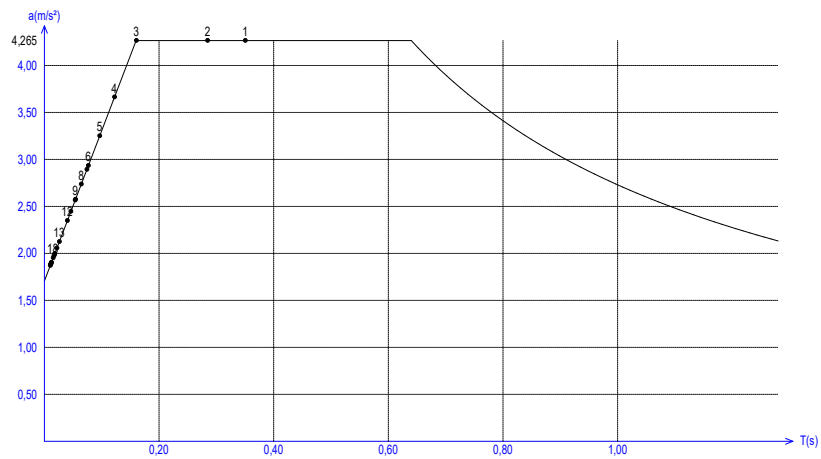
Permanentes:	100,00%
Sobrecargas:	50,00%
Nieve:	0,00%
Móviles:	50,00%

Espectros elásticos

Dirección X

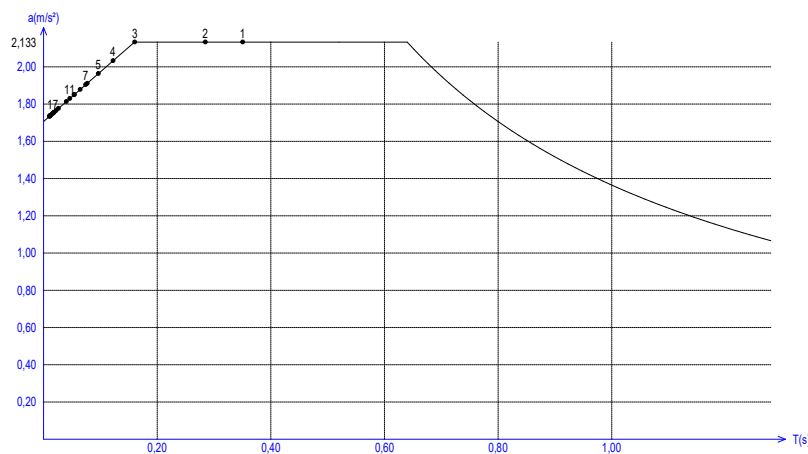


Dirección Z

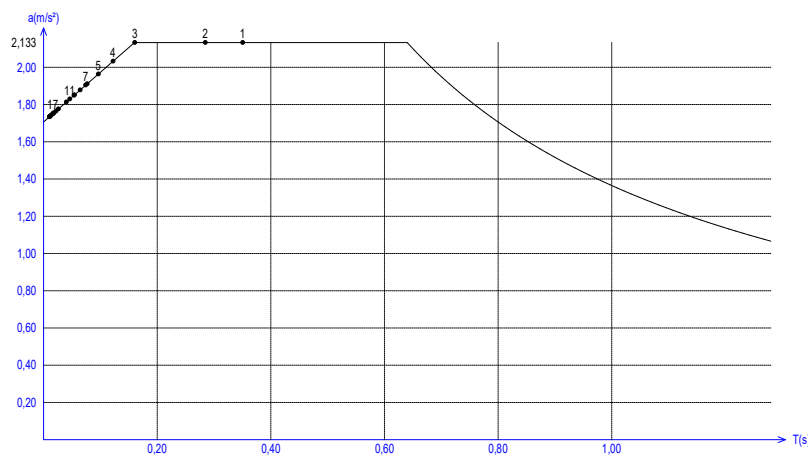


Espectros de cálculo

Dirección X



Dirección Z



2.5.2. Cargas accidentales

No se consideran.

2.5.3. Empujes del terreno

No se consideran

2.6. Clases de ejecución de la estructura

Se indica a continuación la clase de ejecución de los elementos que forman parte de la estructura metálica, necesaria para garantizar el nivel de seguridad definido. La clase de ejecución afectará a los procesos fabricación y montaje de las estructuras.

2.6.1. Nivel de riesgo

El nivel de riesgo de una obra define las consecuencias que podría tener su fallo estructural durante su construcción o en servicio, y se establece según los siguientes criterios:

- Nivel CC3: Elementos en que su falla compromete la seguridad de las personas o puede generar grandes pérdidas económicas.
- Nivel CC2: Elementos en que su falla compromete la seguridad de las personas, pero no el público en general, o puede generar apreciables pérdidas económicas.
- Nivel CC1: Elementos no incluidos en los niveles anteriores.

2.6.2. Condiciones de ejecución y riesgo

Las condiciones de ejecución y uso intentan categorizar los riesgos inherentes al tipo de construcción y el tipo de acciones que pueden incidir sobre la estructura. Se establecen de acuerdo con las categorías de uso y ejecución que se definen a continuación:

2.6.2.1. categorías de uso

La categoría de uso depende del riesgo ligado al servicio para el que se diseña la estructura:

- SC1: Estructuras y componentes sometidos a acciones predominantemente estáticas (edificios). Estructuras con uniones diseñadas para acciones sísmicas moderadas que no requieren ductilidad. Carrileras y soportes con cargas de fatiga reducida.
- SC2: Estructuras y componentes sometidos a acciones de fatiga (puentes de carretera, grúas y carrileras). Estructuras sometidas a vibraciones por efectos del viento, paso de personas o maquinaria con rotación. Estructuras con uniones que requieren ductilidad para requisito de diseño antisísmico.

2.6.2.2. categorías de ejecución

La categoría de uso depende de la fabricación y del montaje de la estructura:

- PC1: Componentes sin uniones soldadas con cualquier tipo de acero. Componentes con soldaduras de hacer de grado inferior a S355 realizadas en taller.
- PC2: Componentes con soldaduras de acero de grado S355 o superior. Ejecución de soldaduras en obra de elementos principales. Elementos sometidos a tratamiento térmico durante su fabricación

La categoría de uso depende de la fabricación y del montaje de la estructura:

- PC1: Componentes sin uniones soldadas, con cualquier tipo de acero. Componentes con soldaduras de acero de grado inferior a S355 realizadas en taller.
- PC2: Componentes con soldaduras de acero de grado S355 o superior. Ejecución de soldaduras en obra de elementos principales. Elementos sometidos a tratamiento térmico durante su fabricación: Piezas de perfil hueco con recortes en boca de lobo.

2.6.3. Determinación de la clase de ejecución

La clase de ejecución se define a partir de los criterios anteriores de nivel de riesgo y categoría de las condiciones de ejecución y uso de acuerdo con la siguiente tabla:

Nivel de riesgo	CC1	CC2	CC3
-----------------	-----	-----	-----

categoría de uso	SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
categoría ejecución PC1	1	2	2	3	3	3
categoría ejecución PC2	2	2	2	3	3	4

En casos particulares, de conformidad con la propiedad, puede ser conveniente imponer una clase de ejecución superior en algunos elementos particulares.

Las estructuras que se incluyen en el presente informe de cálculo se clasifican de la siguiente manera:

Nivel de riesgo: CC2

categoría de uso: SC1

categoría de ejecución: PC1

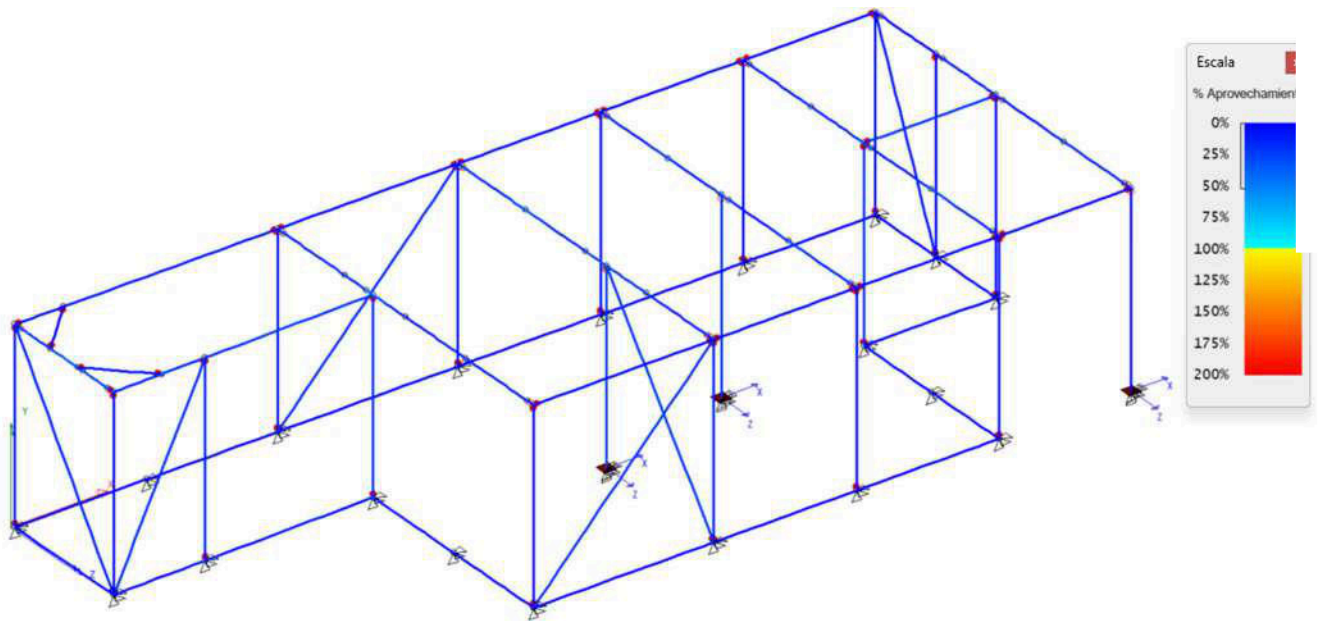
Por lo tanto, la clase de ejecución de los diferentes elementos y componentes estructurales es :

CLASE DE EJECUCIÓN = 2

2.7. RESULTADOS DE CÁLCULO

2.7.1. Verificación del Estado Límite Último

2.7.1.1. Gráfico de aprovechamiento de perfiles de acero



El grado de aprovechamiento de los perfiles para la combinación de cargas más desfavorable está alrededor del 50 %.

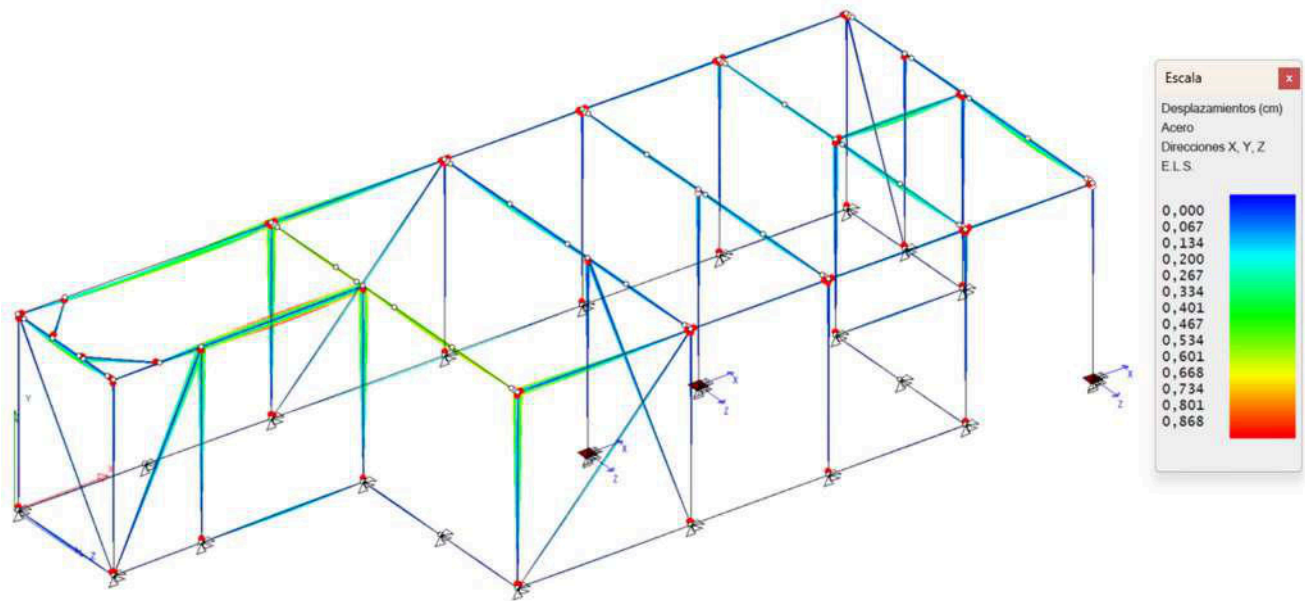
2.7.1.2. Gráfico de aprovechamiento de perfiles de madera

No se ha considerado estructuras de madera en el cálculo

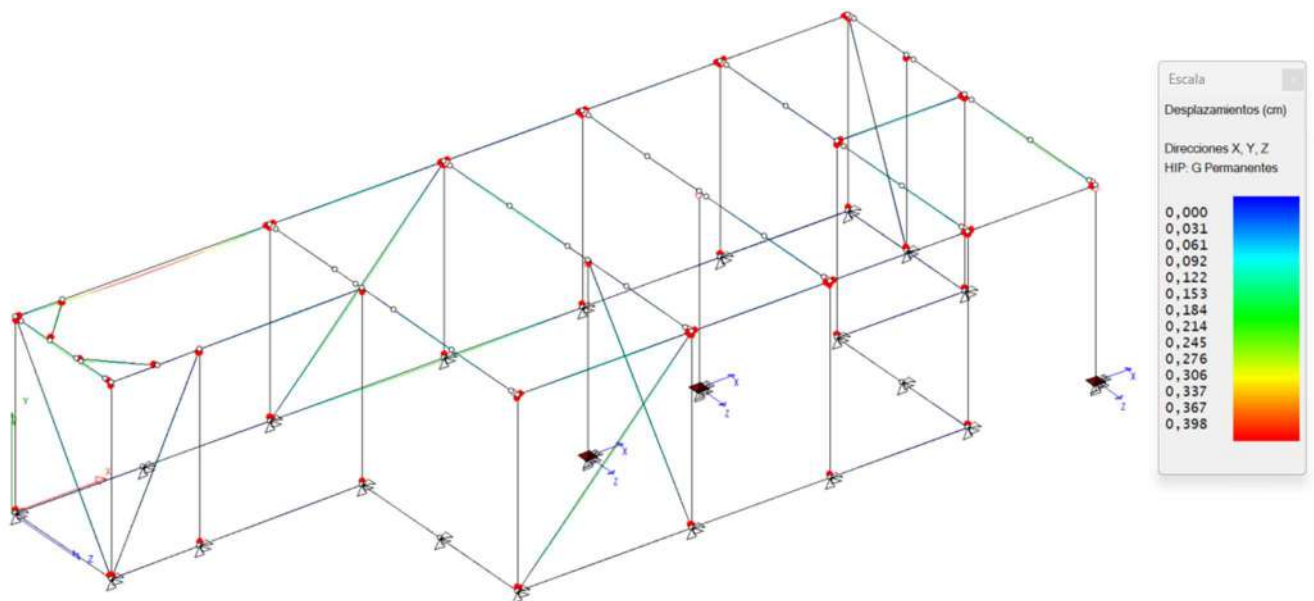
2.7.2. Verificación del Estado Límite de Servicio (E.L.S)

Deformación general de la estructura:

La deformación máxima de la cubierta es de 8,68 mm, en el caso de que la estructura se encuentre completamente cargada.



Deformación debida a las cargas permanentes:



La deformación debida a cargas permanentes es de 3,98 mm.

Las deformaciones de la estructura son compatibles con el uso para el que está diseñada.

3. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Además de las informaciones incluidas en los apartados anteriores, este informe de cálculo incluye en sus anexos la siguiente información:

- Listado completo de combinaciones automáticas
- Listado de cálculo de estructura metálica
- Listado de cálculo de los perfiles omega
- Listado de cálculo de uniones y arriostrados
- Listado de reacciones de la estructura

El informe de cálculo se acompaña también de los correspondientes planos generales de estructura, que permiten definir completamente la estructura para permitir su fabricación.

4. CONCLUSIONES

Por todo lo comentado anteriormente, y tal y como se justifica en los correspondientes listados de cálculo que se adjuntan en los anejos a este informe de cálculo, las estructuras metálicas analizadas para la estructura de una vivienda unifamiliar aislada en planta baja, situada en el término municipal de Alicante, , , que motiva este informe de cálculo, cumplen con los requisitos para los que ha sido diseñada, y con la normativa actualmente en vigor.

Ingeniero industrial

5. ANEJO DE CÁLCULO

- 1- Listado completo de combinaciones de carga
- 2- Listados de cálculo de estructura metálica
- 3- Listados de cálculo de omegas
- 4- Listados de cálculo de uniones y arriostrados
- 5- Listado de reacciones

5.1. Combinaciones de carga

Combinaciones			
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27
0	1	---	+1,00 G
1	1	---	+1,00 G +1,00 w1
2	1	---	+1,00 G +1,00 w2
3	1	---	+1,00 G +1,00 w3
4	1	---	+1,00 G +1,00 w4
5	1	---	+1,00 G -1,00 w1
6	1	---	+1,00 G -1,00 w2
7	1	---	+1,00 G -1,00 w3
8	1	---	+1,00 G -1,00 w4
9	1	---	+1,00 G +1,00 S
10	1	---	+1,00 G +0,60 w1 +1,00 S
11	1	---	+1,00 G +1,00 w1 +0,50 S
12	1	---	+1,00 G +0,60 w2 +1,00 S
13	1	---	+1,00 G +1,00 w2 +0,50 S
14	1	---	+1,00 G +1,00 S +0,60 w3
15	1	---	+1,00 G +0,50 S +1,00 w3
16	1	---	+1,00 G +1,00 S +0,60 w4
17	1	---	+1,00 G +0,50 S +1,00 w4
18	1	---	+1,00 G -0,60 w1 +1,00 S
19	1	---	+1,00 G -1,00 w1 +0,50 S
20	1	---	+1,00 G -0,60 w2 +1,00 S
21	1	---	+1,00 G -1,00 w2 +0,50 S
22	1	---	+1,00 G +1,00 S -0,60 w3
23	1	---	+1,00 G +0,50 S -1,00 w3
24	1	---	+1,00 G +1,00 S -0,60 w4
25	1	---	+1,00 G +0,50 S -1,00 w4
26	1	---	+1,00 G +1,00 Q1
27	1	---	+1,00 G +1,00 Q1 +0,60 w1
28	1	---	+1,00 G +0,70 Q1 +1,00 w1
29	1	---	+1,00 G +1,00 Q1 +0,60 w2
30	1	---	+1,00 G +0,70 Q1 +1,00 w2
31	1	---	+1,00 G +1,00 Q1 +0,60 w3
32	1	---	+1,00 G +0,70 Q1 +1,00 w3
33	1	---	+1,00 G +1,00 Q1 +0,60 w4
34	1	---	+1,00 G +0,70 Q1 +1,00 w4
35	1	---	+1,00 G +1,00 Q1 -0,60 w1
36	1	---	+1,00 G +0,70 Q1 -1,00 w1
37	1	---	+1,00 G +1,00 Q1 -0,60 w2
38	1	---	+1,00 G +0,70 Q1 -1,00 w2

Combinaciones					
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27		
39	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	-0,60 w3
40	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	-1,00 w3
41	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	-0,60 w4
42	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	-1,00 w4
43	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	+0,50 s
44	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+1,00 s
45	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	+0,60 w1 +0,50 s
46	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+0,60 w1 +1,00 s
47	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+1,00 w1 +0,50 s
48	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	+0,60 w2 +0,50 s
49	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+0,60 w2 +1,00 s
50	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+1,00 w2 +0,50 s
51	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	+0,50 s +0,60 w3
52	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+1,00 s +0,60 w3
53	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+0,50 s +1,00 w3
54	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	+0,50 s +0,60 w4
55	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+1,00 s +0,60 w4
56	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+0,50 s +1,00 w4
57	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	-0,60 w1 +0,50 s
58	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	-0,60 w1 +1,00 s
59	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	-1,00 w1 +0,50 s
60	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	-0,60 w2 +0,50 s
61	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	-0,60 w2 +1,00 s
62	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	-1,00 w2 +0,50 s
63	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	+0,50 s -0,60 w3
64	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+1,00 s -0,60 w3
65	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+0,50 s -1,00 w3
66	1	---	+1,00 G	+1,00 Q1	+0,50 s -0,60 w4
67	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+1,00 s -0,60 w4
68	1	---	+1,00 G	+0,70 Q1	+0,50 s -1,00 w4
69	1	---	+1,00 G		
70	1	---	+1,00 G		
71	1	---	+1,00 G	+0,50 w1	
72	1	---	+1,00 G		
73	1	---	+1,00 G	+0,50 w2	
74	1	---	+1,00 G		
75	1	---	+1,00 G	+0,50 w3	
76	1	---	+1,00 G		
77	1	---	+1,00 G	+0,50 w4	
78	1	---	+1,00 G		
79	1	---	+1,00 G	-0,50 w1	
80	1	---	+1,00 G		

