



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Documento nº1:
Anejo VI-II. Cálculo estructural.
Estructura metálica

Autor: David Onielfa Belenguer
Tutor: Juan Francisco Moya
Cotutor: Carlos Rafael Sánchez
Carratalá

Valencia, Junio de 2015

ÍNDICE

1.	Generalidades	3
1.1.	Objeto del presente anejo	3
1.2.	Soporte informático	3
1.3.	Descripción de la solución	3
2.	Bases de cálculo	8
2.1.	Normativa	8
2.2.	Características de los materiales	9
2.3.	Coeficientes de seguridad	10
2.3.1.	Estados Límite Últimos (ELU)	10
2.3.2.	Estados Límite de Servicio (ELS)	11
2.4.	Combinación de acciones	11
2.4.1.	Estados Límites Últimos (ELU)	11
2.4.2.	Estados Límite de Servicio (ELS)	12
2.4.3.	Coeficientes de simultaneidad	12
3.	Acciones	13
3.1.	Cargas permanentes	13
3.1.1.	Peso propio (PP)	13
3.2.	Cargas variables	14
3.2.1.	Sobrecarga de uso (Q)	14
3.2.2.	Viento (V)	15
3.2.3.	Nieve (N)	17
3.2.4.	Acción Térmica (T)	18
3.2.5.	Acción Sísmica (S)	19
4.	Modelización de la estructura	21
4.1.	Modelización de la cubierta	21
4.2.	Modelización del forjado	43
5.	Resultados	44

1. Generalidades

1.1. Objeto del presente anejo

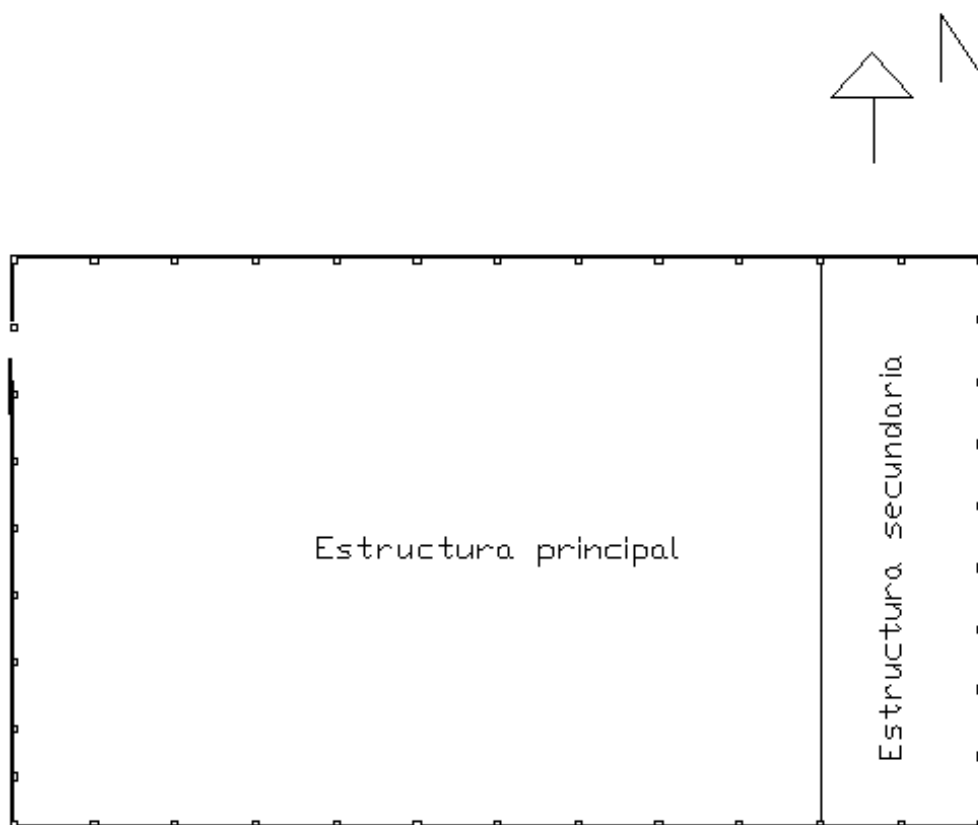
El objeto del siguiente anejo es definir y justificar la estructura metálica concebida para el **polideportivo multiusos de Vara de Quart**. Además de la comprobación y dimensionamiento de la cubierta y sus arriostramientos se incluye la comprobación y dimensionamiento del único forjado del polideportivo ya que éste está concebido sobre una estructura metálica. Para ello se definirán y describirán tanto las bases de cálculo y acciones consideradas como la modelización informática y sus resultados que verifiquen el correcto funcionamiento de la estructura.