Combinaciones				
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27	
81	1	---	+1,00 G	-0,50 w2
82	1	---	+1,00 G	
83	1	---	+1,00 G	-0,50 w3
84	1	---	+1,00 G	
85	1	---	+1,00 G	-0,50 w4
86	1	---	+1,00 G	
87	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
88	1	---	+1,00 G	
89	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
90	1	---	+1,00 G	+0,50 w1
91	1	---	+1,00 G	
92	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
93	1	---	+1,00 G	+0,50 w2
94	1	---	+1,00 G	
95	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
96	1	---	+1,00 G	+0,50 w3
97	1	---	+1,00 G	
98	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
99	1	---	+1,00 G	+0,50 w4
100	1	---	+1,00 G	
101	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
102	1	---	+1,00 G	-0,50 w1
103	1	---	+1,00 G	
104	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
105	1	---	+1,00 G	-0,50 w2
106	1	---	+1,00 G	
107	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
108	1	---	+1,00 G	-0,50 w3
109	1	---	+1,00 G	
110	1	---	+1,00 G	+0,50 T +0,20 S
111	1	---	+1,00 G	-0,50 w4
112	1	---	+1,00 G	
113	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1
114	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1
115	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1
116	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +0,50 w1
117	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1
118	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1
119	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +0,50 w2
120	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1
121	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1
122	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +0,50 w3

Combinaciones					
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27		
123	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
124	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
125	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 w4
126	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
127	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
128	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-0,50 w1
129	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
130	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
131	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-0,50 w2
132	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
133	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
134	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-0,50 w3
135	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
136	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
137	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-0,50 w4
138	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
139	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
140	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T +0,20 S
141	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
142	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
143	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T +0,20 S
144	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 w1
145	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
146	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
147	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T +0,20 S
148	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 w2
149	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
150	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
151	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T +0,20 S
152	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 w3
153	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
154	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
155	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T +0,20 S
156	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 w4
157	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
158	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
159	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T +0,20 S
160	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-0,50 w1
161	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	
162	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1	
163	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T +0,20 S
164	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-0,50 w2

Combinaciones						
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27			
165	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1		
166	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1		
167	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T	+0,20 S
168	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-0,50 W3	
169	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1		
170	1	---	+1,00 G	+0,50 Q1		
171	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+0,50 T	+0,20 S
172	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-0,50 W4	
173	1	---	+1,00 G	+0,30 Q1		
0	2	---	+1,35 G			
1	2	---	+1,35 G	+1,50 W1		
2	2	---	+1,35 G	+1,50 W2		
3	2	---	+1,35 G	+1,50 W3		
4	2	---	+1,35 G	+1,50 W4		
5	2	---	+1,35 G	-1,50 W1		
6	2	---	+1,35 G	-1,50 W2		
7	2	---	+1,35 G	-1,50 W3		
8	2	---	+1,35 G	-1,50 W4		
9	2	---	+1,35 G	+1,50 S		
10	2	---	+1,35 G	+0,90 W1	+1,50 S	
11	2	---	+1,35 G	+1,50 W1	+0,75 S	
12	2	---	+1,35 G	+0,90 W2	+1,50 S	
13	2	---	+1,35 G	+1,50 W2	+0,75 S	
14	2	---	+1,35 G	+1,50 S	+0,90 W3	
15	2	---	+1,35 G	+0,75 S	+1,50 W3	
16	2	---	+1,35 G	+1,50 S	+0,90 W4	
17	2	---	+1,35 G	+0,75 S	+1,50 W4	
18	2	---	+1,35 G	-0,90 W1	+1,50 S	
19	2	---	+1,35 G	-1,50 W1	+0,75 S	
20	2	---	+1,35 G	-0,90 W2	+1,50 S	
21	2	---	+1,35 G	-1,50 W2	+0,75 S	
22	2	---	+1,35 G	+1,50 S	-0,90 W3	
23	2	---	+1,35 G	+0,75 S	-1,50 W3	
24	2	---	+1,35 G	+1,50 S	-0,90 W4	
25	2	---	+1,35 G	+0,75 S	-1,50 W4	
26	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1		
27	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,90 W1	
28	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 W1	
29	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,90 W2	
30	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 W2	
31	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,90 W3	
32	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 W3	

Combinaciones					
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27		
33	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,90 w4
34	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 w4
35	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	-0,90 w1
36	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	-1,50 w1
37	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	-0,90 w2
38	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	-1,50 w2
39	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	-0,90 w3
40	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	-1,50 w3
41	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	-0,90 w4
42	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	-1,50 w4
43	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,75 S
44	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 S
45	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,90 w1 +0,75 S
46	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+0,90 w1 +1,50 S
47	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 w1 +0,75 S
48	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,90 w2 +0,75 S
49	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+0,90 w2 +1,50 S
50	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 w2 +0,75 S
51	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,75 S +0,90 w3
52	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 S +0,90 w3
53	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+0,75 S +1,50 w3
54	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,75 S +0,90 w4
55	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 S +0,90 w4
56	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+0,75 S +1,50 w4
57	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	-0,90 w1 +0,75 S
58	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	-0,90 w1 +1,50 S
59	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	-1,50 w1 +0,75 S
60	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	-0,90 w2 +0,75 S
61	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	-0,90 w2 +1,50 S
62	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	-1,50 w2 +0,75 S
63	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,75 S -0,90 w3
64	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 S -0,90 w3
65	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+0,75 S -1,50 w3
66	2	---	+1,35 G	+1,50 Q1	+0,75 S -0,90 w4
67	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+1,50 S -0,90 w4
68	2	---	+1,35 G	+1,05 Q1	+0,75 S -1,50 w4
69	2	---	+0,80 G		
70	2	---	+0,80 G	+1,50 w1	
71	2	---	+0,80 G	+1,50 w2	
72	2	---	+0,80 G	+1,50 w3	
73	2	---	+0,80 G	+1,50 w4	
74	2	---	+0,80 G	-1,50 w1	

Combinaciones					
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27		
75	2	---	+0,80 G	-1,50 w2	
76	2	---	+0,80 G	-1,50 w3	
77	2	---	+0,80 G	-1,50 w4	
78	2	---	+0,80 G	+1,50 S	
79	2	---	+0,80 G	+0,90 w1	+1,50 S
80	2	---	+0,80 G	+1,50 w1	+0,75 S
81	2	---	+0,80 G	+0,90 w2	+1,50 S
82	2	---	+0,80 G	+1,50 w2	+0,75 S
83	2	---	+0,80 G	+1,50 S	+0,90 w3
84	2	---	+0,80 G	+0,75 S	+1,50 w3
85	2	---	+0,80 G	+1,50 S	+0,90 w4
86	2	---	+0,80 G	+0,75 S	+1,50 w4
87	2	---	+0,80 G	-0,90 w1	+1,50 S
88	2	---	+0,80 G	-1,50 w1	+0,75 S
89	2	---	+0,80 G	-0,90 w2	+1,50 S
90	2	---	+0,80 G	-1,50 w2	+0,75 S
91	2	---	+0,80 G	+1,50 S	-0,90 w3
92	2	---	+0,80 G	+0,75 S	-1,50 w3
93	2	---	+0,80 G	+1,50 S	-0,90 w4
94	2	---	+0,80 G	+0,75 S	-1,50 w4
95	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	
96	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,90 w1
97	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 w1
98	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,90 w2
99	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 w2
100	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,90 w3
101	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 w3
102	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,90 w4
103	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 w4
104	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	-0,90 w1
105	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	-1,50 w1
106	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	-0,90 w2
107	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	-1,50 w2
108	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	-0,90 w3
109	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	-1,50 w3
110	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	-0,90 w4
111	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	-1,50 w4
112	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,75 S
113	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 S
114	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,90 w1 +0,75 S
115	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+0,90 w1 +1,50 S
116	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 w1 +0,75 S

Combinaciones						
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27			
117	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,90 w2	+0,75 S
118	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+0,90 w2	+1,50 S
119	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 w2	+0,75 S
120	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,75 S	+0,90 w3
121	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 S	+0,90 w3
122	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+0,75 S	+1,50 w3
123	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,75 S	+0,90 w4
124	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 S	+0,90 w4
125	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+0,75 S	+1,50 w4
126	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	-0,90 w1	+0,75 S
127	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	-0,90 w1	+1,50 S
128	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	-1,50 w1	+0,75 S
129	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	-0,90 w2	+0,75 S
130	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	-0,90 w2	+1,50 S
131	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	-1,50 w2	+0,75 S
132	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,75 S	-0,90 w3
133	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 S	-0,90 w3
134	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+0,75 S	-1,50 w3
135	2	---	+0,80 G	+1,50 Q1	+0,75 S	-0,90 w4
136	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+1,50 S	-0,90 w4
137	2	---	+0,80 G	+1,05 Q1	+0,75 S	-1,50 w4
138	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
139	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
140	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
141	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
142	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
143	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
144	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
145	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
146	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
147	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
148	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
149	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
150	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
151	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
152	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
153	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
154	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
155	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
156	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
157	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		
158	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5		

Combinaciones				
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27	
159	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
160	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
161	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
162	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
163	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
164	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
165	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
166	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
167	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
168	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
169	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
170	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
171	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
172	2	---	+1,00 G	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
173	2	---	+1,00 G	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
174	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
175	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
176	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
177	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
178	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
179	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
180	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
181	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
182	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
183	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
184	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
185	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
186	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
187	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
188	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
189	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
190	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
191	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
192	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
193	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
194	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
195	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
196	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
197	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
198	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
199	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 -[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
200	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1 +[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5

Combinaciones					
Comb.	Orden	Reología Madera	H0+H1+H2...+H27		
201	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
202	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
203	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
204	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
205	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
206	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
207	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
208	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	+[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5
209	2	---	+1,00 G	+0,30 Q1	-[(1,00 Ex)^2+(1,00 Ez)^2]^0,5

5.2.

5.3. Listado de cálculo de la estructura metálica

5.3.1. Geometría

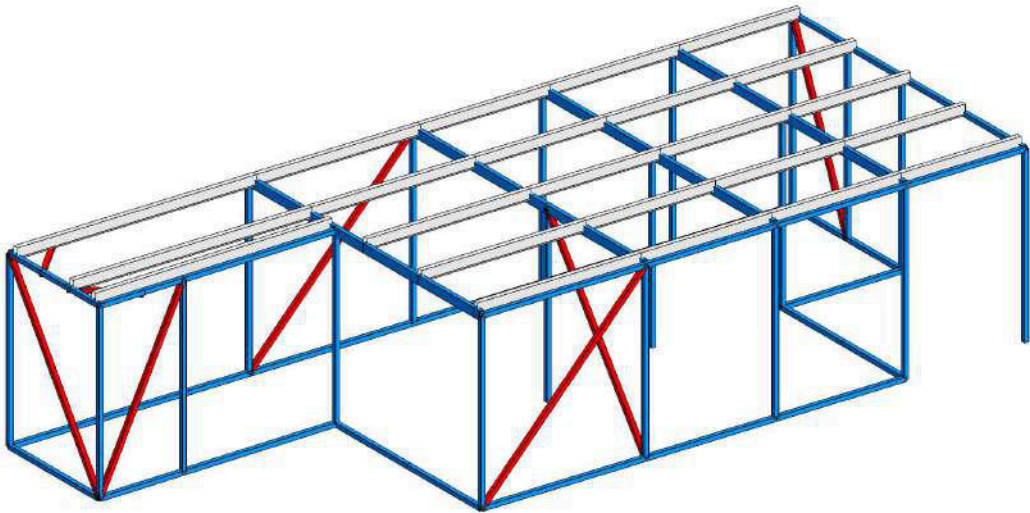
La estructura metálica se ha considerado en su globalidad y se ha modelado en 3 dimensiones.

Dadas las dimensiones del edificio, que no superan los 40 metros en ninguna de sus direcciones principales, no se han previsto juntas de dilatación para subdividir la estructura en diferentes zonas independientes.

Se incluyen los perfiles omega en el modelo estructural para tener en cuenta su peso y su comportamiento, pero se calculan con programas de cálculo específicos del fabricante, que tienen en cuenta el cálculo de secciones delgadas de acero.

Los círculos de color rojo en el modelo unifilar estructural representan articulaciones.

Modelo estructural completo:



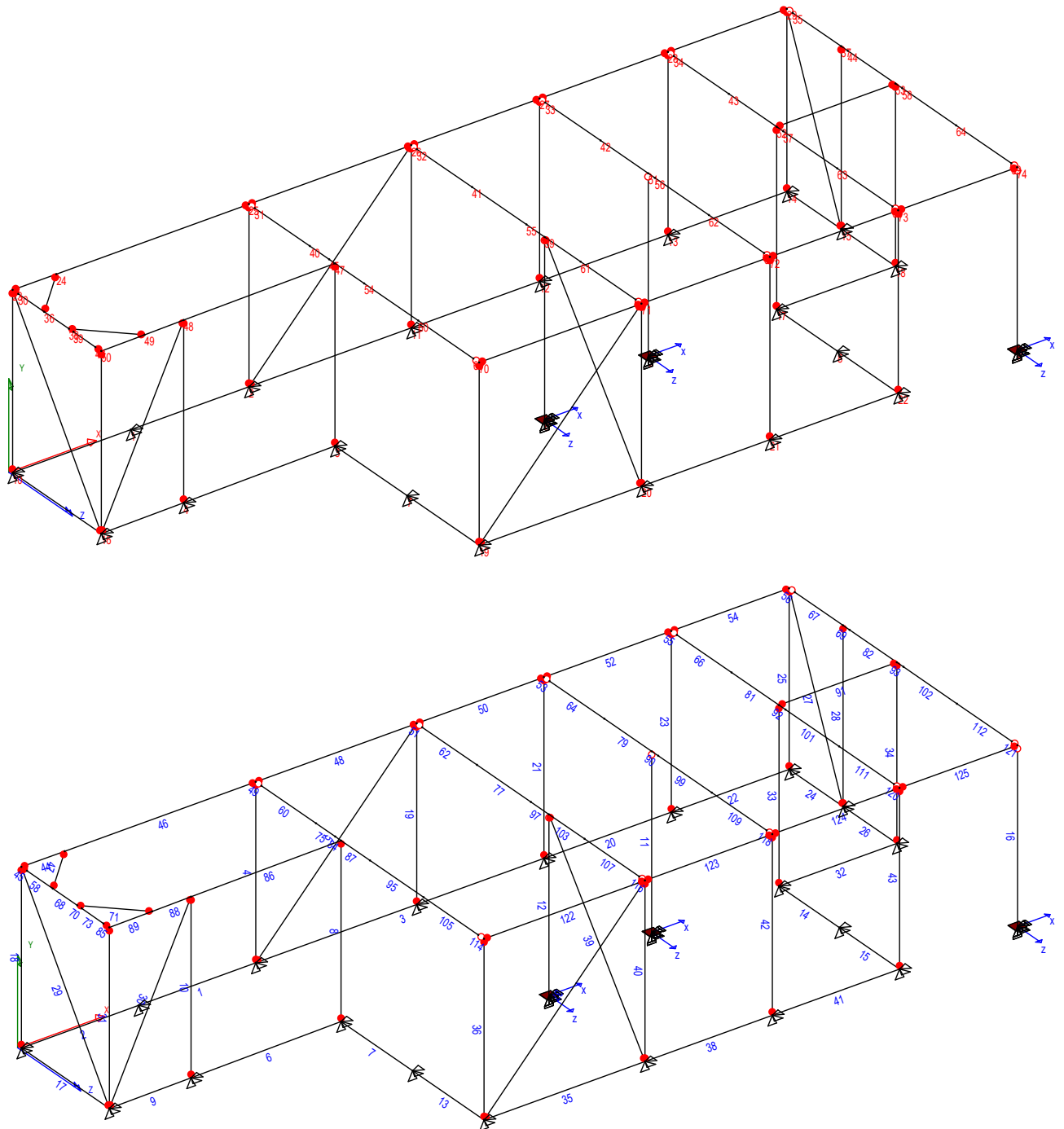
Modelo estructura completo

La estructura dimensionada se compone de los siguientes perfiles:

Conjunts	Série	Perfil	Unió	Foc	Únic ele...	G...	Co...
OMEGA	_OF	200.1,5				3	
RHS-200*100*3	RHSH	200x100..				3	
SHS-100*2	SHSC	100x2				3	
SHS-100*3	SHSC	100x3				3	

Modelo estructura completo

A continuación, se define la geometría de la estructura analizada

5.3.1.1. Nudos i Barras:**Numeración de nudos y barras**

5.3.1.2. Coordenadas de los nudos

NUDO	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	TIPO	
1	275,30	0,00	5,10 xyz____		
2	545,30	0,00	5,10 xyz____		
3	545,20	0,00	275,60 xyz____		
4	195,70	0,00	281,10 xyz____		
5	1209,30	0,00	346,60 xyzxyz		
6	915,90	0,00	424,60 xyzxyz		
7	545,20	0,00	502,40 xyz____		
8	1502,60	0,00	537,90 xyz____		
9	1774,20	0,00	729,10 xyzxyz		
10	5,20	0,00	5,10 xyz____		
11	915,90	0,00	5,10 xyz____		
12	1209,30	0,00	5,10 xyz____		
13	1502,60	0,00	5,10 xyz____		
14	1774,20	0,00	5,10 xyz____		
15	1774,20	0,00	176,10 xyz____		
16	5,20	0,00	284,10 xyz____		
17	1502,60	0,00	346,60 xyz____		
18	1774,20	0,00	346,60 xyz____		
19	545,20	0,00	729,10 xyz____		
20	915,90	0,00	729,10 xyz____		
21	1209,30	0,00	729,10 xyz____		

Ref. : Informe de Cálculo de estructura

NUDO	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)	TIPO	
22	1502,60	0,00	729,10 xyz____		
23	5,20	390,00	5,10 _____		
24	105,20	390,00	5,10 _____		
25	545,20	390,00	5,10 _____		
26	915,90	390,00	5,10 _____		
27	1209,30	390,00	5,10 _____		
28	1502,60	390,00	5,10 _____		
29	1774,20	390,00	5,10 _____		
30	5,20	390,00	23,10 _____		
31	545,20	390,00	23,10 _____		
32	915,90	390,00	23,10 _____		
33	1209,30	390,00	23,10 _____		
34	1502,60	390,00	23,10 _____		
35	1774,20	390,00	23,10 _____		
36	5,20	390,00	105,10 _____		
37	1774,20	390,00	176,10 _____		
38	5,20	390,00	182,50 _____		
39	5,20	390,00	196,60 _____		
40	545,20	390,00	196,60 _____		
41	915,90	390,00	196,60 _____		
42	1209,30	390,00	196,60 _____		
43	1502,60	390,00	196,60 _____		

Ref. : Informe de Cálculo de estructura

NUDO	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)	TIPO	
44	1774,20	390,00	196,60		
45	545,20	390,00	257,60		
46	4,90	390,00	266,10		
47	545,20	390,00	275,60		
48	195,70	390,00	281,10		
49	105,20	390,00	282,50		
50	5,20	390,00	284,10		
51	1209,30	390,00	346,60		
52	1502,60	390,00	346,60		
53	1774,20	390,00	346,60		
54	545,20	390,00	367,60		
55	915,90	390,00	367,60		
56	1209,30	390,00	367,60		
57	1502,60	390,00	367,60		
58	1774,20	390,00	367,60		
59	915,90	390,00	424,60		
60	545,20	390,00	537,60		
61	915,90	390,00	537,60		
62	1209,30	390,00	537,60		
63	1502,60	390,00	537,60		
64	1774,20	390,00	537,60		
65	545,20	390,00	711,10		

Ref. : Informe de Cálculo de estructura

NUDO	X(cm)	Y(cm)	Z(cm)	TIPO	
66	915,90	390,00	711,10	_____	
67	1209,30	390,00	711,10	_____	
68	1502,60	390,00	711,10	_____	
69	1774,20	390,00	711,10	_____	
70	545,20	390,00	729,10	_____	
71	915,90	390,00	729,10	_____	
72	1209,30	390,00	729,10	_____	
73	1502,60	390,00	729,10	_____	
74	1774,20	390,00	729,10	_____	

5.3.1.3. Propiedades de las barras principales

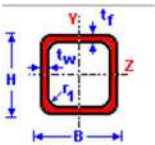
Barr a	Seri e	Perfil	H (mm)	B (mm)	L (cm)	beta	Sim.Yp	Aligerado
1	SHSC	100x3	100	100	270	180,00	---	No
2	SHSC	100x3	100	100	270	0,00	---	No
3	SHSC	100x3	100	100	664	0,00	---	No
4	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
5	SHSC	100x2	100	100	538	0,00	---	No
6	SHSC	100x3	100	100	350	0,00	---	No
7	SHSC	100x3	100	100	227	0,00	---	No
8	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
9	SHSC	100x3	100	100	191	0,00	---	No
10	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
11	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
12	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
13	SHSC	100x3	100	100	227	0,00	---	No
14	SHSC	100x3	100	100	191	180,00	---	No
15	SHSC	100x3	100	100	191	0,00	---	No