1.2. Soporte informático

El software de cálculo utilizado para la modelización de la estructura ha sido **CYPE 2012**. Para la modelización y el dimensionamiento de la estructura se ha utilizado el módulo **Nuevo Metal 3D** con ayuda del módulo **Generador de pórticos**.

1.3. Descripción de la solución

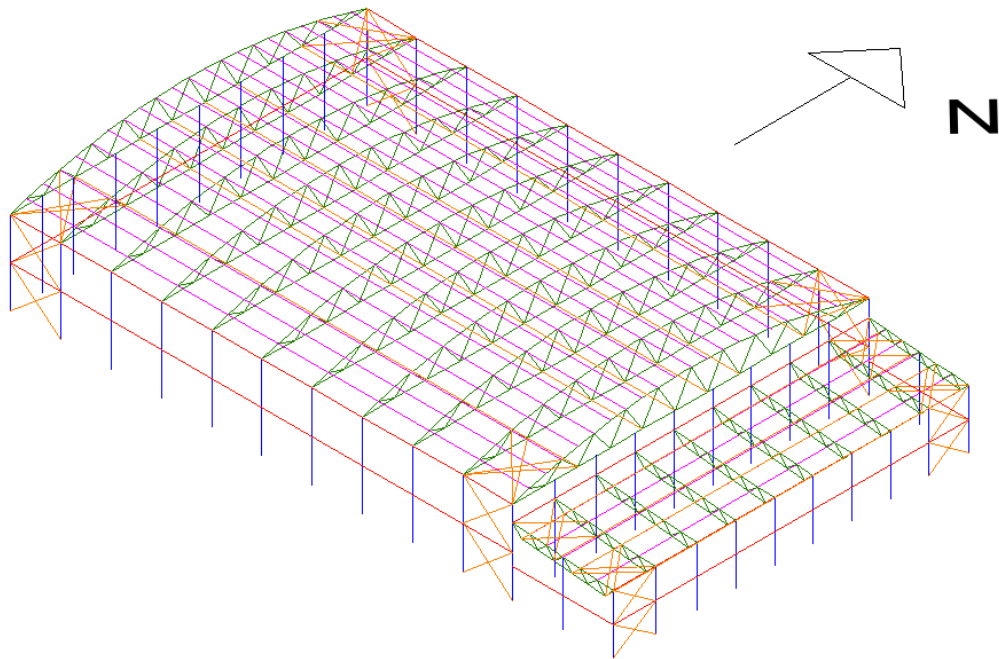
Para poder entender como está concebida la estructura vamos a dividirla en dos subestructuras, a la más grande y donde se alojan las pistas de deportes y gradas la llamaremos **estructura principal** y a la más pequeña **estructura secundaria**. Para que no lleve a confusión, las dos trabajan conjuntamente y **forman una única estructura** en la realidad, pero se ha creído conveniente dividirla en dos para poder explicar de una forma más sencilla como se articula ésta y como se ha dispuesto su modelización informática.