Barr a	Seri e	Perfil	H (mm)	B (mm)	L (cm)	beta	Sim.Yp	Aligerado
16	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
17	SHSC	100x3	100	100	279	0,00	---	No
18	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
19	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
20	SHSC	100x3	100	100	293	0,00	---	No
21	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
22	SHSC	100x3	100	100	272	0,00	---	No
23	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
24	SHSC	100x3	100	100	171	0,00	---	No
25	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
26	SHSC	100x3	100	100	170	0,00	---	No
27	SHSC	100x2	100	100	426	0,00	---	No
28	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
29	SHSC	100x2	100	100	480	0,00	---	No
30	SHSC	100x2	100	100	434	0,00	---	No
31	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
32	SHSC	100x3	100	100	272	0,00	---	No
33	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
34	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
35	SHSC	100x3	100	100	371	0,00	---	No
36	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
37	SHSC	100x2	100	100	538	0,00	---	No
38	SHSC	100x3	100	100	293	0,00	---	No
39	SHSC	100x2	100	100	495	0,00	---	No
40	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
41	SHSC	100x3	100	100	293	0,00	---	No
42	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
43	SHSC	100x3	100	100	390	0,00	---	No
44	SHSC	100x3	100	100	100	0,00	---	No
45	SHSC	100x3	100	100	18	0,00	---	No
46	SHSC	100x3	100	100	440	0,00	---	No
47	SHSC	100x2	100	100	141	0,00	---	No

Barr a	Seri e	Perfil	H (mm)	B (mm)	L (cm)	beta	Sim.Yp	Aligerado
48	SHSC	100x3	100	100	371	0,00	---	No
49	RHSH	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
50	SHSC	100x3	100	100	293	0,00	---	No
51	RHSH	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
52	SHSC	100x3	100	100	293	0,00	---	No
53	RHSH	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
54	SHSC	100x3	100	100	272	0,00	---	No
55	RHSH	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
56	SHSC	100x3	100	100	18	0,00	---	No
58	SHSC	100x3	100	100	82	0,00	---	No
60	RHSH	200x100x3	200	100	174	0,00	---	No
62	RHSH	200x100x3	200	100	174	0,00	---	No
64	RHSH	200x100x3	200	100	174	0,00	---	No
66	RHSH	200x100x3	200	100	174	0,00	---	No
67	SHSC	100x3	100	100	153	0,00	---	No
68	SHSC	100x3	100	100	77	0,00	---	No
69	SHSC	100x3	100	100	20	0,00	---	No
70	SHSC	100x3	100	100	14	0,00	---	No
71	SHSC	100x2	100	100	141	180,00	---	No
73	SHSC	100x3	100	100	70	180,00	---	No
75	RHSH	200x100x3	200	100	61	0,00	---	No
77	RHSH	200x100x3	200	100	171	0,00	---	No
79	RHSH	200x100x3	200	100	150	0,00	---	No
81	RHSH	200x100x3	200	100	150	0,00	---	No
82	SHSC	100x3	100	100	150	0,00	---	No
84	RHSH	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
85	SHSC	100x3	100	100	18	0,00	---	No
86	SHSC	100x3	100	100	350	0,00	---	No
87	RHSH	200x100x3	200	100	92	0,00	---	No
88	SHSC	100x3	100	100	91	0,00	---	No
89	SHSC	100x3	100	100	100	0,00	---	No
90	RHSH	200x100x3	200	100	21	0,00	---	No

Barr a	Seri e	Perfil	H (mm)	B (mm)	L (cm)	beta	Sim.Yp	Aligerado
	91 SHSC	100x3	100	100	272	0,00	---	No
	92 RSHS	200x100x3	200	100	21	0,00	---	No
	93 SHSC	100x3	100	100	21	0,00	---	No
	95 RSHS	200x100x3	200	100	170	0,00	---	No
	97 RSHS	200x100x3	200	100	57	0,00	---	No
	99 RSHS	200x100x3	200	100	170	0,00	---	No
	101 RSHS	200x100x3	200	100	170	0,00	---	No
	102 SHSC	100x3	100	100	170	0,00	---	No
	103 RSHS	200x100x3	200	100	113	0,00	---	No
	105 RSHS	200x100x3	200	100	174	0,00	---	No
	107 RSHS	200x100x3	200	100	174	0,00	---	No
	109 RSHS	200x100x3	200	100	174	0,00	---	No
	111 RSHS	200x100x3	200	100	174	0,00	---	No
	112 SHSC	100x3	100	100	174	0,00	---	No
	114 RSHS	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
	116 RSHS	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
	118 RSHS	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
	120 RSHS	200x100x3	200	100	18	0,00	---	No
	121 SHSC	100x3	100	100	18	0,00	---	No
	122 SHSC	100x3	100	100	371	0,00	---	No
	123 SHSC	100x3	100	100	293	0,00	---	No
	124 SHSC	100x3	100	100	293	0,00	---	No
	125 SHSC	100x3	100	100	272	0,00	---	No

5.3.1.4. Características mecánicas de los perfiles:



RHS- 200x100x3

SHS-100x3

Ref. : Informe de Cálculo de estructura

Nombre: 200x100x3

Dimensiones(mm)

H: 200
B: 100
Espesores(mm)
tf: 3,0
tw: 3,0
C.d.Gravedad (mm)
Zg: 0,00
Yg: 0,00
Áreas(cm2)
Ax: 17,408
Ay: 11,605
Az: 5,803

Momentos de Inercia (cm4)
It: 736,492
Iy: 318,227
Iz: 924,335
Módulos Resistentes (cm3)
Elásticos
Wt: 114,642
Wy,el: 63,645
Wz,el: 92,433
Plásticos
Wy,pl: 70,308
Wz,pl: 113,249

Secciones de Acero
Laminado o conformado
r1 (mm)
r2 (mm)
i (%)
Armado o soldado
a (mm)
Guardar
Eliminar
<<
>>
Salir

P (kN/m)

0,1341

Nombre: 100x3

Dimensiones(mm)

H: 100
B: 100
Espesores(mm)
tf: 3,0
tw: 3,0
C.d.Gravedad (mm)
Zg: 0,00
Yg: 0,00
Áreas(cm2)
Ax: 11,408
Ay: 5,704
Az: 5,704

Momentos de Inercia (cm4)
It: 268,942
Iy: 177,047
Iz: 177,047
Módulos Resistentes (cm3)
Elásticos
Wt: 56,442
Wy,el: 35,409
Wz,el: 35,409
Plásticos
Wy,pl: 41,208
Wz,pl: 41,208

Secciones de Acero
Laminado o conformado
r1 (mm)
r2 (mm)
i (%)
Armado o soldado
a (mm)
Guardar
Eliminar
<<
>>
Salir

P (kN/m)

0,0879

SHS-100x2

Nombre: 100x2

Dimensiones(mm)

H: 100
B: 100
Espesores(mm)
tf: 2,0
tw: 2,0
C.d.Gravedad (mm)
Zg: 0,00
Yg: 0,00
Áreas(cm2)
Ax: 7,840
Ay: 3,495
Az: 3,495

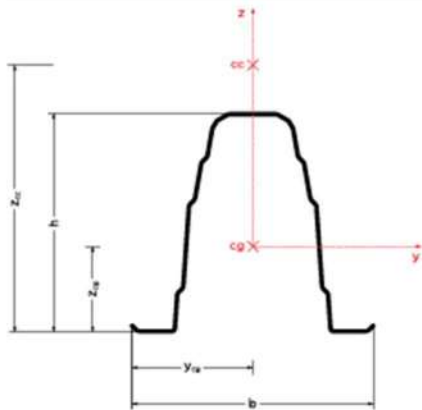
Momentos de Inercia (cm4)
It: 188,238
Iy: 125,545
Iz: 125,545
Módulos Resistentes (cm3)
Elásticos
Wt: 38,416
Wy,el: 25,109
Wz,el: 25,109
Plásticos
Wy,pl: 28,816
Wz,pl: 28,816

Secciones de Acero
Laminado o conformado
r1 (mm)
r2 (mm)
i (%)
Armado o soldado
a (mm)
Guardar
Eliminar
<<
>>
Salir

P (kN/m)

0,0604

SUPEROMEGA® 160 X 1.5 - S280GD - SIMPLE



Propiedades Geométricas

Altura: 160 mm
Ancho: 197.1 mm
Espesor: 1.5 mm
Área_{eff}: 630.12 mm²

W⁺_{y,eff}: 27153.01 mm³
W⁻_{y,eff}: 26932.80 mm³
W⁺_{z,eff}: 18083.73 mm³
W⁻_{z,eff}: 18083.73 mm³

5.3.2. Diagramas de esfuerzos

Diagrama de momentos flectores Z

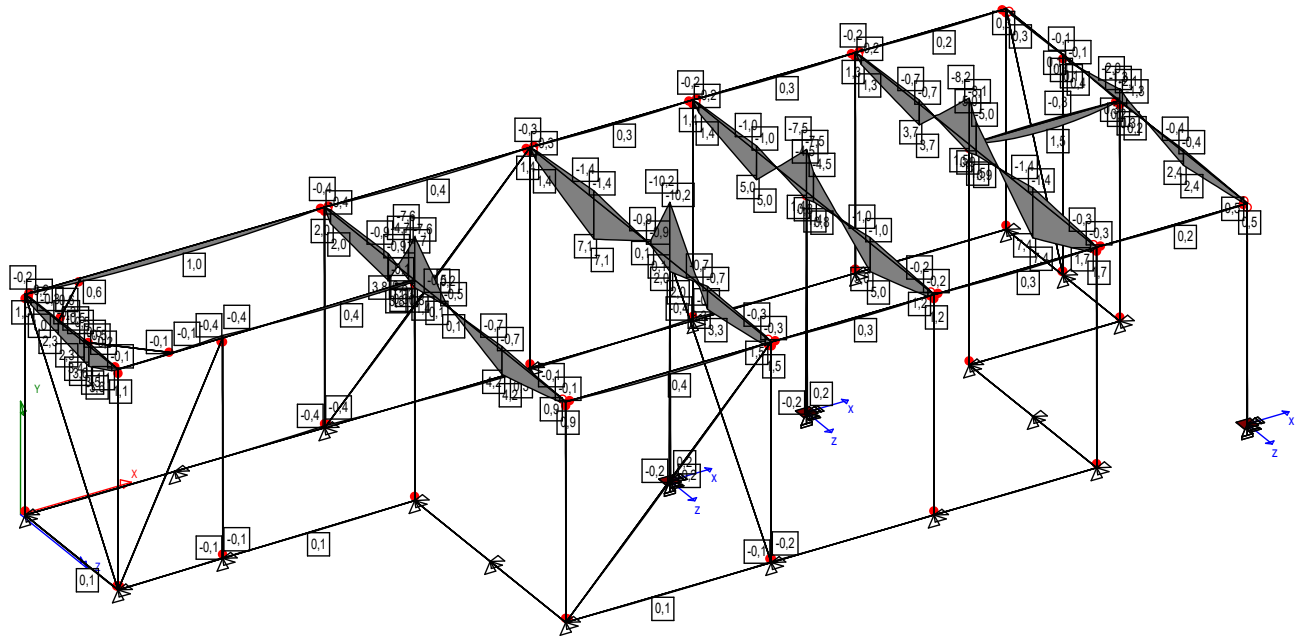


Diagrama de momentos flectores Y

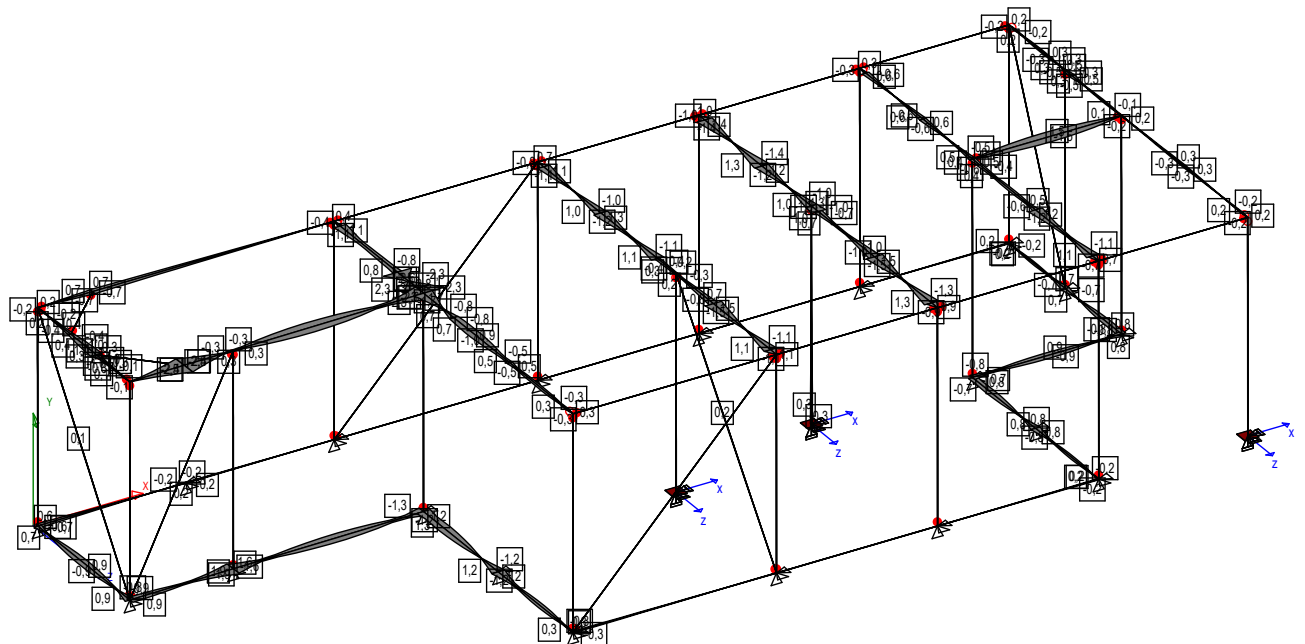


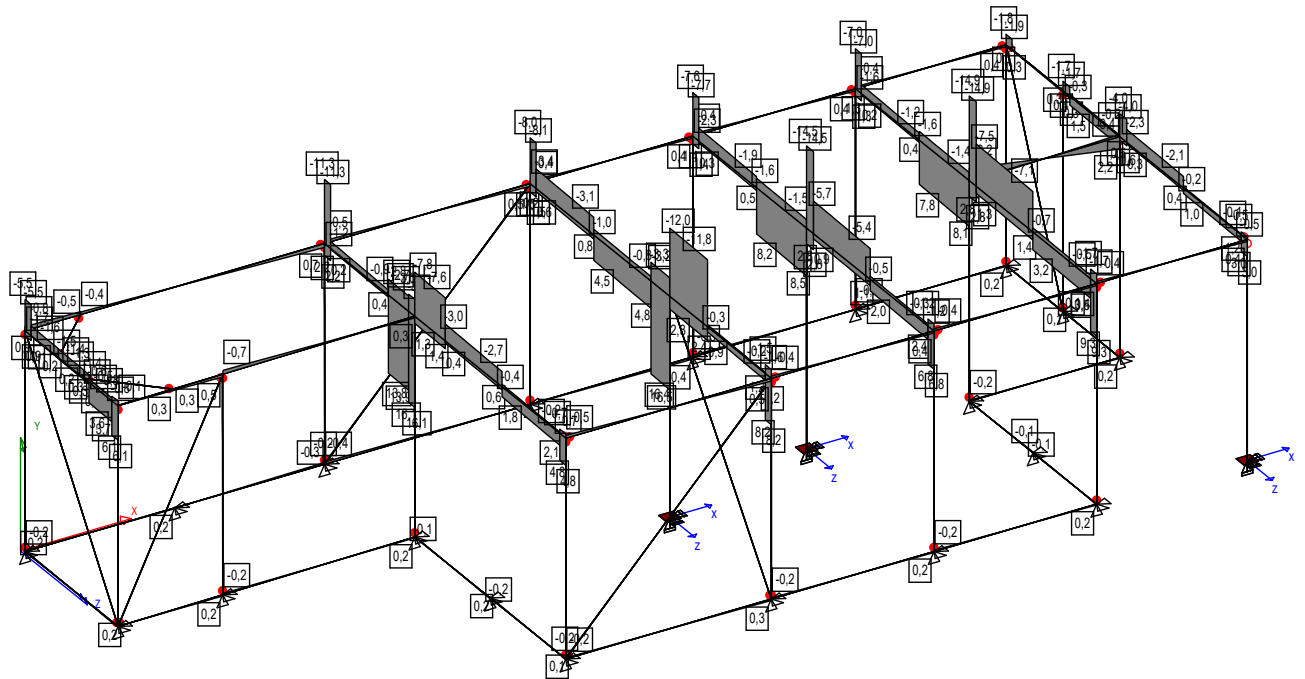
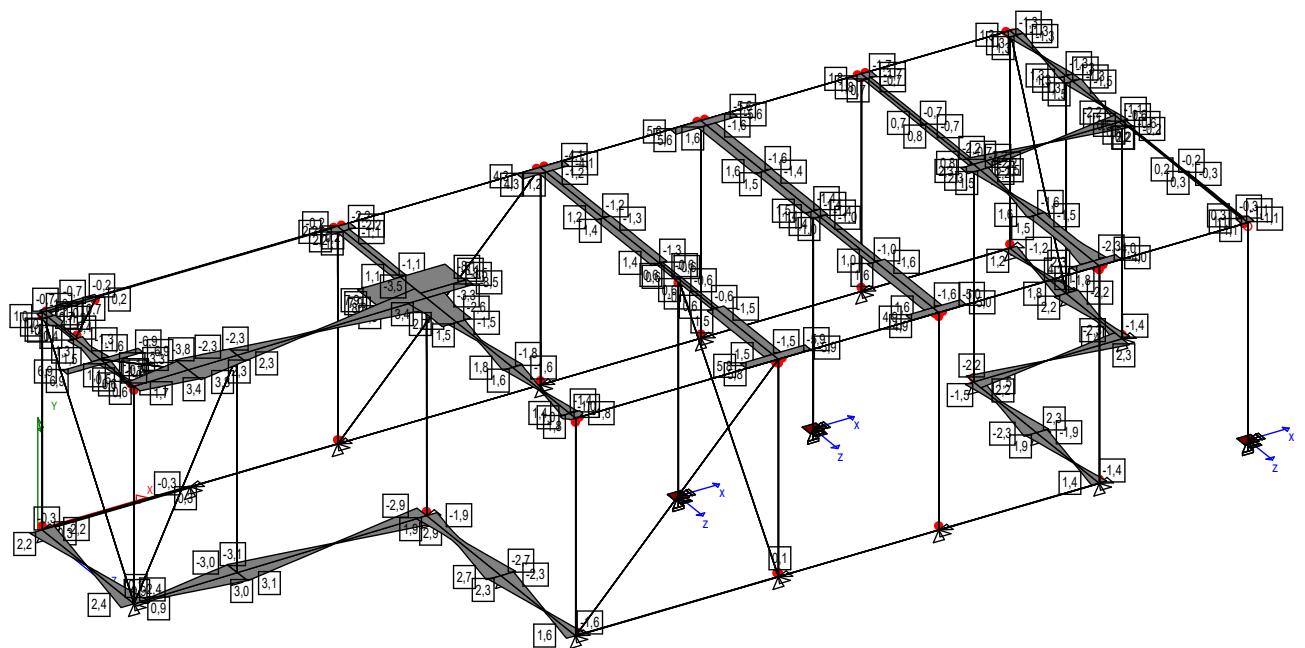
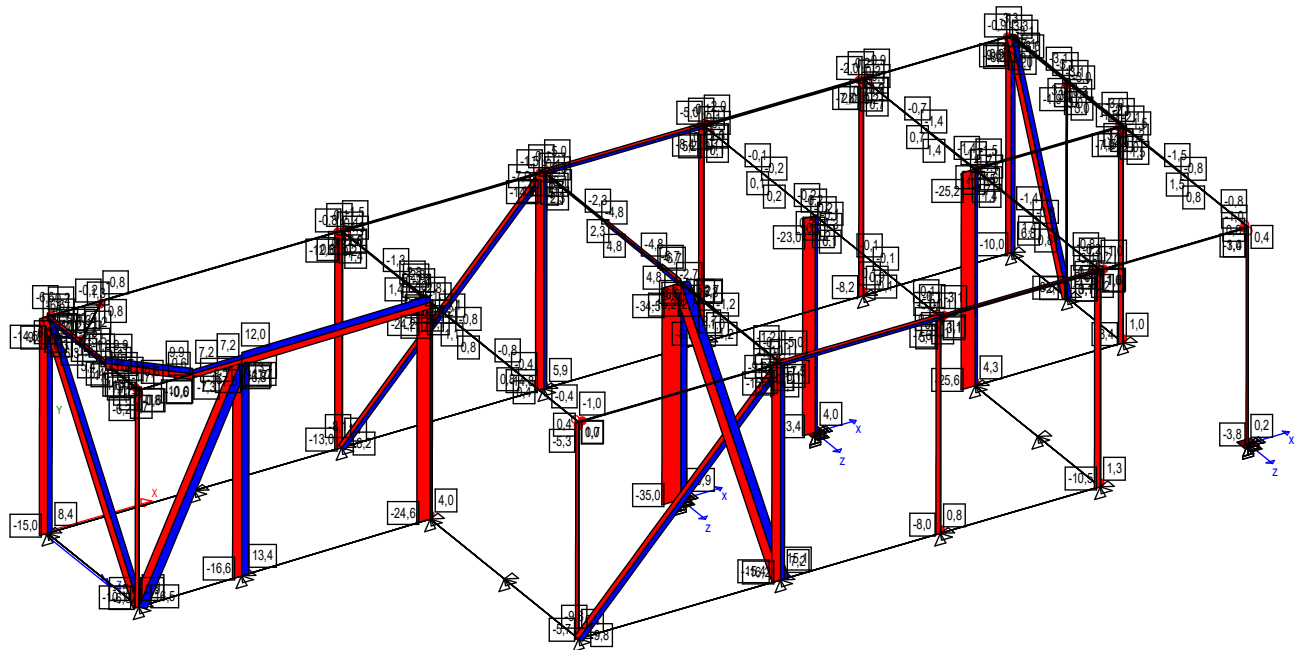
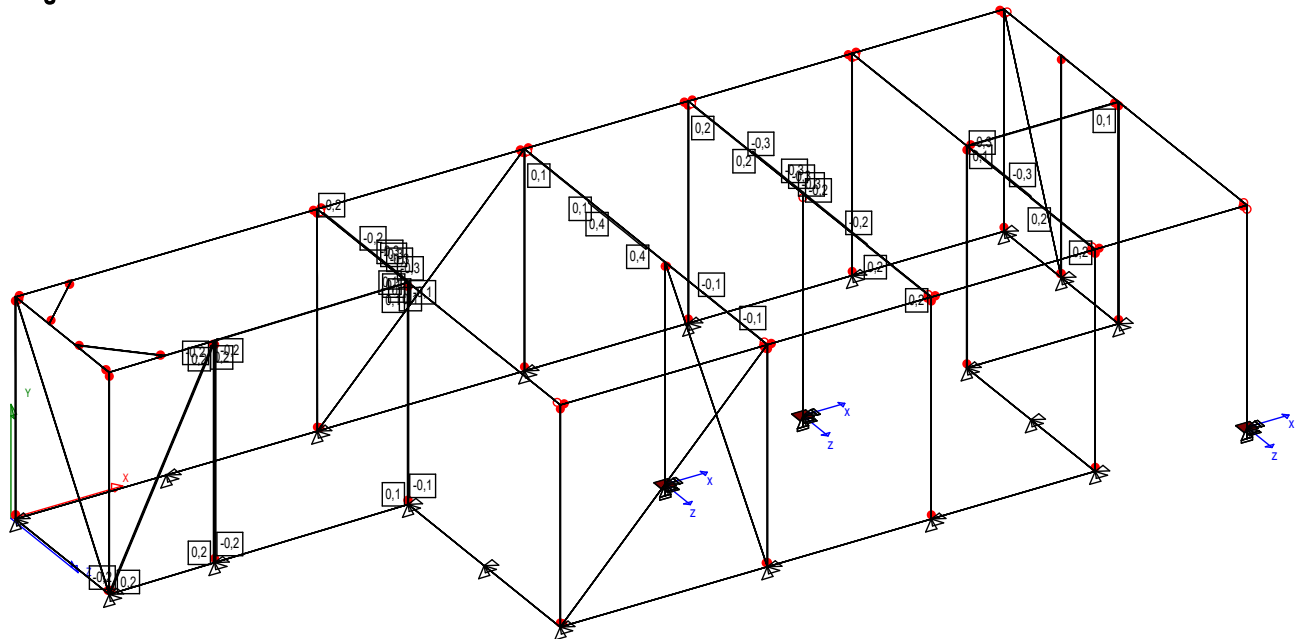
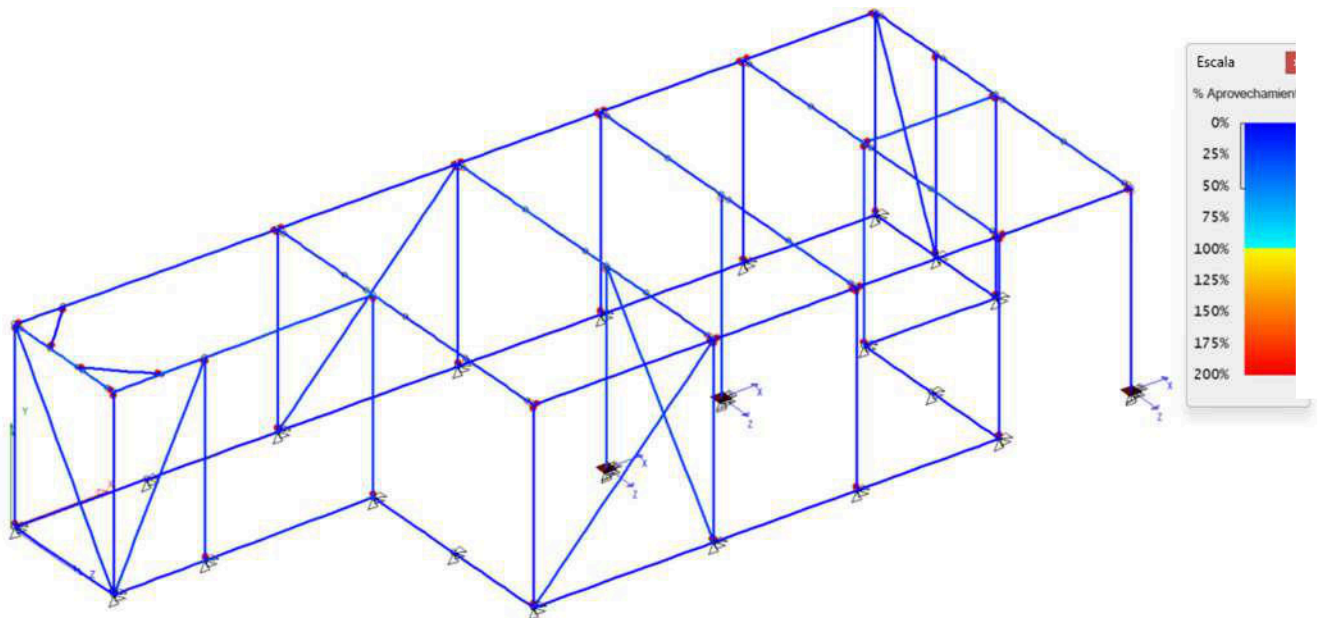
Diagrama de esfuerzos cortantes Y**Diagrama de esfuerzos cortantes Z**

Diagrama de esfuerzos axiales**Diagrama de Momentos torsores**

5.3.3. Verificación del Estado Límite Último

5.3.3.1. Gráfico de aprovechamiento de perfiles de acero



El grado de aprovechamiento de los perfiles para la combinación de cargas más desfavorable está alrededor del 50 %.

5.3.3.2. Listado resumido de verificación

VIGAS

VIGA 1 (SHSC-100x3) 270,0 cm 3,4%
 VIGA 2 (SHSC-100x3) 270,1 cm 5,8%
 VIGA 3 (SHSC-100x3) 664,0 cm 3,4%
 VIGA 6 (SHSC-100x3) 349,5 cm 15,5%
 VIGA 7 (SHSC-100x3) 226,8 cm 11,4%
 VIGA 9 (SHSC-100x3) 190,5 cm 17,5%
 VIGA 13 (SHSC-100x3) 226,7 cm 11,0%
 VIGA 14 (SHSC-100x3) 191,3 cm 7,7%
 VIGA 15 (SHSC-100x3) 191,2 cm 7,7%
 VIGA 17 (SHSC-100x3) 279,0 cm 8,0%
 VIGA 20 (SHSC-100x3) 293,3 cm 3,4%
 VIGA 22 (SHSC-100x3) 271,6 cm 1,5%
 VIGA 24 (SHSC-100x3) 171,0 cm 6,5%
 VIGA 26 (SHSC-100x3) 170,5 cm 7,2%
 VIGA 32 (SHSC-100x3) 271,6 cm 8,1%
 VIGA 35 (SHSC-100x3) 370,7 cm 2,6%
 VIGA 38 (SHSC-100x3) 293,4 cm 1,4%
 VIGA 41 (SHSC-100x3) 293,3 cm 1,8%
 VIGA 44 (SHSC-100x3) 100,0 cm 6,8%
 VIGA 45 (SHSC-100x3) 18,0 cm 9,2%
 VIGA 46 (SHSC-100x3) 440,0 cm 11,1%
 VIGA 47 (SHSC-100x2) 141,4 cm 1,0%
 VIGA 48 (SHSC-100x3) 370,7 cm 4,5%
 VIGA 49 (RHS-200x100x3) 18,0 cm 10,5%
 VIGA 50 (SHSC-100x3) 293,4 cm 4,2%
 VIGA 51 (RHS-200x100x3) 18,0 cm 10,3%
 VIGA 52 (SHSC-100x3) 293,3 cm 2,7%
 VIGA 53 (RHS-200x100x3) 18,0 cm 10,5%
 VIGA 54 (SHSC-100x3) 271,6 cm 2,3%

VIGA 55 (RSHS-200x100x3) 18,0 cm 6,7%
 VIGA 56 (SHSC-100x3) 18,0 cm 3,6%
 VIGA 58 (SHSC-100x3) 82,0 cm 21,4%
 VIGA 60 (RSHS-200x100x3) 173,5 cm 20,7%
 VIGA 62 (RSHS-200x100x3) 173,5 cm 34,8%
 VIGA 64 (RSHS-200x100x3) 173,5 cm 26,3%
 VIGA 66 (RSHS-200x100x3) 173,5 cm 18,2%
 VIGA 67 (SHSC-100x3) 153,0 cm 4,5%
 VIGA 68 (SHSC-100x3) 77,4 cm 33,4%
 VIGA 69 (SHSC-100x3) 20,5 cm 8,0%
 VIGA 70 (SHSC-100x3) 14,1 cm 34,2%
 VIGA 71 (SHSC-100x2) 141,4 cm 6,3%
 VIGA 73 (SHSC-100x3) 69,5 cm 33,7%
 VIGA 75 (RSHS-200x100x3) 61,0 cm 32,4%
 VIGA 77 (RSHS-200x100x3) 171,0 cm 36,5%
 VIGA 79 (RSHS-200x100x3) 150,0 cm 24,8%
 VIGA 81 (RSHS-200x100x3) 150,0 cm 27,1%
 VIGA 82 (SHSC-100x3) 150,0 cm 18,7%
 VIGA 84 (RSHS-200x100x3) 18,0 cm 52,8%
 VIGA 85 (SHSC-100x3) 18,0 cm 10,1%
 VIGA 86 (SHSC-100x3) 349,5 cm 24,8%
 VIGA 87 (RSHS-200x100x3) 92,0 cm 40,4%
 VIGA 88 (SHSC-100x3) 90,5 cm 26,8%
 VIGA 89 (SHSC-100x3) 100,0 cm 23,3%
 VIGA 90 (RSHS-200x100x3) 21,0 cm 29,5%
 VIGA 91 (SHSC-100x3) 271,6 cm 21,7%
 VIGA 92 (RSHS-200x100x3) 21,0 cm 26,7%
 VIGA 93 (SHSC-100x3) 21,0 cm 19,8%
 VIGA 95 (RSHS-200x100x3) 170,0 cm 19,9%
 VIGA 97 (RSHS-200x100x3) 57,0 cm 33,8%
 VIGA 99 (RSHS-200x100x3) 170,0 cm 23,8%
 VIGA 101 (RSHS-200x100x3) 170,0 cm 24,6%
 VIGA 102 (SHSC-100x3) 170,0 cm 21,9%
 VIGA 103 (RSHS-200x100x3) 113,0 cm 33,8%
 VIGA 105 (RSHS-200x100x3) 173,5 cm 18,5%
 VIGA 107 (RSHS-200x100x3) 173,5 cm 22,1%
 VIGA 109 (RSHS-200x100x3) 173,5 cm 29,1%
 VIGA 111 (RSHS-200x100x3) 173,5 cm 35,0%
 VIGA 112 (SHSC-100x3) 173,5 cm 21,9%
 VIGA 114 (RSHS-200x100x3) 18,0 cm 5,2%
 VIGA 116 (RSHS-200x100x3) 18,0 cm 12,1%
 VIGA 118 (RSHS-200x100x3) 18,0 cm 10,2%
 VIGA 120 (RSHS-200x100x3) 18,0 cm 8,8%
 VIGA 121 (SHSC-100x3) 18,0 cm 5,0%
 VIGA 122 (SHSC-100x3) 370,7 cm 4,3%
 VIGA 123 (SHSC-100x3) 293,4 cm 3,1%
 VIGA 124 (SHSC-100x3) 293,3 cm 2,8%
 VIGA 125 (SHSC-100x3) 271,6 cm 2,5%

PILARES

PILAR 4 (SHSC-100x3) 390,0 cm 9,7%
 PILAR 8 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 18,3%
 PILAR 10 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 12,4%
 PILAR 11 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 19,5%
 PILAR 12 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 28,2%
 PILAR 16 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 2,1%
 PILAR 18 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 11,2%
 PILAR 19 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 11,0%
 PILAR 21 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 3,0%
 PILAR 23 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 2,8%
 PILAR 25 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 7,5%
 PILAR 28 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 0,8%
 PILAR 31 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 2,2%
 PILAR 33 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 19,1%
 PILAR 34 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 2,8%
 PILAR 36 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 1,9%
 PILAR 40 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 12,1%
 PILAR 42 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 2,7%
 PILAR 43 Pilar- (SHSC-100x3) 390,0 cm 7,9%

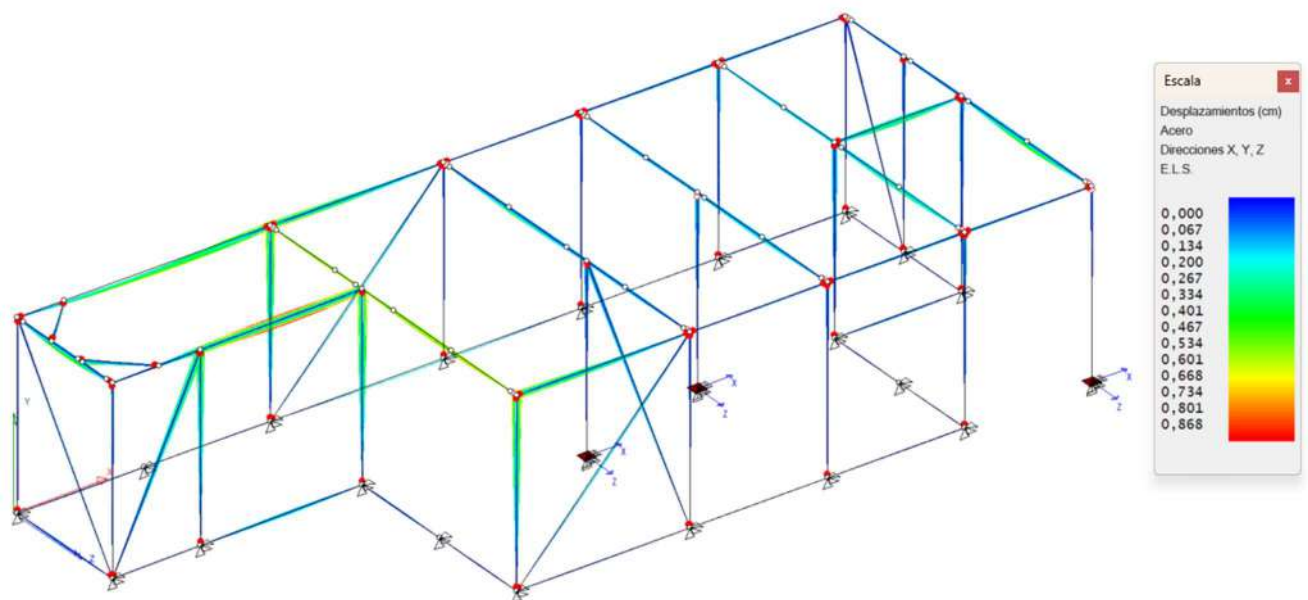
DIAGONALES

DIAG. 5 (SHSC-100x2) 538,0 cm 17,0%
DIAG. 27 (SHSC-100x2) 425,8 cm 11,0%
DIAG. 29 (SHSC-100x2) 479,5 cm 16,4%
DIAG. 30 (SHSC-100x2) 434,0 cm 20,3%
DIAG. 37 (SHSC-100x2) 538,1 cm 19,9%
DIAG. 39 (SHSC-100x2) 494,8 cm 24,8%

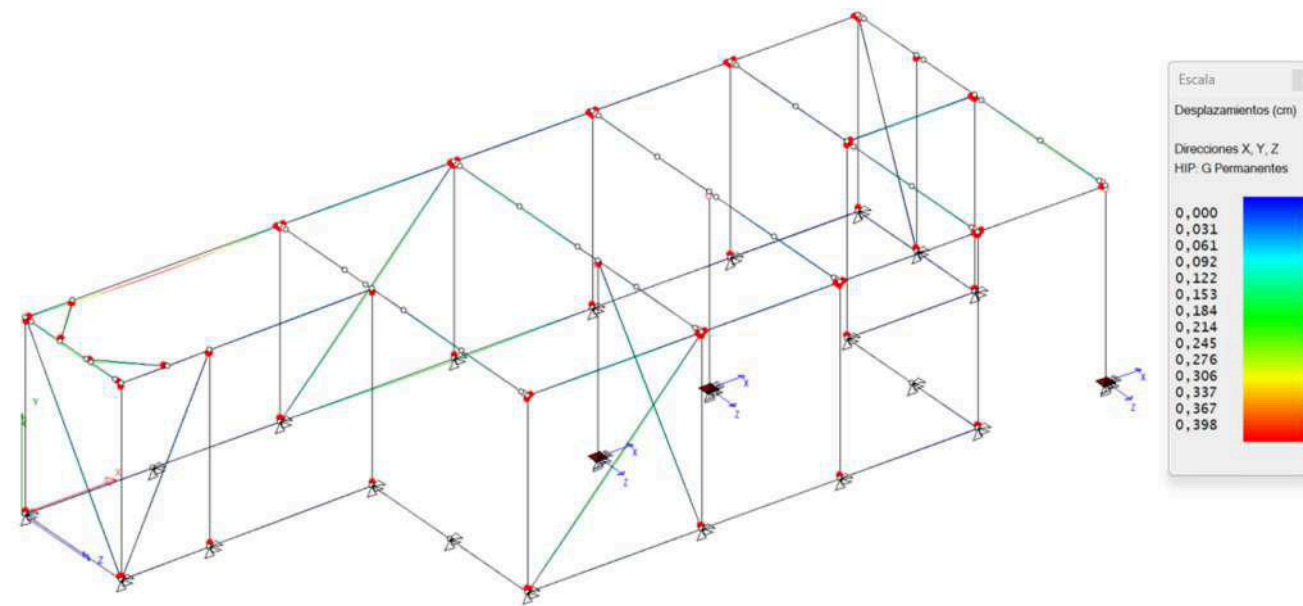
5.3.4. Verificación del Estado Límite de Servicio (E.L.S)

Deformación general de la estructura:

La deformación máxima de la cubierta es de 8,68 mm, en el caso de que la estructura se encuentre completamente cargada.

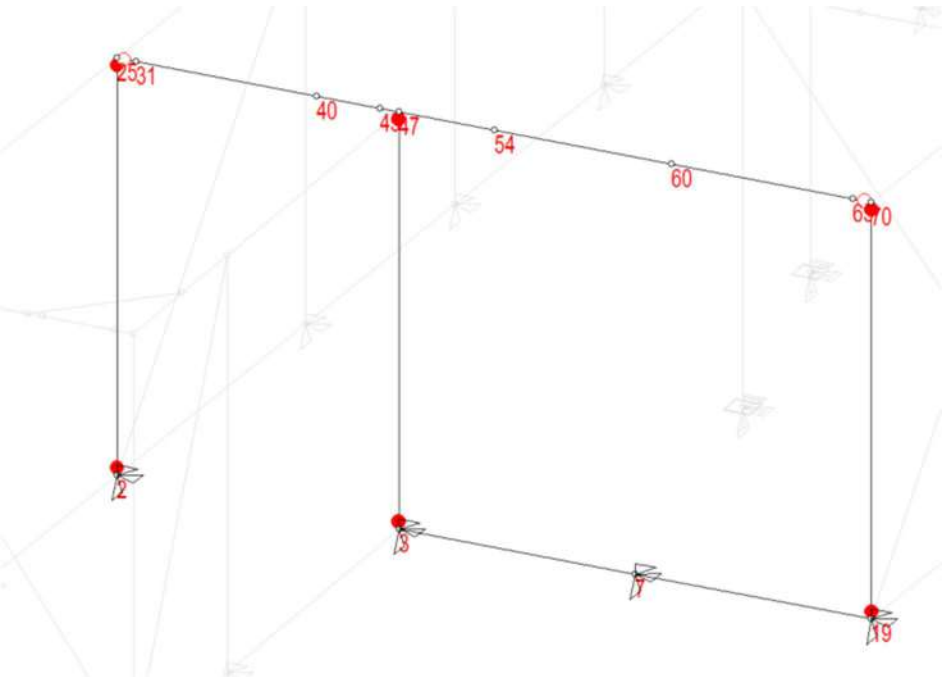


Deformación debida a las cargas permanentes:



La deformación debida a cargas permanentes es de 3,98 mm.