Divisiones de la estructura global

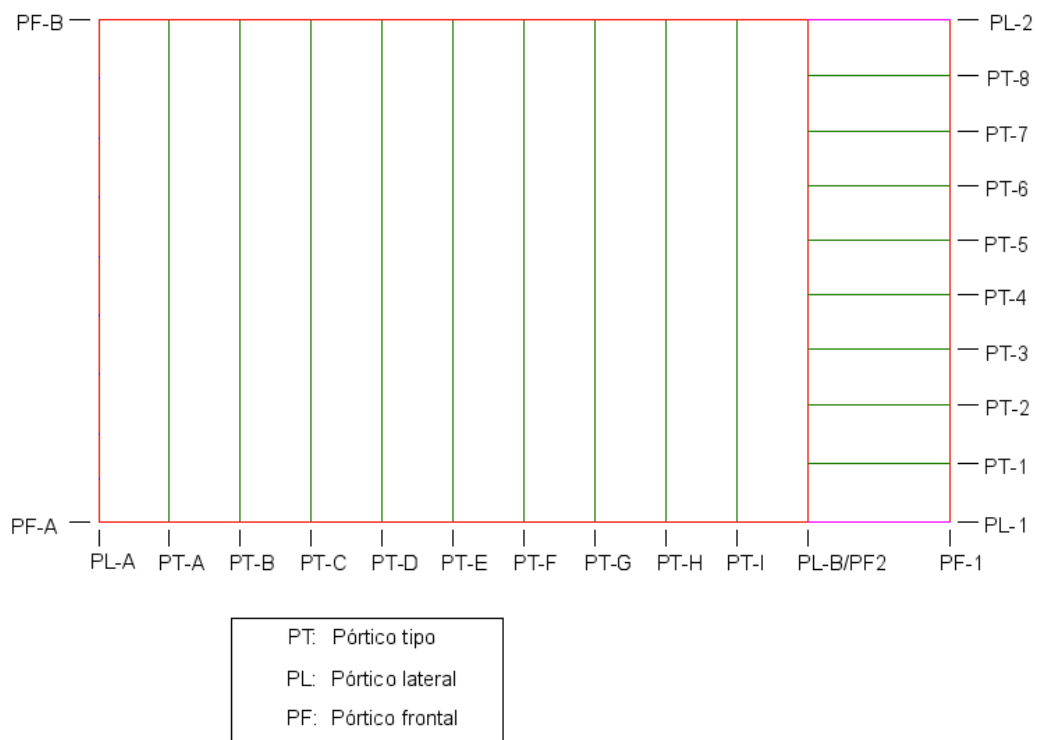
Tanto la estructura principal como la secundaria están compuestas por pórticos tipos que se repiten a lo largo de ellas. Los pórticos extremos tienen pilares intermedios porque además de sustentar la cubierta forman parte del cerramiento del pabellón. Cada estructura tiene dos pórticos frontales y dos pórticos laterales.

La estructura principal está compuesta por 11 pórticos separados entre sí 6 metros. Cada pórtico está compuesto por una celosía tipo Warren con cordón superior curvo con una luz de 42,5 metros de luz y un canto máximo en centro de vano de 3,5 metros. La estructura secundaria está compuesta por 10 pórticos separados entre sí a 4,62 metros a excepción de los tres pórticos más al sur que están separados entre sí a una distancia de 5 metros. Cada pórtico está compuesto por una celosía tipo Warren a un agua con una luz de 12 metros y con un canto de 1 metro. Todos los pilares de la estructura son de hormigón por lo que su comprobación y dimensionamiento no están incluidos en este anejo.



Estructura global del Pabellón

Para facilitar la definición de la estructura estos son los nombres de cada pórtico:



Descripción de los pórticos

La estructura principal está compuesta por 11 pórticos. Todos los pórticos son iguales a excepción de los extremos porque forman parte del cerramiento del pabellón y tendrán pilares de hormigón intermedios. A los pórticos sin pilares intermedios lo identificaremos como **pórtico tipo A**.

Cada **pórtico tipo A** está separado entre sí 6 metros.

El **pórtico tipo A** consiste en una estructura triangulada compuesta por:

- Cordon superior curvo de 43,2684 m. de longitud dimensionado con un perfil **CDC 250x12**
- Cordon inferior recto de 42,5 m. de longitud dimensionado con un perfil **CDC 250x12**
- Diagonales de entre 2 y 4 m. de longitud dimensionados con perfiles **CDC 120x8**
- Pilares de hormigón de 10 metros de altura y de **50x50** cm.
- Las correas están compuestas por perfiles **IPE 180**. Están separadas cada 2 metros. Las correas salvan en continuidad dos vanos.