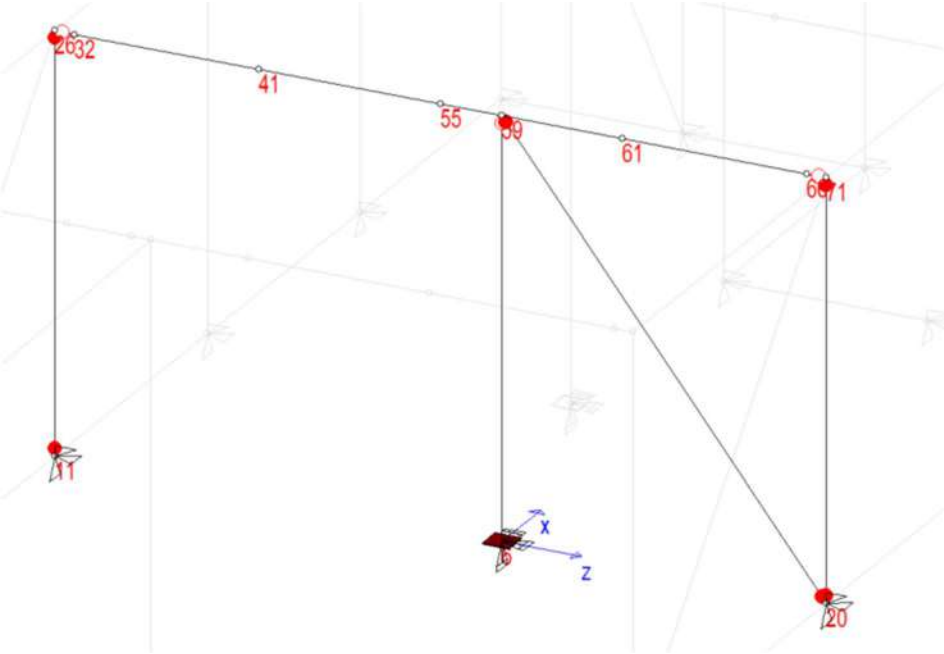
La verificación detallada de los elementos de cubierta se muestra a continuación:



Nudo inicial: 47
Nudo final: 70
Longitud (cm): 453,5

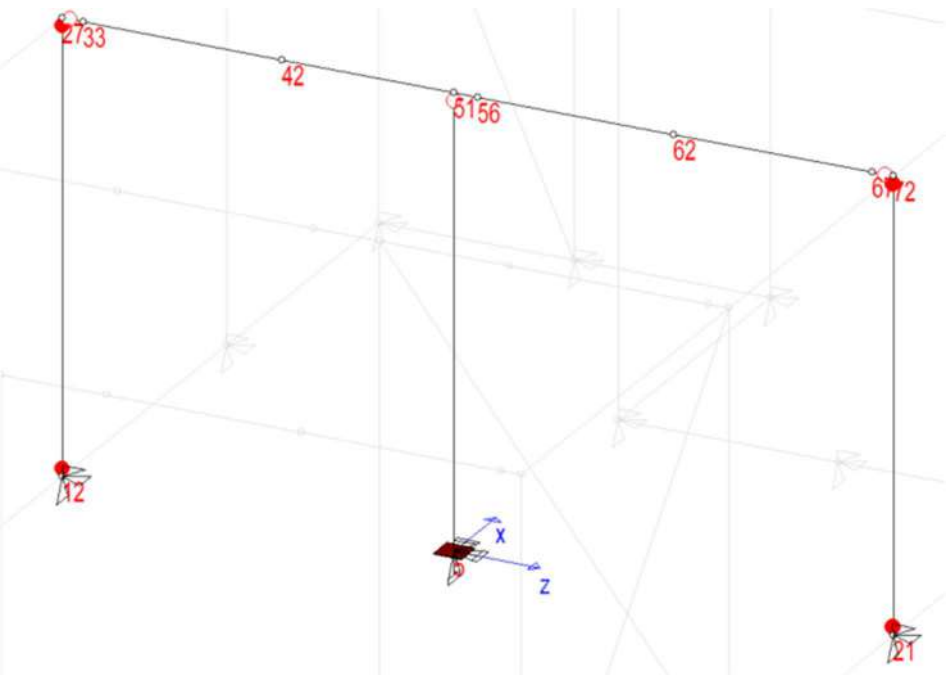
Tipo	Dirección	Flechas + (cm)	Posición (cm)	Flechas - (cm)	Posición (cm)	F.Adm. (cm)	Cumpl
F. por confort	Vertical	+0,120	262,0	-0,073	262,0	1,814	Sí
F. por confort	Horizontal	+0,122	182,0	-0,123	182,0	1,814	Sí
F. por integridad	Vertical	+0,129	262,0	-0,065	262,0	2,268	Sí

Tipo	Dirección	Flechas + (cm)	Posición (cm)	Flechas - (cm)	Posición (cm)	F.Adm. (cm)	Cum
F. por integridad	Horizontal	+0,121	182,0	-0,123	182,0	2,268	Sí
F. por apariencia	Vertical	+0,093	262,0	---	---	2,268	Sí
F. por apariencia	Horizontal	---	---	-0,003	182,0	2,268	Sí



Nudo inicial: 26
Nudo final: 59
Longitud (cm): 419,5

Tipo	Dirección	Flechas + (cm)	Posición (cm)	Flechas - (cm)	Posición (cm)	F.Adm. (cm)	Cumpl
F. por confort	Vertical	+0,211	191,5	-0,132	191,5	1,678	Sí
F. por confort	Horizontal	+0,026	251,5	-0,026	251,5	1,678	Sí
F. por integridad	Vertical	+0,224	191,5	-0,119	191,5	2,098	Sí
F. por integridad	Horizontal	+0,026	251,5	-0,026	251,5	2,098	Sí
F. por apariencia	Vertical	+0,138	191,5	---	---	2,098	Sí
F. por apariencia	Horizontal	+0,000	191,5	---	---	2,098	Sí

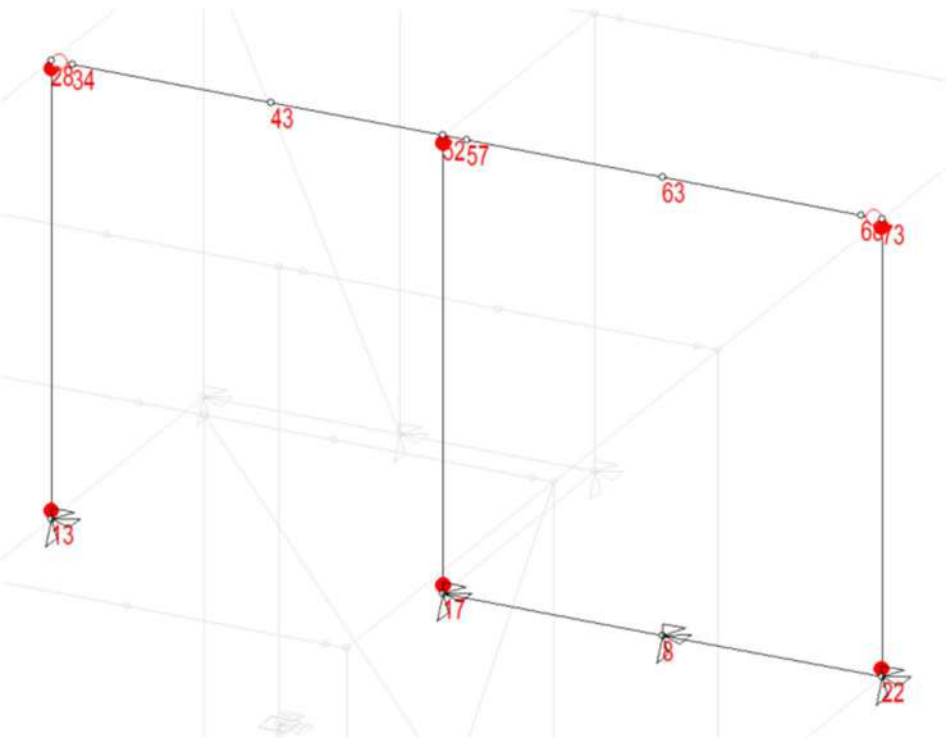


Nudo inicial: 27
Nudo final: 51
Longitud (cm): 341,5

Tipo	Dirección	Flechas + (cm)	Posición (cm)	Flechas - (cm)	Posición (cm)	F.Adm. (cm)	Cumpl
F. por confort	Vertical	+0,087	161,0	-0,053	161,0	1,366	Sí
F. por confort	Horizontal	+0,013	191,5	-0,013	161,0	1,366	Sí
F. por integridad	Vertical	+0,092	161,0	-0,048	161,0	1,707	Sí
F. por integridad	Horizontal	+0,013	191,5	-0,013	161,0	1,707	Sí
F. por apariencia	Vertical	+0,059	161,0	---	---	1,707	Sí
F. por apariencia	Horizontal	+0,000	221,5	-0,000	5,0	1,707	Sí

Nudo inicial: 51
Nudo final: 72
Longitud (cm): 382,5

Tipo	Dirección	Flechas + (cm)	Posición (cm)	Flechas - (cm)	Posición (cm)	F.Adm. (cm)	Cumpl
F. por confort	Vertical	+0,110	221,0	-0,068	221,0	1,530	Sí
F. por confort	Horizontal	+0,060	191,0	-0,060	191,0	1,530	Sí
F. por integridad	Vertical	+0,117	221,0	-0,061	221,0	1,913	Sí
F. por integridad	Horizontal	+0,060	191,0	-0,061	191,0	1,913	Sí
F. por apariencia	Vertical	+0,074	221,0	---	---	1,913	Sí
F. por apariencia	Horizontal	---	---	-0,001	191,0	1,913	Sí



Nudo inicial: 28
Nudo final: 52
Longitud (cm): 341,5

Tipo	Dirección	Flechas + (cm)	Posición (cm)	Flechas - (cm)	Posición (cm)	F.Adm. (cm)	Cumpl
F. por confort	Vertical	+0,056	138,0	-0,035	138,0	1,366	Sí
F. por confort	Horizontal	+0,013	221,5	-0,012	221,5	1,366	Sí
F. por integridad	Vertical	+0,060	138,0	-0,031	138,0	1,707	Sí
F. por integridad	Horizontal	+0,013	221,5	-0,012	221,5	1,707	Sí
F. por apariencia	Vertical	+0,038	138,0	-0,003	311,5	1,707	Sí
F. por apariencia	Horizontal	+0,001	108,0	---	---	1,707	Sí

Nudo inicial: 52
Nudo final: 73
Longitud (cm): 382,5

Tipo	Dirección	Flechas + (cm)	Posición (cm)	Flechas - (cm)	Posición (cm)	F.Adm. (cm)	Cumpl
F. por confort	Vertical	+0,170	221,0	-0,105	221,0	1,530	Sí
F. por confort	Horizontal	+0,059	191,0	-0,060	191,0	1,530	Sí
F. por integridad	Vertical	+0,181	221,0	-0,094	221,0	1,913	Sí
F. por integridad	Horizontal	+0,059	191,0	-0,060	191,0	1,913	Sí
F. por apariencia	Vertical	+0,115	221,0	---	---	1,913	Sí
F. por apariencia	Horizontal	---	---	-0,001	161,0	1,913	Sí

Las deformaciones de la estructura son compatibles con el uso para el que está diseñada.

5.4. Listados de cálculo de uniones y arriostrados

5.4.1. Cálculo de uniones

Todas las uniones están formadas por elementos metálicos de acero de 3 mm de espesor, de calidad S275JR, y forman parte del sistema patentado STARMODUL.

Para la determinación de la resistencia de estas uniones se han realizado diferentes ensayos por parte de la *Universitat Politècnica de Catalunya, LERMA (Laboratorio de elasticidad y Resistencia de Materiales)*.

En estos ensayos se determina el límite de carga que pueden soportar cada una de las diferentes tipologías de unión para determinados tipos de esfuerzos principales (compresión, tracción, cortante y flexión).

La tabla que resume los valores resistentes de las uniones se muestra a continuación:

Tipo unión	Tracción max	Compres max	Cort. max	Flector max y	Flector max z
Tubo esp 2 mm	(kN)	(kN)	(kN)	(kN.m)	(kN.m)
1010-01	17.90	34.63	24.75	2.30	2.15
1010-02	25.00	--	23.00	3.00	1.70
1010-03	19.46	--	--	--	--
1010-05	20.26	--	28.97	1.45	4.20
1010-06	21.10	--	23.11	1.07	2.98
1010-07	21.99	--	--	--	--
1010-11	--	--	22.18	2.88	3.73
1010-13	20.00	--	--	4.00	1.20
1010-14	25.00	--	--	--	--
1010-15	20,00	--	--	2.00	2.80
1010-16	30.00	--	--	--	--
1010-17	35.00	--	--	--	--
1010-19	45.00	--	--	2.50	4.40
1010-21	65.00	--	--	3.20	--

Los cálculos para las uniones indicadas pueden extrapolarse a las uniones de la serie 0055 ya que:

Se mantiene el mismo espesor de las piezas que en la serie 1010

Se emplean los mismos tornillos de refuerzo, tanto auto taladrantes como estructurales. Se considerará de forma conservadora que la resistencia de unión es la misma resistencia de los elementos de unión.

Como elementos de refuerzo de las uniones se utilizan tornillos auto taladrantes M6.3x25, para evitar que los elementos se puedan separar entre sí cuando actúan esfuerzos de tracción. Estos elementos han estado presentes en todos los ensayos de carga.

Cada tornillo auto taladrante 6.3x25 aporta una resistencia a cortante de **3.0 kN**, teniendo en cuenta un coeficiente de Seguridad adicional de 3. En cada unión se disponen como mínimo 2 tornillos auto taladrantes en 2 de las caras, y en la mayoría de uniones se disponen un mínimo de 6 tornillos auto taladrantes.

Datos técnicos			
RESISTENCIA MECÁNICA TORNILLO			
DIÁMETRO	TRACCIÓN (KN)	CORTANTE (KN)	DUREZA DEL NÚCLEO: 390 HV DUREZA SUPERFICIAL: 560 HV
4,8	9,34	6,58	
5,5	12,5	8,95	
6,3	14,45	9,4	

$$R_v = 9,4 \text{ kN} / 3 = \text{aproximadamente} = 3,0 \text{ kN}$$

Las uniones se han ensayado todas con tubos estructurales de espesor 2 mm, de manera que los valores obtenidos en los ensayos están del lado de la Seguridad para los tubos de 100*3 que conforman las uniones de los elementos más solicitados.

A parte de las uniones indicadas reforzadas con tornillos auto taladrantes, en determinadas uniones se disponen tornillos estructurales M10 o M12 trabajando a cortante, de calidad 8.8.

Se ha confeccionado también una tabla con la resistencia de los diferentes tornillos estructurales de diferentes diámetros.

Las resistencias analizadas tienen en cuenta:

1. Resistencia del tornillo a cortante
2. Resistencia del tornillo a tracción
3. Aplastamiento de la placa o chapa contra el tornillo, para espesores de 2 y 3 mm.

Los resultados se indican en la siguiente tabla:

Calidad tornillo 8.8

$$f_{ub} = 800 \frac{N}{mm^2} \quad f_u = 430 \frac{N}{mm^2}$$

Diam 8	$d_8 = 8mm$	$A_{s8} = 36.6mm^2$	Diam 12	$d_{12} = 12mm$	$A_{s12} = 84.3mm^2$
Diam 10	$d_{10} = 10mm$	$A_{s10} = 58mm^2$	Diam 16	$d_{16} = 16mm$	$A_{s16} = 157mm^2$

Tornillo a tracción

$$F_{tRd_s} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_{s8}}{1.25} = 21.082 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{tRd_s} = 42.163 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{tRd_s} = 63.245 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{tRd_s} = 84.326 \text{ kN}$$

$$F_{tRd_{10}} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_{s10}}{1.25} = 33.408 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{tRd_{10}} = 66.816 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{tRd_{10}} = 100.224 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{tRd_{10}} = 133.632 \text{ kN}$$

$$F_{tRd_{12}} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_{s12}}{1.25} = 48.557 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{tRd_{12}} = 97.114 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{tRd_{12}} = 145.671 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{tRd_{12}} = 194.227 \text{ kN}$$

$$F_{tRd_{16}} = \frac{0.9 \cdot f_{ub} \cdot A_{s16}}{1.25} = 90.432 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{tRd_{16}} = 180.864 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{tRd_{16}} = 271.296 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{tRd_{16}} = 361.728 \text{ kN}$$

Tornillo a cortante

$$F_{vRd_s} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_{s8}}{1.25} = 14.054 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{vRd_s} = 28.109 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{vRd_s} = 42.163 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{vRd_s} = 56.218 \text{ kN}$$

$$F_{vRd_{10}} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_{s10}}{1.25} = 22.273 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{vRd_{10}} = 44.544 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{vRd_{10}} = 66.816 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{vRd_{10}} = 89.088 \text{ kN}$$

$$F_{vRd_{12}} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_{s12}}{1.25} = 32.371 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{vRd_{12}} = 64.743 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{vRd_{12}} = 97.114 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{vRd_{12}} = 129.485 \text{ kN}$$

$$F_{vRd_{16}} = \frac{0.6 \cdot f_{ub} \cdot A_{s16}}{1.25} = 60.288 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{vRd_{16}} = 120.576 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{vRd_{16}} = 180.864 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{vRd_{16}} = 241.152 \text{ kN}$$

Aplastamiento chapa 2mm

$$t = 2mm$$

$$\alpha_g = 1$$

$$\alpha_{10} = 0.909$$

$$\alpha_{12} = 0.769$$

$$\alpha_{16} = 0.556$$

$$k_{1g} = 2.5$$

$$k_{10} = 2.5$$

$$k_{12} = 2.5$$

$$k_{16} = 2.189$$

$$F_{bRd_s} = \frac{k_{1g} \alpha_g f_u d_s t}{1.25} = 13.76 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{bRd_s} = 27.52 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{bRd_s} = 41.28 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{bRd_s} = 55.04 \text{ kN}$$

$$F_{bRd_{10}} = \frac{k_{10} \alpha_{10} f_u d_{10} t}{1.25} = 15.636 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{bRd_{10}} = 31.273 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{bRd_{10}} = 46.909 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{bRd_{10}} = 62.545 \text{ kN}$$

$$F_{bRd_{12}} = \frac{k_{12} \alpha_{12} f_u d_{12} t}{1.25} = 15.877 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{bRd_{12}} = 31.754 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{bRd_{12}} = 47.631 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{bRd_{12}} = 63.508 \text{ kN}$$

$$F_{bRd_{16}} = \frac{k_{16} \alpha_{16} f_u d_{16} t}{1.25} = 13.386 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{bRd_{16}} = 26.773 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{bRd_{16}} = 40.159 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{bRd_{16}} = 53.545 \text{ kN}$$

Aplastamiento chapa 3mm

$$t = 3mm$$

$$F_{bRd_s} = \frac{k_{1g} \alpha_g f_u d_s t}{1.25} = 20.64 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{bRd_s} = 41.28 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{bRd_s} = 61.92 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{bRd_s} = 82.56 \text{ kN}$$

$$F_{bRd_{10}} = \frac{k_{10} \alpha_{10} f_u d_{10} t}{1.25} = 23.455 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{bRd_{10}} = 46.909 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{bRd_{10}} = 70.364 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{bRd_{10}} = 93.818 \text{ kN}$$

$$F_{bRd_{12}} = \frac{k_{12} \alpha_{12} f_u d_{12} t}{1.25} = 23.815 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{bRd_{12}} = 47.631 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{bRd_{12}} = 71.446 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{bRd_{12}} = 95.263 \text{ kN}$$

$$F_{bRd_{16}} = \frac{k_{16} \alpha_{16} f_u d_{16} t}{1.25} = 20.079 \text{ kN} \quad 2 \cdot F_{bRd_{16}} = 40.159 \text{ kN} \quad 3 \cdot F_{bRd_{16}} = 60.238 \text{ kN} \quad 4 \cdot F_{bRd_{16}} = 80.318 \text{ kN}$$

Tabla de resistencia de tornillos estructurales

La resistencia de los diferentes elementos de refuerzo de las uniones, que emplean tornillos auto taladrantes o tornillos estructurales se muestra en la siguiente tabla:

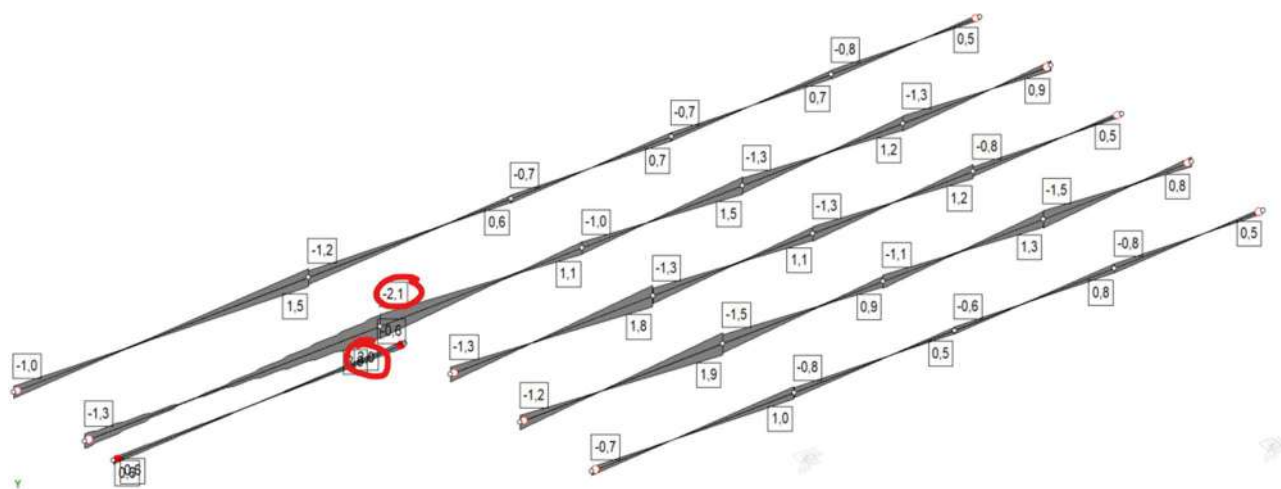
AUTOROSCANTES A CORTANTE			
1	3,0	kN	
2 (1x4)	6,0	kN	
3	9,0	kN	
4 (2x4)	12,0	kN	
5	15,0	kN	
6 (3x4)	18,0	kN	
7	21,0	kN	
8 (4x4)	24,0	kN	
UNIÓN 1010-17		1x2 M10-8.8	
Cortante	44,544	31	kN
Aplastamiento	31,272		
PIEZA UNIÓN REFORZADA		2x2 M10-8.8	
Cortante	89,088		
Aplastamiento	62,544	62	kN
PIEZA UNIÓN REFORZADA		3x2 M10-8.8	
Cortante	133,632		
Aplastamiento	93,816	93	kN

Se analizan a continuación las uniones más solicitadas, teniendo en cuenta que el sistema estructural incorpora los elementos necesarios para que la mayoría de los esfuerzos horizontales sean transmitidos directamente a la cimentación íntegramente por el sistema de arriostrado. De este modo se consigue que la mayoría de las uniones no tengan que resistir esfuerzos de flexión, que suelen ser los más perjudiciales.

También se tiene presente en el diseño de la estructura que los elementos más solicitados descansen por contacto directo sobre los elementos portantes. Todas estas consideraciones permiten corroborar que las uniones están normalmente poco solicitadas.

5.4.1.1. Cálculo de correas omega de cubierta:

Las correas de cubierta se fijan sobre los dinteles principales mediante tornillos auto-taladrantes. Las cargas gravitatorias se transmiten directamente por contacto, pero las succiones del viento en la cubierta pueden provocar el arrancamiento de la unión.

***Esfuerzos cortantes en cubierta debidos al viento***

El elemento más solicitado está trabajando con los siguientes esfuerzos mayorados, despreciando el efecto desfavorable que ejerce el peso propio de la cubierta y del falso techo:

$$V_{Sd} = (2,1 + 2,0 \text{ kN}) \times 1,5 = 6,15 \text{ kN}$$

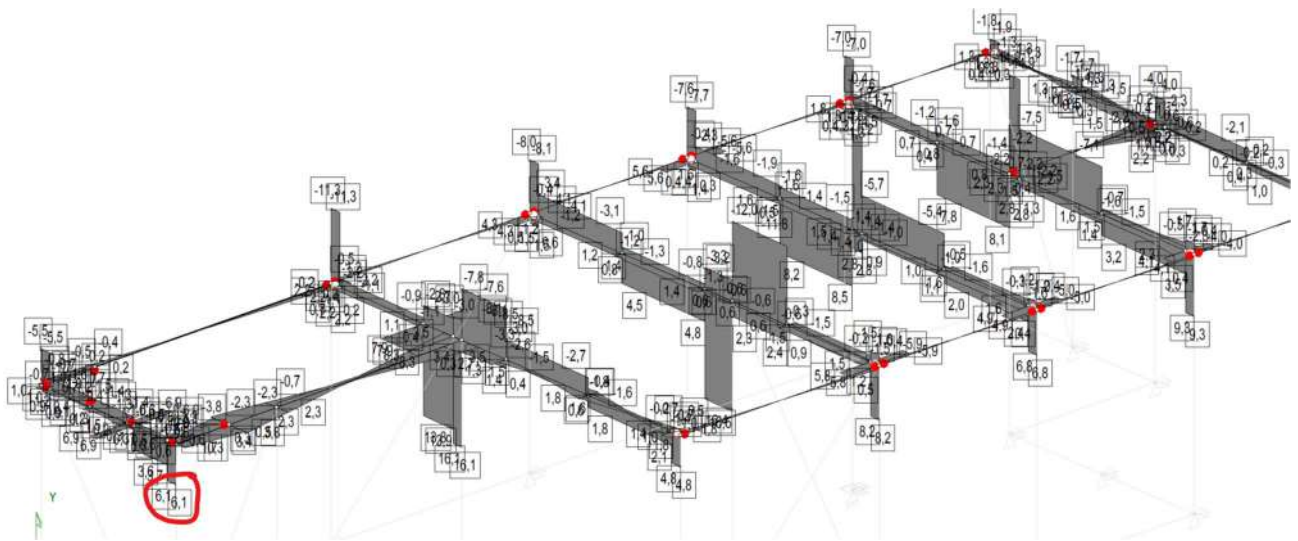
Debido a que los esfuerzos son de pequeña magnitud se pueden emplear tornillos auto-taladrantes en esta unión para fijar las correas.

En este caso, para las cargas de viento, es suficiente utilizar 2 tornillos por aleta y correa para garantizar un comportamiento holgado y seguro, tal y como se puede comprobar en las tablas de resistencia de tornillos del apartado siguiente.

$$V_{Rd\ 2} (4 \times 6,3 \times 25) = 12,00 \text{ kN} > 6,16 \text{ kN} \Rightarrow \text{CORRECTO}$$

5.4.1.2. Cálculo de uniones de esquina, pieza 1010-01:

Los perfiles de esquina se fijan mediante la pieza 1010-01 y están sometidos principalmente a esfuerzos cortantes, que se muestran a continuación:



Esfuerzos cortantes en zonas de esquina

El esfuerzo máximo del elemento más solicitado es de:

$$V_{Sd} = 6,10 \text{ kN}$$

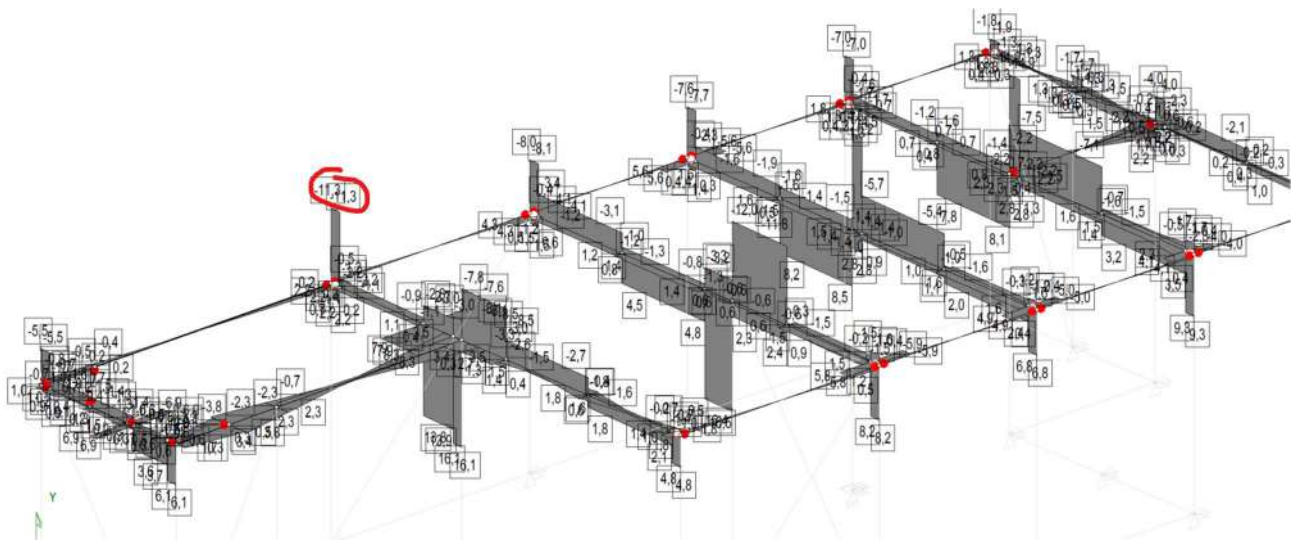
De la tabla de resistencias de uniones según ensayos realizados por el laboratorio, se observa que la resistencia mínima de esta pieza es de:

$$V_{Rd} = 24,75 \text{ kN} > 6,10 \text{ kN} \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

5.4.1.3. Apoyos vigas principales-pilar 1010-17:

Los apoyos de las vigas principales sobre los pilares se realizan mediante uniones tipo 1010-17:





Esfuerzos cortantes en zonas de apoyo de vigas principales

El esfuerzo máximo del elemento más solicitado es de:

$$V_{Sd} = 11,30 \text{ kN}$$

La unión se refuerza con un tornillo M10-8-8 por lo que el valor de la resistencia es de:

$$V_{Rd} = 31,00 \text{ kN} > 11,30 \text{ kN} \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

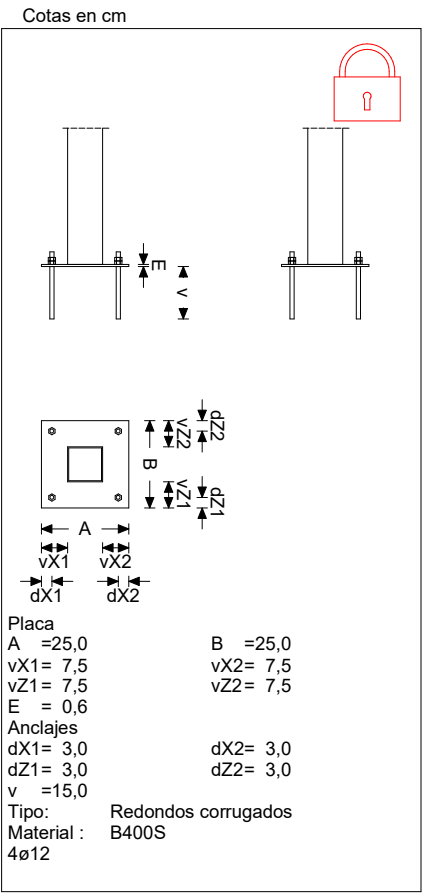
5.4.1.4. Cálculo de placas base, REFOR-13-10

Relación de placas de anclaje

Placa	Tipo	Pilar				Estad
		Número	Nombre	Sección	Ángulo	
5	1	11	Pilar-	SHSC 100x3	0,0°	Ok
6	1	12	Pilar-	SHSC 100x3	0,0°	Ok
9	1	16	Pilar-	SHSC 100x3	0,0°	Ok

Placa tipo 1

Gráfica



Placa 5

Pilar:	11 (Pilar-)
Sección:	SHSC 100x3
Crecimiento:	Centrada
Pernos de anclaje	
Tipo de anclaje:	Redondos corrugados
Tipo de unión con la placa:	Tuercas
Plano de cortante:	En el vástago
Diámetro:	4ø12

Área total de tracción:4,52 c

Área total a cortante:4,52 c

Materiales y opciones de cálculo

Hormigón armado

Hormigón:HA25 25 MPa

Acero corrugado:B400S 400 MPa

Nivel de control

Hormigón1,50

AceroNormal 1,15

Acero laminado: S275

Límite elástico:275 MPa

Tensión de rotura:430 MPa

Coefficiente de minoración:1,05; 1,05; 1,25

No se considera la compresión en los anclajes de esquina

Canto útil (cm): 100

Distancia al borde del elemento de apoyo

Dirección (ejes de placa)	Desde el nudo (cm)	Desde el eje de los anclajes (cm)	
		Actual	Mínima recomendad
X+	---	---	---
Z+	---	---	---
X-	---	---	---
Z-	---	---	---

Comprobación

Pernos de anclaje

Pernos de anclaje en tracción / compresión

Combinación		N _{Ed} (kN)	M _{x,Ed} (kN·m)	M _{z,Ed} (kN·m)	N _{Rd} (kN)	M _{x,Rd} (kN·m)	M _{z,Rd} (kN·m)	Factor de aprovechamiento	
Máxima compresión	64	+23,43	-0,09	-0,10	+983,76	-3,68	-4,17	2,38%	Ok
Máxima tracción	72	-4,03	+0,09	+0,14	-117,99	+2,72	+4,10	3,41%	Ok
Máximo Mx+	138	+6,31	+0,28	-0,13	+613,01	+27,65	-12,32	1,03%	Ok
Máximo Mx-	175	+7,03	-0,30	+0,12	+635,96	-27,59	+10,51	1,11%	Ok
Máximo Mz+	74	+14,23	-0,11	+0,17	+904,44	-7,02	+10,50	1,57%	Ok
Máximo Mz-	47	+5,14	+0,08	-0,18	+694,74	+10,95	-24,32	0,74%	Ok
Pésima (flexión)	70	-4,00	+0,09	-0,17	-111,31	+2,64	-4,83	3,59%	Ok
Pésima (cortante)	70	-4,00	+0,09	-0,17	-111,31	+2,64	-4,83	3,59%	Ok

Pernos de anclaje a cortante

Combinación		V _{Ed} (kN)	F _{vb,Rd} (kN)	F _{t,Ed} (kN)	F _{t,Rd} (kN)	Factor de aprovechamiento	
Máxima compresión	64	+0,03	+50,96	+0,00	+143,32	0,07%	Ok
Máxima tracción	72	+0,04	+50,96	+5,37	+143,32	2,76%	Ok
Máximo Mx+	138	+0,08	+50,96	+0,85	+143,32	0,58%	Ok
Máximo Mx-	175	+0,08	+50,96	+0,78	+143,32	0,55%	Ok
Máximo Mz+	74	+0,05	+50,96	+0,00	+143,32	0,10%	Ok
Máximo Mz-	47	+0,05	+50,96	+0,36	+143,32	0,28%	Ok
Pésima (flexión)	70	+0,05	+50,96	+5,66	+143,32	2,92%	Ok
Pésima (cortante)	70	+0,05	+50,96	+5,66	+143,32	2,92%	Ok

Placa base

Placa base en flexión por compresión
Placa base en flexión por tracción

Combinación		Posición		M _{x,Ed} (kN·m/m)	V _{z,Ed} (kN/m)	T _{Ed} (kN·m/m)	Factor de aprovechamient	
		X (cm)	Z (cm)					
Máximo Mx+	70	-5,0	-6,2	+0,73	-18,58	+0,23	30,94%	
Máximo Mx-	64	-5,0	-6,2	-1,50	+29,81	-0,31	63,59%	
Máximo Vz	64	-6,2	-5,0	-1,39	-158,53	-0,31	58,95%	
Pésima (flexión)	64	-5,0	-6,2	-1,50	+29,81	-0,31	63,59%	

Combinación		Posición		M _{z,Ed} (kN·m/m)	V _{x,Ed} (kN/m)	T _{Ed} (kN·m/m)	Factor de aprovechamient	
		X (cm)	Z (cm)					
Máximo Mz+	70	-6,2	-5,0	+0,73	-18,58	+0,23	30,94%	
Máximo Mz-	64	+6,2	-5,0	-1,50	+30,31	+0,31	63,53%	
Máximo Vx	64	-5,0	-6,2	-1,39	-158,26	-0,31	58,91%	
Pésima (flexión)	64	+6,2	-5,0	-1,50	+30,31	+0,31	63,53%	

Placa 6

Pilar:	12 (Pilar-)
Sección:	SHSC 100x3
Crecimiento:	Centrada
Pernos de anclaje	
Tipo de anclaje:	Redondos corrugados
Tipo de unión con la placa:	Tuercas
Plano de cortante:	En el vástago
Diámetro:	4ø12
Área total de tracción:	4,52 cm
Área total a cortante:	4,52 cm

Materiales y opciones de cálculo

Hormigón armado	
Hormigón:	HA25 25 MPa
Acero corrugado:	B400S 400 MPa
Nivel de control	
Hormigón	1,50
Acero	Normal 1,15
Acero laminado: S275	
Límite elástico:	275 MPa
Tensión de rotura:	430 MPa
Coeficiente de minoración:	1,05; 1,05; 1,25
No se considera la compresión en los anclajes de esquina	
Canto útil (cm): 100	
Distancia al borde del elemento de apoyo	

Dirección (ejes de placa)	Desde el nudo (cm)	Desde el eje de los anclajes (cm)	
		Actual	Mínima recomendad
X+	---	---	---
Z+	---	---	---
X-	---	---	---
Z-	---	---	---

Comprobación

Pernos de anclaje

Pernos de anclaje en tracción / compresión

Combinación		N _{Ed} (kN)	M _{x,Ed} (kN·m)	M _{z,Ed} (kN·m)	N _{Rd} (kN)	M _{x,Rd} (kN·m)	M _{z,Rd} (kN·m)	Factor de aprovechamiento	
Máxima compresión	65	+34,81	-0,08	-0,17	+984,44	-2,24	-4,78	3,54%	
Máxima tracción	72	-10,91	+0,04	+0,15	-139,36	+0,56	+1,97	7,83%	
Máximo Mx+	72	-10,91	+0,04	+0,15	-139,36	+0,56	+1,97	7,83%	
Máximo Mx-	65	+34,81	-0,08	-0,17	+984,44	-2,24	-4,78	3,54%	
Máximo Mz+	74	+23,29	-0,06	+0,17	+958,87	-2,52	+7,08	2,43%	
Máximo Mz-	47	+0,61	+0,03	-0,19	+73,56	+3,14	-22,61	0,83%	
Pésima (flexión)	70	-10,71	+0,04	-0,18	-136,59	+0,55	-2,30	7,84%	
Pésima (cortante)	70	-10,71	+0,04	-0,18	-136,59	+0,55	-2,30	7,84%	

Pernos de anclaje a cortante

Combinación		V _{Ed} (kN)	F _{vb,Rd} (kN)	F _{t,Ed} (kN)	F _{t,Rd} (kN)	Factor de aprovechamiento	
Máxima compresión	65	+0,05	+50,96	+0,00	+143,32	0,09%	Ok
Máxima tracción	72	+0,04	+50,96	+12,32	+143,32	6,22%	Ok
Máximo Mx+	72	+0,04	+50,96	+12,32	+143,32	6,22%	Ok
Máximo Mx-	65	+0,05	+50,96	+0,00	+143,32	0,09%	Ok
Máximo Mz+	74	+0,05	+50,96	+0,00	+143,32	0,09%	Ok
Máximo Mz-	47	+0,05	+50,96	+1,30	+143,32	0,74%	Ok
Pésima (flexión)	70	+0,05	+50,96	+12,34	+143,32	6,25%	Ok
Pésima (cortante)	70	+0,05	+50,96	+12,34	+143,32	6,25%	Ok

Placa base

Placa base en flexión por compresión

Placa base en flexión por tracción

Combinación		Posición		M _{x,Ed} (kN·m/m)	V _{z,Ed} (kN/m)	T _{Ed} (kN·m/m)	Factor de aprovechamiento	
		X (cm)	Z (cm)					
Máximo Mx+	70	-5,0	-6,2	+1,59	-40,55	+0,49	67,52%	Ok
Máximo Mx-	65	+5,0	-6,2	-2,22	-45,00	+0,45	94,27%	Ok
Máximo Vz	65	+6,2	-5,0	-2,06	+234,63	+0,45	87,58%	Ok
Pésima (flexión)	65	+5,0	-6,2	-2,22	-45,00	+0,45	94,27%	Ok