El primer pórtico y el último tiene función de muro piñón por lo que tendrán pilares intermedios y cerramientos. Para ayudar a apoyar el cerramiento (y no tener un paño de 10 metros de alto) se disponen de vigas metálicas intermedias empotradas entre los pilares, además, éstas vigas están dimensionadas con perfiles **HEB 180** para resistir la acción del viento y transmitirla a los elementos de arriostramiento y cimentación. A éstos pórticos los llamaremos **pórtico lateral A** y **pórtico lateral B**.

Para el **arriostramiento de la cubierta principal** se utilizarán 4 cruces de San Andrés (dos a cada lado) dimensionados por redondos macizos **D45** de acero. Además, las celosías estarán unidas entre sí por perfiles **CDC 150x10**, para reducir el pandeo en el cordón inferior de los pórticos tipo A.

La estructura principal tiene dos pórticos frontales: **pórtico frontal A** y **pórtico frontal B**. Están compuestos por:

- Vigas horizontales que ayudan a sustentar el cerramientos y soportar las cargas del viento horizontales, dimensionadas como **HEB 220**.
- Pilares de hormigón de 10 metros de altura y de **50x50** cm.
- Cerramientos.
- Arriostramientos formados por cordones **Φ12** de acero.

La **estructura secundaria** está compuesta por 10 pórticos. Todos los pórticos son iguales a excepción de los extremos porque forman parte del cerramiento del pabellón y tendrán un pilar de hormigón intermedio. A los pórticos sin pilares intermedios lo identificaremos como **pórtico tipo 1**. Éstos pórticos están compuestos con una celosía a un agua por lo que los pilares de un lado serán más altos que los del otro.

El **pórtico tipo 1** consiste en una estructura triangulada compuesta por :

- Cordon superior recto de 12 m. de longitud dimensionado con un perfil **CDC 150x12**
- Cordon inferior recto de 10 m. de longitud dimensionado con un perfil **CDC 100x8**
- Diagonales de 1,4 m. de longitud dimensionados con perfiles **CDC 60x6**

- Pilares de hormigón de 8'5 y de 7 metros de altura y de **50x50** cm.
- Las correas están compuestas por perfiles **IPE 160** . Están separadas cada 2 metros. Las correas salvan en continuidad dos vanos.

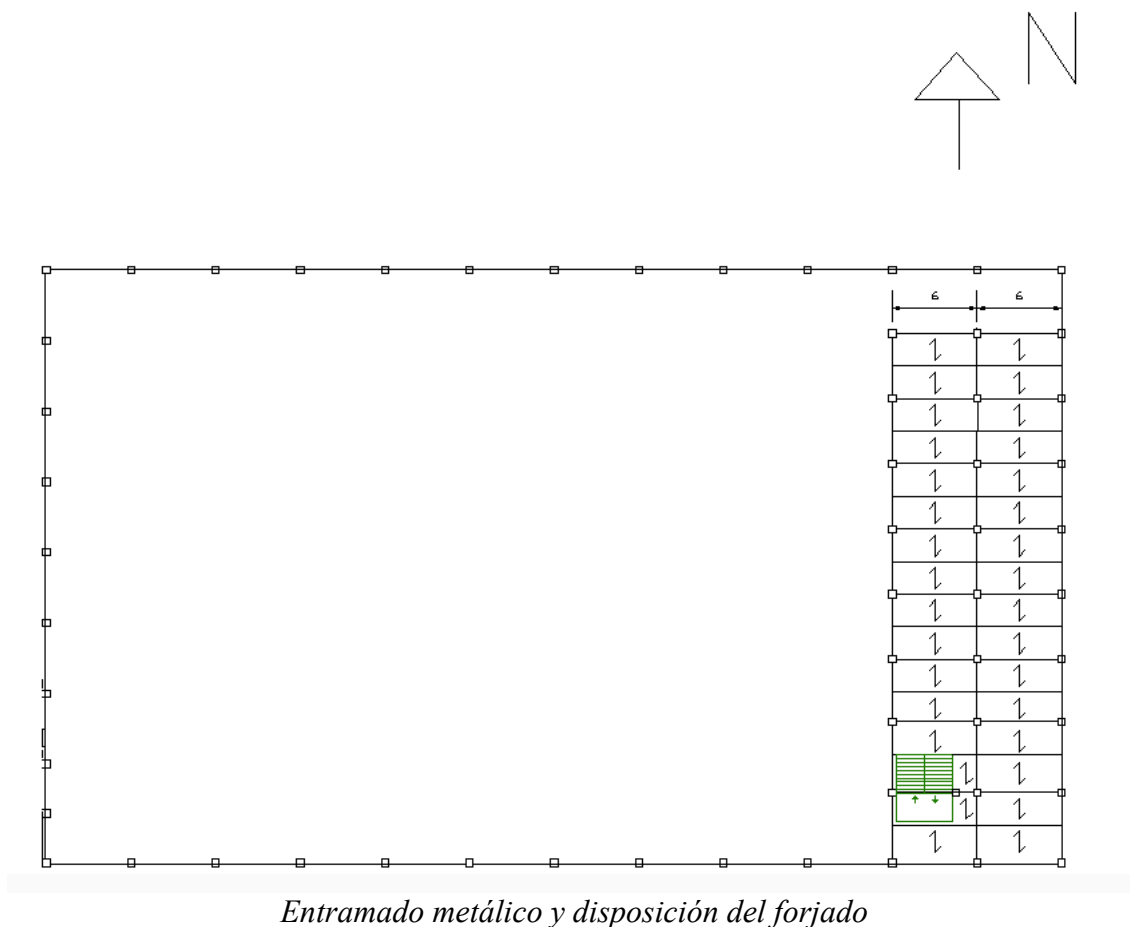
El primer pórtico y el último tiene función de muro piñón por lo que tendrán un pilar intermedio y cerramientos. Para ayudar a apoyar el cerramiento (y no tener un paño de 8,5 metros de alto) se disponen de vigas metálicas intermedias empotradas entre los pilares, además, éstas vigas están dimensionadas con perfiles **HEB 220** para resistir la acción del viento y transmitirla a los elementos de arriostramiento y cimentación. A éstos pórticos los llamaremos **pórtico lateral 1** y **pórtico lateral 2**.