Combinación		Posición		M _{z,Ed} (kN·m/m)	V _{x,Ed} (kN/m)	T _{Ed} (kN·m/m)	Factor de aprovechamiento	
		X (cm)	Z (cm)					
Máximo Mz+	70	-6,2	-5,0	+1,59	-40,55	+0,49	67,52%	Ok
Máximo Mz-	65	+6,2	-5,0	-2,22	+44,79	+0,45	94,36%	Ok
Máximo Vx	65	+5,0	-6,2	-2,07	-234,51	+0,45	87,62%	Ok
Pésima (flexión)	65	+6,2	-5,0	-2,22	+44,79	+0,45	94,36%	Ok

Placa 9

Pilar: 16 (Pilar-)
Sección: SHSC 100x3
Crecimiento: Centrada

Pernos de anclaje

Tipo de anclaje: Redondos corrugados
Tipo de unión con la placa: Tuercas
Plano de cortante: En el vástago

Diámetro:

4ø12

Área total de tracción:

4,52 c

Área total a cortante:

4,52 c

Materiales y opciones de cálculo

Hormigón armado

Hormigón:

HA25 25 MPa

Acero corrugado:

B400S 400 MPa

Nivel de control

Hormigón

1,50

Acero

Normal 1,15

Acero laminado: S275

Límite elástico:

275 MPa

Tensión de rotura:

430 MPa

Coeficiente de minoración:

1,05; 1,05; 1,25

No se considera la compresión en los anclajes de esquina

Canto útil (cm): 100

Distancia al borde del elemento de apoyo

Dirección (ejes de placa)	Desde el nudo (cm)	Desde el eje de los anclajes (cm)	
		Actual	Mínima recomendad
X+	---	---	---
Z+	---	---	---
X-	---	---	---
Z-	---	---	---

Comprobación

Pernos de anclaje

Pernos de anclaje en tracción / compresión

Combinación		N _{Ed} (kN)	M _{x,Ed} (kN·m)	M _{z,Ed} (kN·m)	N _{Rd} (kN)	M _{x,Rd} (kN·m)	M _{z,Rd} (kN·m)	Factor de aprovechamient	
Máxima compresión	64	+3,84	-0,04	-0,04	+897,02	-10,00	-8,94	0,43%	Ok
Máxima tracción	72	-0,16	+0,06	+0,04	-32,82	+11,91	+9,10	0,48%	Ok
Máximo Mx+	70	-0,15	+0,06	-0,04	-31,37	+12,10	-8,96	0,49%	Ok
Máximo Mx-	59	+3,83	-0,07	+0,03	+852,20	-14,97	+7,11	0,45%	Ok
Máximo Mz+	72	-0,16	+0,06	+0,04	-32,82	+11,91	+9,10	0,48%	Ok
Máximo Mz-	65	+3,83	-0,07	-0,05	+828,13	-14,12	-11,89	0,46%	Ok
Pésima (flexión)	70	-0,15	+0,06	-0,04	-31,37	+12,10	-8,96	0,49%	Ok
Pésima (cortante)	70	-0,15	+0,06	-0,04	-31,37	+12,10	-8,96	0,49%	Ok

Pernos de anclaje a cortante

Combinación		V _{Ed} (kN)	F _{vb,Rd} (kN)	F _{t,Ed} (kN)	F _{t,Rd} (kN)	Factor de aprovechamiento	
Máxima compresión	64	+0,01	+50,96	+0,00	+143,32	0,03%	Ok
Máxima tracción	72	+0,02	+50,96	+0,75	+143,32	0,41%	Ok
Máximo Mx+	70	+0,02	+50,96	+0,76	+143,32	0,42%	Ok
Máximo Mx-	59	+0,02	+50,96	+0,00	+143,32	0,04%	Ok
Máximo Mz+	72	+0,02	+50,96	+0,75	+143,32	0,41%	Ok
Máximo Mz-	65	+0,02	+50,96	+0,02	+143,32	0,05%	Ok
Pésima (flexión)	70	+0,02	+50,96	+0,76	+143,32	0,42%	Ok
Pésima (cortante)	70	+0,02	+50,96	+0,76	+143,32	0,42%	Ok

Placa base

Placa base en flexión por compresión
Placa base en flexión por tracción

Combinación		Posición		M _{x,Ed} (kN·m/m)	V _{z,Ed} (kN/m)	T _{Ed} (kN·m/m)	Factor de aprovechamiento	
		X (cm)	Z (cm)					
Máximo Mx+	70	+5,0	-6,2	+0,10	+2,22	-0,03	4,40%	
Máximo Mx-	65	+5,0	-6,2	-0,29	-5,91	+0,06	12,44%	
Máximo Vz	65	+6,2	-5,0	-0,27	+30,87	+0,06	11,55%	
Pésima (flexión)	65	+5,0	-6,2	-0,29	-5,91	+0,06	12,44%	

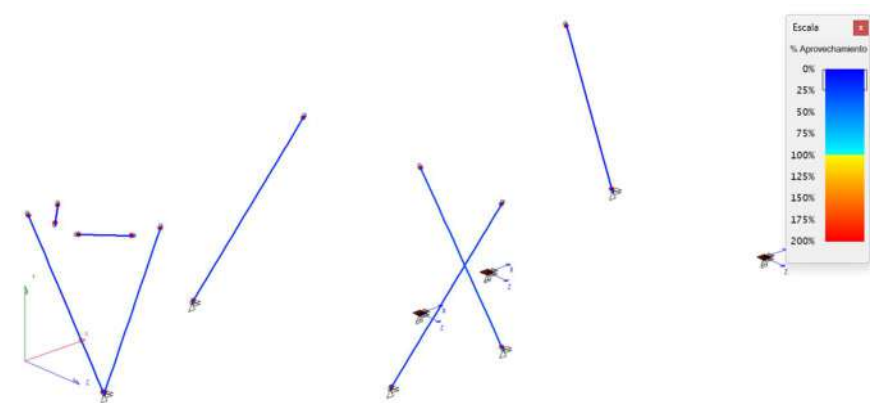
Combinación		Posición		M _{z,Ed} (kN·m/m)	V _{x,Ed} (kN/m)	T _{Ed} (kN·m/m)	Factor de aprovechamiento	
		X (cm)	Z (cm)					
Máximo Mz+	70	-6,2	+5,0	+0,10	+1,17	-0,03	4,35%	
Máximo Mz-	65	+6,2	-5,0	-0,29	+5,88	+0,06	12,45%	
Máximo Vx	65	+5,0	-6,2	-0,27	-30,85	+0,06	11,55%	
Pésima (flexión)	65	+6,2	-5,0	-0,29	+5,88	+0,06	12,45%	Ok

5.4.2. Cálculo de arriostrados

5.4.2.1. Arriostrados de fachada

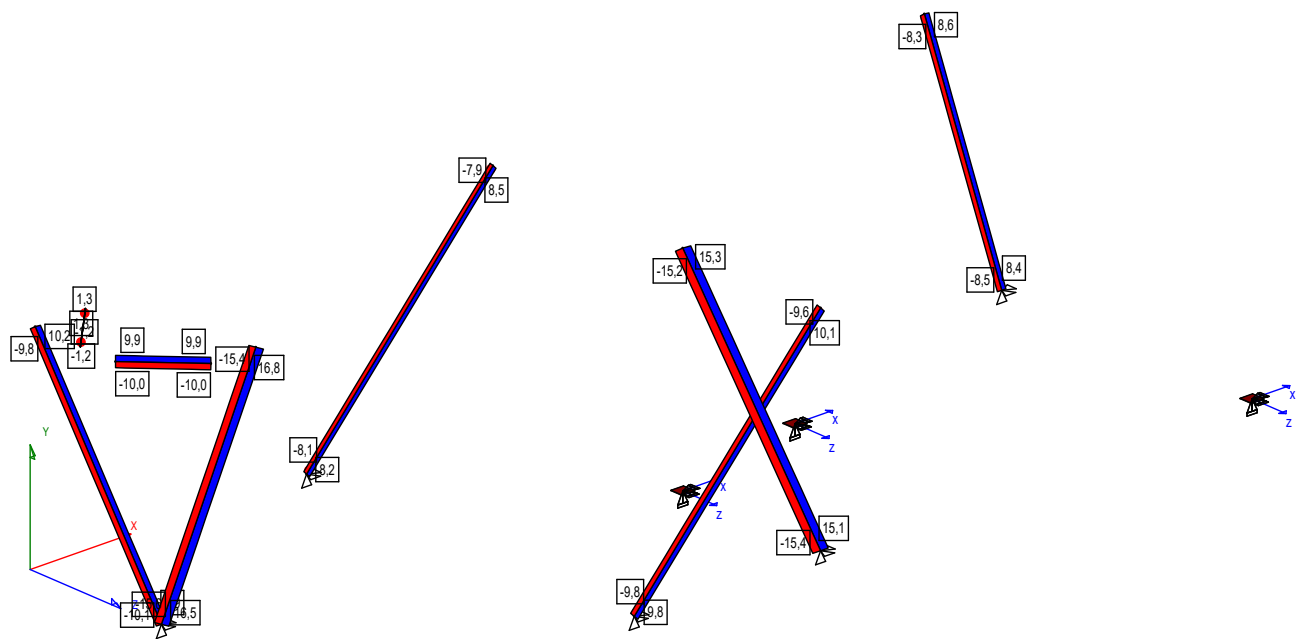
Los arriostrados de fachada están formados por tubos de sección SHS-100*2, rígidos unidos mediante la pieza de unión 1010-17:

El grado de aprovechamiento de los elementos que forman parte de los arriostramientos se muestran en la siguiente figura:



Los elementos de arriostramiento están trabajando aproximadamente al 50% de su capacidad máxima.

Los esfuerzos a los que están sometidos los elementos de arriostrado se muestran en la siguiente figura:

*Esfuerzos axiales en barras de arriostrado*

Eje 01 :	$N_{Sd} = 10,20 \text{ kN} \Rightarrow 1 \times 2 \text{ M10-8.8} :$	$N_{Rd} = 31,0 \text{ kN} > 10,20 \text{ kN} \Rightarrow \text{CUMPLE}$
Eje 03 :	$N_{Sd} = 15,10 \text{ kN} \Rightarrow 1 \times 2 \text{ M10-8.8} :$	$N_{Rd} = 31,0 \text{ kN} > 15,10 \text{ kN} \Rightarrow \text{CUMPLE}$
Eje 06 :	$N_{Sd} = 8,60 \text{ kN} \Rightarrow 1 \times 2 \text{ M10-8.8} :$	$N_{Rd} = 31,0 \text{ kN} > 8,60 \text{ kN} \Rightarrow \text{CUMPLE}$
Eje A :	$N_{Sd} = 9,80 \text{ kN} \Rightarrow 1 \times 2 \text{ M10-8.8} :$	$N_{Rd} = 31,0 \text{ kN} > 9,80 \text{ kN} \Rightarrow \text{CUMPLE}$
Eje D :	$N_{Sd} = 8,50 \text{ kN} \Rightarrow 1 \times 2 \text{ M10-8.8} :$	$N_{Rd} = 31,0 \text{ kN} > 8,50 \text{ kN} \Rightarrow \text{CUMPLE}$

5.4.2.2. Arriostrados de cubierta

Los arriostrados de cubierta son a base de cable o barras SHS-100*2. En el caso de cables, las barras se han introducen en el modelo de cálculo como tirantes, elementos que solamente pueden trabajar a tracción. Al realizar un cálculo no lineal, en las iteraciones de cálculo los elementos 'tirante' que experimentan compresiones son eliminados de la matriz de rigidez. Los esfuerzos se muestran en la siguiente figura:

*Esfuerzos axiales en cables de arriostrado*

La resistencia de los diferentes elementos de un arriostramiento de cable se muestran en la siguiente tabla:

Càrr.majorada	CABLES	CÀNCAM (fem.)	TENSOR	Càrr màx tensor
Carga mayorada		Càncamo		Carga màxima tensor
6 kN	DIAM 8	M12 ALTA RESISTENCIA	M12	7,00 kN
15 kN	DIAM 12	M12 ALTA RESISTÈNCIA	M20	17,00 kN
20 kN	DIAM 14	M16 ALTA RESISTÈNCIA	1"	30,00 kN

⇒ No se disponen cables en cubierta en este proyecto.

Diagonales de cubierta:

$$N_{Sd} = 10,00 \text{ kN} \Rightarrow 1 \times 2 \text{ M10-8.8} : \quad N_{Rd} = 31,0 \text{ kN} > 10,0' \text{ kN} \Rightarrow \text{CUMPLE}$$

Las diferentes configuraciones se aclaran en la siguiente figura:

5.5. Listados de cálculo perfiles omega

5.5.1. Cubierta

Memoria de cálculo de las correas omega de cubierta (cabecera con datos del proyecto retirada).

INTRODUCCIÓN Y PRESUPUESTOS	
Se refiere a esta memoria descriptiva y justificativa, elaborado de acuerdo con la normativa europea.	
► Eurocódigo 0	
► Eurocódigo 3 - Parte 1-1	
► Eurocódigo 3 - Parte 1-3	
► Eurocódigo 3 - Parte 1-5	
MATERIALES	
La clase de acero fue el S280GD, de acuerdo con la norma EN10346.	
ACCIONES Y COMBINACIONES DE ACCIONES	
Acciones Permanentes	
► Peso propio de la estructura (elementos en acero)	77.00 kN/m ³
Se adoptaron las siguientes cargas distribuidas, para tener en cuenta los revestimientos y otros elementos de construcción.	
► Restantes Cargas Permanentes	0.40 kN/m ²
Acciones Variables	
► Sobrecargas ($\psi_0: 0; \psi_1: 0; \psi_2: 0$)	0.15 kN/m ²
► Presión del Viento ($\psi_0: 0.6; \psi_1: 0.2; \psi_2: 0$)	0 kN/m ²
► Succión del Viento ($\psi_0: 0.6; \psi_1: 0.2; \psi_2: 0$)	0.50 kN/m ²
► Nieve ($\psi_0: 0.5; \psi_1: 0.2; \psi_2: 0$)	0.40 kN/m ²

Combinación de Acciones

Las combinaciones de acciones se definieron de acuerdo con el Eurocódigo 0.

$$S_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} S_{Gik} + \gamma_q \left[S_{Qik} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} S_{Qjk} \right]$$

sobre cuál:

S_{Gik} - esfuerzo resultante de una acción permanente, tomada con su valor característico;

S_{Qik} - esfuerzo resultante de una acción variable considerada como acción de base de la combinación, tomada con su valor característico;

S_{Qjk} - esfuerzo resultante de una acción variable distinta de la acción base, tomada con su valor característico;

γ_{gi} - coeficiente de seguridad relativo a las acciones permanentes;

γ_q - coeficiente de seguridad relativo a las acciones variables;

ψ_{0j} - coeficientes correspondientes a la acción variable de orden j.

► Combinaciones Estado Límite Último

ULS1: $1.0 \times P + 1.5 \times W^-$

ULS2: $1.35 \times P + 1.5 \times W^+ + 1.5 \times \psi_0 \times S + 1.5 \times \psi_0 \times Q$

ULS3: $1.35 \times P + 1.5 \times S + 1.5 \times \psi_0 \times W^+ + 1.5 \times \psi_0 \times Q$

ULS4: $1.35 \times P + 1.5 \times Q$

► Combinaciones Estado Límite Servicio

SLS1: $1.0 \times P + 1.0 \times W^-$

SLS2: $1.0 \times P + 1.0 \times W^+ + 1.0 \times \psi_0 \times S + 1.0 \times \psi_0 \times Q$

SLS3: $1.0 \times P + 1.0 \times S + 1.0 \times \psi_0 \times W^+ + 1.0 \times \psi_0 \times Q$

SLS4: $1.0 \times P + 1.0 \times Q$

LAYOUT ESTRUCTURAL

Inclinación de la cubierta: 0°

Longitud de los vanos: 5.4 m

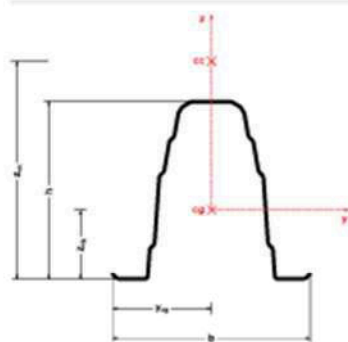
Límite de deformación: L/250

Número de arriostramientos: 0

Número de vanos: 1

Espaciamiento entre vigas: 0.75 m

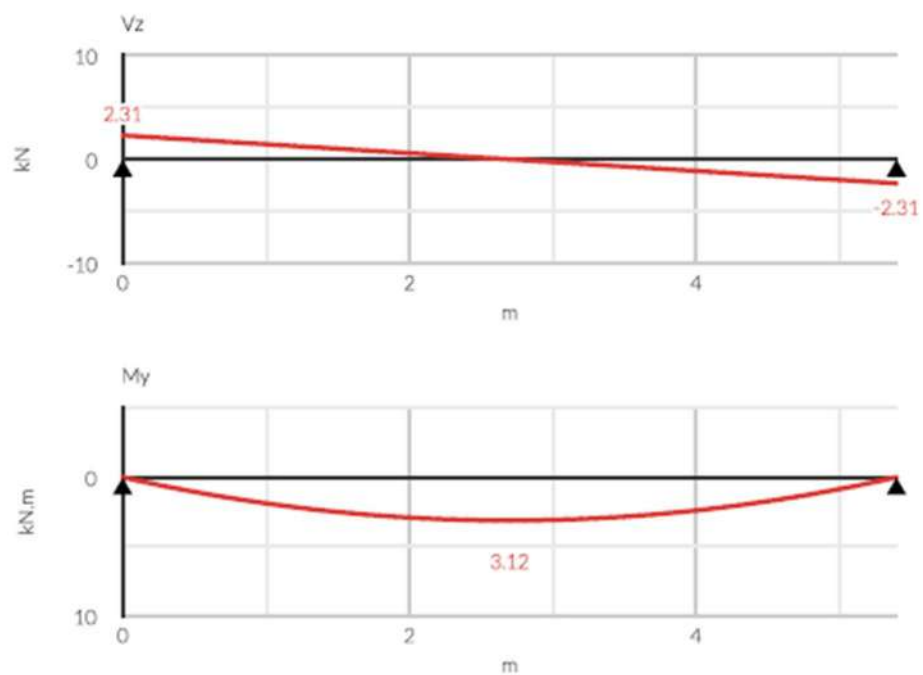
Arriostramiento total: No

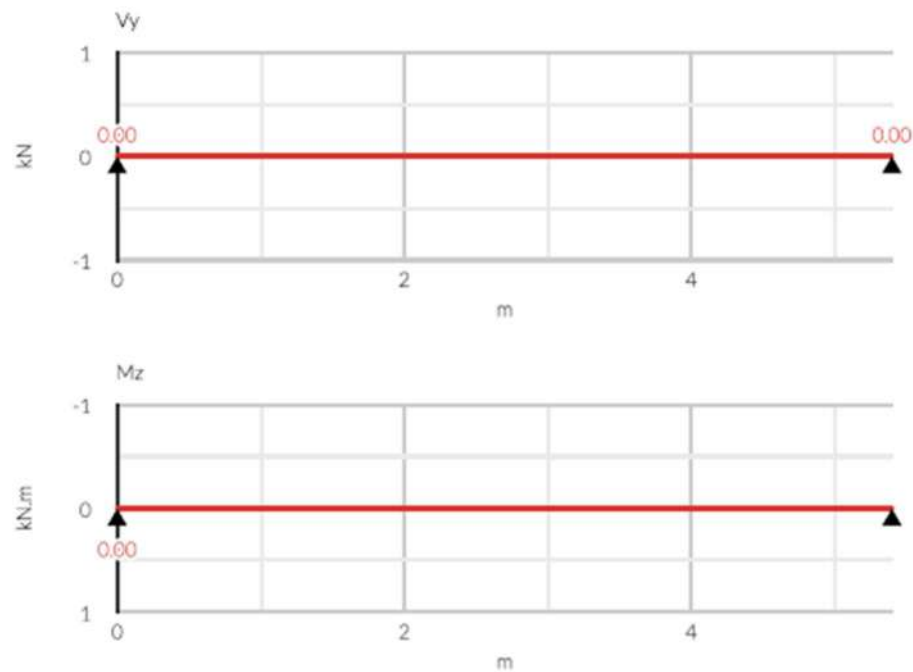
**Propiedades Geométricas**

Altura: 160 mm

Ancho: 197.1 mm

Espesor: 1.5 mm

Área_{eff}: 630.12 mm² $W_{y,eff}^+$: 27153.01 mm³ $W_{y,eff}^-$: 26932.80 mm³ $W_{z,eff}^+$: 18083.73 mm³ $W_{z,eff}^-$: 18083.73 mm³**VERIFICACIONES DE SEGURIDAD****Estados Límites Últimos**► **Diagrama de Esfuerzos (ULS3):**



► Deformación en el vano crítico (ULS3):

$$V_{Ed,z} : 0 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,y} : 0 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,z} : 0 \text{ kN.m}$$

$$M_{Ed,y} : 3.38 \text{ kN.m}$$

► Verificaciones Seccionales

$$\frac{V_{ed,y}}{V_{Rd,y}} \leq 1.0 \Leftrightarrow 0 \leq 1.0$$

$$\frac{V_{ed,z}}{V_{Rd,z}} \leq 1.0 \Leftrightarrow 0 \leq 1.0$$

$$\frac{M_{ed,y}}{M_{Rd,y}} \leq 1.0 \Leftrightarrow 0.44 \leq 1.0$$

$$\frac{M_{ed,z}}{M_{Rd,z}} \leq 1.0 \Leftrightarrow 0 \leq 1.0$$

► Verificación de aplastamiento de la alma

$$F_{Ed} : 2.5 \text{ kN}$$

$$R_{w,Rd} : 35.89 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1.0 \Leftrightarrow 0.07 \leq 1.0$$

► Verificación de Estabilidad

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{(kL)^2} \left[\sqrt{\left(\frac{k}{k_w} \right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(kL)^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2 - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right]$$

Sección Momento Máximo Positivo:C₁: 1.77C₂: -0.00C₃: 1.00M_{cr}: 69.3 kN.mλ_{lt}: 0.33χ_{lt}: 0.95M_{y,Ed}: 3.38 kN.mM_{y,Rd}: 7.24 kN.m

0.47 ≤ 1.00

Estados Límites de Servicio

► Deformación en el vano crítico (SLS3 - Característica):

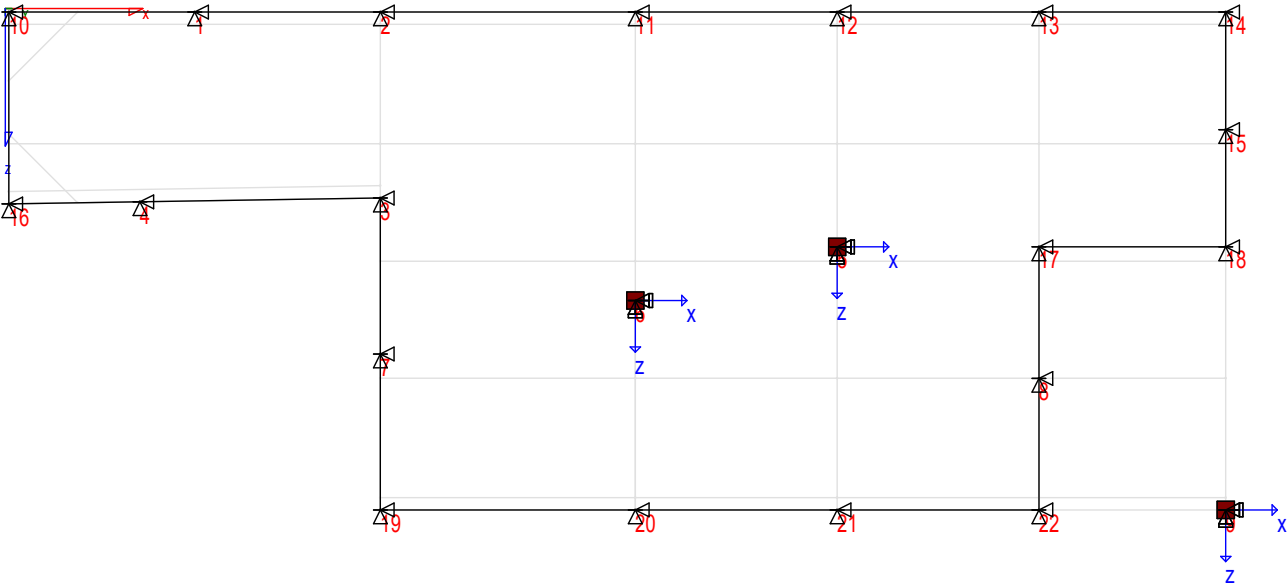
Vano condicionante: 1

δ = 15.18 mm

δ_{límite} = 21.60 mmδ ≤ δ_{límite} OK!

5.6. Listados de Reacciones

5.6.1. Identificación de nudos



5.6.2. Listado de reacciones

- G: permanentes
- Q1: Sobrecarga
- W: Viento
- S: Nieve
- Ex, Ez: Sismo horizontal
- A: Envolvente sin mayorar

Reacciones. Ejes generales, Acero, E.L.S., sin mayorar

Nudo	Pilar	Tipo	Hip	Id	Momentos kNm			Fuerzas kN		
					Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
1	---	xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,1	+0,0
			W1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,2
			W2		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,0	-0,2
			W3		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,0	-0,1
			W4		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,0	-0,2
			+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	+0,2
			-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,2
			Fx-	0A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,1	+0,0
			Fy+	6A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,1	+0,2
			Fz+	68A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,1	+0,2

Nudo	Pilar		Tipo	Hip	Id	Momentos kNm			Fuerzas kN		
						Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
2	4		xyz____	Fz-	4A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,1	-0,2
				G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	+4,5	-0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,9	-0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	-3,7	-7,1	-0,0
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	-0,5	-3,7	+0,0
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+3,2	+0,2	+0,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	-3,1	+0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	+2,5	-0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-3,1	-3,3	+0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	-1,6	-1,7	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+3,6	+13,4	+0,0
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-3,8	-2,6	-0,0
				Fx+	5A	+0,0	+0,0	+0,0	+3,6	+11,5	+0,0
				Fx-	47A	+0,0	+0,0	+0,0	-3,8	-0,8	-0,0
				Fy+	59A	+0,0	+0,0	+0,0	+3,6	+13,4	+0,0
				Fy-	1A	+0,0	+0,0	+0,0	-3,8	-2,6	-0,0
				Fz+	4A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,3	+0,0
				Fz-	68A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,2	+9,5	-0,0
3	8		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+7,1	+0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,9	+0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-6,3	-1,8
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	+1,3	-6,3	-1,0
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,9	-6,3	-1,9
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+0,7	-6,3	+1,7
				S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+5,0	+0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,3	+17,3	+1,9
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,3	+0,0	-1,9
				Fx+	2A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,3	+0,8	-1,0
				Fx-	62A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,3	+17,3	+1,0
				Fy+	65A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+17,3	+1,9
				Fz+	65A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+17,3	+1,9
				Fz-	3A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,9	+0,8	-1,9
4	10		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,6	-0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,1	-0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	+6,4	-4,0
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,7	-1,4
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	-9,6	-3,4
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	+0,7	+3,9
				S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,4	-0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+9,2	-0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,4	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	+11,5	+4,0
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	-8,0	-4,0
				Fx+	5A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	-4,9	+4,0
				Fx-	47A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	+8,3	-4,0
				Fy+	65A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	+11,5	+3,4
				Fy-	3A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	-8,0	-3,4
				Fz+	5A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	-4,9	+4,0
				Fz-	47A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	+8,3	-4,0
5	11		xyzxyz	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+6,4	+0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,8	+0,0

Nudo	Pilar	Tipo	Hip	Id	Momentos kNm			Fuerzas kN		
					Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
			W1		-0,1	+0,0	+0,1	-0,0	-6,1	-0,0
			W2		-0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-6,1	-0,0
			W3		-0,1	+0,0	-0,1	+0,0	-6,1	-0,0
			W4		+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-6,0	+0,0
			S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+4,9	+0,0
			Ex		-0,0	+0,0	+0,1	-0,0	+0,0	-0,0
			Ez		-0,3	+0,0	+0,0	-0,0	-0,1	-0,1
			+	A	+0,1	+0,0	+0,1	+0,0	+16,3	+0,0
			-	A	-0,1	+0,0	-0,1	-0,0	+0,0	-0,0
			Mx+	59A	+0,1	+0,0	-0,1	+0,0	+16,2	+0,0
			Mx-	1A	-0,1	+0,0	+0,1	-0,0	+0,3	-0,0
			Mz+	47A	-0,1	+0,0	+0,1	-0,0	+4,1	-0,0
			Mz-	5A	+0,1	+0,0	-0,1	+0,0	+12,5	+0,0
			Fx+	5A	+0,1	+0,0	-0,1	+0,0	+12,5	+0,0
			Fx-	47A	-0,1	+0,0	+0,1	-0,0	+4,1	-0,0
			Fy+	64A	+0,1	+0,0	+0,1	-0,0	+16,3	+0,0
			Fz+	59A	+0,1	+0,0	-0,1	+0,0	+16,2	+0,0
			Fz-	1A	-0,1	+0,0	+0,1	-0,0	+0,3	-0,0
6	12	xyzxyz	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+7,9	+0,0
			Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,3	+0,0
			W1		-0,0	+0,0	+0,1	-0,0	-11,3	-0,0
			W2		-0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-9,5	-0,0
			W3		-0,0	+0,0	-0,1	+0,0	-11,5	-0,0
			W4		+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-3,9	+0,0
			S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+6,1	+0,0
			Ex		+0,0	+0,0	+0,1	-0,0	+0,1	+0,0
			Ez		-0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-7,7	-0,0
			+	A	+0,1	+0,0	+0,1	+0,0	+24,0	+0,0
			-	A	-0,0	+0,0	-0,1	-0,0	-3,6	-0,0
			Mx+	65A	+0,1	+0,0	+0,1	-0,0	+24,0	+0,0
			Mx-	3A	-0,0	+0,0	-0,1	+0,0	-3,6	-0,0
			Mz+	47A	-0,0	+0,0	+0,1	-0,0	+1,2	-0,0
			Mz-	5A	+0,0	+0,0	-0,1	+0,0	+19,2	+0,0
			Fx+	5A	+0,0	+0,0	-0,1	+0,0	+19,2	+0,0
			Fx-	47A	-0,0	+0,0	+0,1	-0,0	+1,2	-0,0
			Fy+	65A	+0,1	+0,0	+0,1	-0,0	+24,0	+0,0
			Fy-	3A	-0,0	+0,0	-0,1	+0,0	-3,6	-0,0
			Fz+	65A	+0,1	+0,0	+0,1	-0,0	+24,0	+0,0
			Fz-	3A	-0,0	+0,0	-0,1	+0,0	-3,6	-0,0
7	---	xyz__	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,2	+0,0
			W1		+0,0	+0,0	+0,0	-3,2	-0,0	+0,0
			W2		+0,0	+0,0	+0,0	+2,6	-0,0	+0,0
			W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,9	-0,0	+0,0
			W4		+0,0	+0,0	+0,0	+3,3	+0,0	+0,0
			Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,0	+0,0
			+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+3,3	+0,2	+0,0
			-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-3,3	+0,0	+0,0
			Fx+	56A	+0,0	+0,0	+0,0	+3,3	+0,2	+0,0
			Fx-	8A	+0,0	+0,0	+0,0	-3,3	+0,2	+0,0
			Fy+	7A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+0,2	+0,0
8	---	xyz__	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,2	+0,0
			W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+0,0	+0,0
			W2		+0,0	+0,0	+0,0	-2,3	+0,0	+0,0

Nudo	Pilar		Tipo	Hip	Id	Momentos kNm			Fuerzas kN		
						Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+2,7	+0,0	+0,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	-2,8	-0,0	+0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	+0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+2,8	+0,2	+0,0
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-2,8	+0,0	+0,0
				Fx+	8A	+0,0	+0,0	+0,0	+2,8	+0,2	+0,0
				Fx-	56A	+0,0	+0,0	+0,0	-2,8	+0,2	+0,0
				Fy+	53A	+0,0	+0,0	+0,0	+2,7	+0,2	+0,0
9	16		xyzxyz	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,4	+0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,2	+0,0
				W1		-0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,8	-0,0
				W2		-0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,8	-0,0
				W3		-0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,8	-0,0
				W4		+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,8	+0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,7	+0,0
				Ex		-0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,0
				Ez		-0,1	+0,0	-0,0	+0,0	-0,0	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+2,7	+0,0
				-	A	-0,0	+0,0	-0,0	-0,0	+0,0	-0,0
				Mx+	59A	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	+2,7	+0,0
				Mx-	1A	-0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,5	-0,0
				Mz+	65A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,7	+0,0
				Mz-	3A	-0,0	+0,0	-0,0	+0,0	+0,5	-0,0
				Fx+	3A	-0,0	+0,0	-0,0	+0,0	+0,5	-0,0
				Fx-	65A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,7	+0,0
				Fy+	64A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,7	+0,0
				Fz+	59A	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	+2,7	+0,0
				Fz-	1A	-0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,5	-0,0
10	18		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,6	-0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,4	-0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	-1,4	-6,9	-0,2
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	+1,5	-4,2	+0,2
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,7	-6,6	+0,1
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+1,5	+3,4	+0,2
				S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,3	-0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,2	-0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,7	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,5	+10,4	+0,2
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,5	-4,3	-0,2
				Fx+	4A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,5	+6,1	+0,2
				Fx-	68A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,5	+0,1	-0,2
				Fy+	59A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,4	+10,4	+0,2
				Fy-	1A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,4	-4,3	-0,2
				Fz+	4A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,5	+6,1	+0,2
				Fz-	68A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,5	+0,1	-0,2
11	19		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+3,2	+0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,7	+0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+1,6	+0,0
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-1,7	+0,0
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-5,6	+0,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-2,3	+0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+1,9	+0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+3,2	+0,0

Nudo	Pilar		Tipo	Hip	Id	Momentos kNm			Fuerzas kN		
						Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+1,7	+0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+10,2	+0,0
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-2,4	+0,0
				Fx-	0A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+3,2	+0,0
				Fy+	65A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+10,2	+0,0
				Fy-	3A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-2,4	+0,0
12	21		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+3,3	+0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,6	+0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-2,1	+0,0
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-2,1	+0,0
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-2,1	-0,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-2,1	+0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+1,7	+0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+6,7	+0,0
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,0
				Fx-	0A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+3,3	+0,0
				Fy+	64A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+6,7	+0,0
				Fz+	47A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,5	+0,0
13	23		xyz____	Fz-	5A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+5,4	-0,0
				G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,8	+0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,6	-0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-2,0	-0,0
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-2,0	-0,1
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-2,0	+0,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-1,9	-0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+1,6	-0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+5,9	+0,1
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,1
				Fx-	0A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,8	+0,0
				Fy+	58A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+5,9	+0,0
14	25		xyz____	Fz+	6A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+4,7	+0,1
				Fz-	50A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,0	-0,1
				G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,4	-0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,2	-0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,5	-5,2	+0,0
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	-0,8	-2,9	+0,0
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,6	-5,1	-0,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	-0,7	+3,7	+0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,5	-0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	-0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-6,1	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,8	+6,9	+0,0
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,8	-3,8	-0,0
				Fx+	62A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,8	+4,7	-0,0
				Fx-	2A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,8	-1,6	+0,0
				Fy+	59A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,5	+6,9	-0,0
				Fy-	1A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,5	-3,8	+0,0
				Fz+	2A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,8	-1,6	+0,0
				Fz-	62A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,8	+4,7	-0,0

Nudo	Pilar	Tipo	Hip	Id	Momentos kNm			Fuerzas kN		
					Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
15	28	xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,1	+0,0
			Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	+0,0
			W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,7	+4,2	-2,1
			W2		+0,0	+0,0	+0,0	-2,0	+1,9	-1,1
			W3		+0,0	+0,0	+0,0	+2,5	+4,1	-2,0
			W4		+0,0	+0,0	+0,0	-2,6	-4,7	+1,9
			S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,3	+0,0
			Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,1	-0,0
			Ez		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+6,1	-2,7
			+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+2,6	+6,1	+2,1
			-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-2,6	-3,5	-2,0
			Fx+	68A	+0,0	+0,0	+0,0	+2,6	+6,1	-1,8
			Fx-	4A	+0,0	+0,0	+0,0	-2,6	-3,5	+1,9
			Fy+	68A	+0,0	+0,0	+0,0	+2,6	+6,1	-1,8
			Fy-	4A	+0,0	+0,0	+0,0	-2,6	-3,5	+1,9
			Fz+	59A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,7	-2,8	+2,1
			Fz-	1A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,7	+5,3	-2,0
16	31	xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	+2,3	+0,0
			Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,3	+0,0
			W1		+0,0	+0,0	+0,0	-4,7	-2,7	-3,9
			W2		+0,0	+0,0	+0,0	+1,8	+1,7	-2,5
			W3		+0,0	+0,0	+0,0	+5,4	+13,1	-4,4
			W4		+0,0	+0,0	+0,0	+1,1	-7,3	+3,6
			S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	+1,0	+0,0
			Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-4,5	-9,1	-0,0
			Ez		+0,0	+0,0	+0,0	-0,2	+0,3	-0,5
			+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+5,3	+16,1	+4,4
			-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-5,6	-10,8	-4,4
			Fx+	3A	+0,0	+0,0	+0,0	+5,3	+15,4	-4,4
			Fx-	65A	+0,0	+0,0	+0,0	-5,6	-10,1	+4,4
			Fy+	53A	+0,0	+0,0	+0,0	+5,2	+16,1	-4,3
			Fy-	7A	+0,0	+0,0	+0,0	-5,6	-10,8	+4,4
			Fz+	65A	+0,0	+0,0	+0,0	-5,6	-10,1	+4,4
			Fz-	3A	+0,0	+0,0	+0,0	+5,3	+15,4	-4,4
17	33	xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+7,2	-0,0
			Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+2,0	-0,0
			W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,7	-6,6	-1,5
			W2		+0,0	+0,0	+0,0	-1,0	-6,6	-0,8
			W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,5	-6,6	-1,5
			W4		+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-6,6	+1,4
			S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+5,4	-0,0
			Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-0,0
			Ez		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	+0,0
			+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,0	+18,0	+1,5
			-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,0	+0,0	-1,5
			Fx+	62A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,0	+17,9	+0,8
			Fx-	2A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,0	+0,6	-0,8
			Fy+	67A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,4	+18,0	-0,8
			Fz+	5A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,7	+13,8	+1,5
			Fz-	47A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,7	+4,7	-1,5
18	34	xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,8	+0,0
			Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,6	+0,0
			W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,7	-2,0	-1,5

Nudo	Pilar		Tipo	Hip	Id	Momentos kNm			Fuerzas kN		
						Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	-2,0	-0,7
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,4	-2,0	-1,5
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	-0,4	-2,0	+1,4
				S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,6	+0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	+0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,9	+6,0	+1,5
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+0,0	-1,5
				Fx+	6A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,9	+4,8	+0,7
				Fx-	50A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+2,0	-0,7
				Fy+	67A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,2	+6,0	-0,9
				Fz+	65A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,4	+6,0	+1,5
				Fz-	3A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,4	+0,8	-1,5
19	36		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,1	+2,3	+0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,4	+0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	-5,4	-6,0	+0,0
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	+1,4	-1,0	-0,1
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+4,7	+2,9	-0,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+1,5	-0,7	-0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+1,0	+0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	-4,0	-4,2	-0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+1,5	+1,6	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+5,3	+9,0	+0,1
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-5,5	-3,7	-0,1
				Fx+	5A	+0,0	+0,0	+0,0	+5,3	+8,3	-0,0
				Fx-	47A	+0,0	+0,0	+0,0	-5,5	-3,0	+0,0
				Fy+	59A	+0,0	+0,0	+0,0	+5,3	+9,0	-0,0
				Fy-	1A	+0,0	+0,0	+0,0	-5,4	-3,7	+0,0
				Fz+	62A	+0,0	+0,0	+0,0	-1,5	+4,0	+0,1
				Fz-	2A	+0,0	+0,0	+0,0	+1,3	+1,3	-0,1
20	40		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+3,7	-0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,7	-0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+6,2	-3,1
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,7	-1,4
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-2,6	-3,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-6,7	+3,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+1,9	-0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+4,1	+0,1
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+7,1	-6,1
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+11,8	+3,0
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-3,0	-3,1
				Fx-	0A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+3,7	-0,0
				Fy+	68A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+11,8	-3,1
				Fy-	4A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-3,0	+3,0
				Fz+	5A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	-2,5	+3,0
				Fz-	47A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+11,4	-3,1
21	42		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,8	-0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,5	-0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-1,9	+0,1
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-1,9	+0,0
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-1,9	-0,1
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-1,9	+0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+1,5	-0,0

Nudo	Pilar		Tipo	Hip	Id	Momentos kNm			Fuerzas kN		
						Mx	My	Mz	Fx	Fy	Fz
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+5,9	+0,1
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,1
				Fx-	0A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+2,8	-0,0
				Fy+	64A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+5,9	+0,0
				Fz+	1A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,9	+0,1
				Fz-	59A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+5,8	-0,1
22	43		xyz____	G		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+3,4	+0,0
				Q1		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+0,7	+0,0
				W1		+0,0	+0,0	+0,0	-0,5	-2,6	-0,0
				W2		+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	-2,6	-0,1
				W3		+0,0	+0,0	+0,0	+0,8	-2,6	+0,0
				W4		+0,0	+0,0	+0,0	-0,8	-2,6	-0,0
				S		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	+2,1	+0,0
				Ex		+0,0	+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0
				Ez		+0,0	+0,0	+0,0	-0,0	+0,0	-0,0
				+	A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,9	+7,5	+0,1
				-	A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+0,0	-0,1
				Fx+	62A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,9	+7,5	+0,1
				Fx-	2A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+0,8	-0,1
				Fy+	58A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,3	+7,5	+0,0
				Fz+	62A	+0,0	+0,0	+0,0	+0,9	+7,5	+0,1
				Fz-	2A	+0,0	+0,0	+0,0	-0,9	+0,8	-0,1

6. Planos estructurales