Para el arriostramiento de la cubierta secundaria se utilizarán 2 cruces de San Andrés (una a cada lado) dimensionados por cordones **Φ16** de acero. Además, las celosías estarán unidas entre sí por perfiles **CDC 60x6**, para reducir el pandeo en el cordón inferior de los pórticos tipo A.

La estructura secundaria tendrá un pórtico frontal, al cual llamaremos **pórtico frontal 1** compuesto por:

- Vigas horizontales que ayudan a sustentar el cerramiento y soportar las cargas del viento horizontales, dimensionadas como **HEB 180**.
- Pilares de hormigón de 7 metros de altura y de **50x50** cm.
- Arriostramientos formados por cordones **Φ12**.

Ante la necesidad de construir un forjado para dar más servicios al pabellón y debido a que la estructura es metálica se ha decidido utilizar un forjado de chapa colaborante y apoyarlo sobre un entramado metálico el cual apoya sobre una planta de pilares compuestas por los propios pilares del pórtico secundario y por una línea de pilares adicional que servirá para reducir la luz del citado forjado.



Se ha tenido en cuenta la presencia de las escaleras para la distribución de los forjados. El sentido de los forjados es el indicado en la figura anterior. La distancia de apoyos de éstos es de 2,3 y 2,5 metros.

Todas las vigas metálicas están compuestas por perfiles metálicos **IPE 300**. Sobre éstos apoya el forjado de chapa colaborante cuyas características mecánicas, espesores, longitudes y cargas admisibles se obtienen del catálogo de un fabricante de forjados, en este caso se ha elegido el de la casa INCOPERFIL. El forjado seleccionado es el “Forjado INCO 70.4 Colaborante”. Tendrá un espesor de 15 centímetros.

2. Bases de cálculo

2.1. Normativa

- Para el cálculo y comprobación de los estados límite último y de servicio de los elementos metálicos, así como la determinación de las características mecánicas y estructurales de los mismos, es de aplicación el **Código Técnico de la Edificación-Documento Básico- Seguridad Estructural-Acero (CTE-DB-SE-**

A) y el *Código Técnico de la Edificación-Documento Básico- Seguridad Estructural (CTE-DB-SE)*.

- Para la determinación de las acciones que actúan sobre la estructura es de aplicación el ***Código Técnico de la Edificación-Documento Básico-Seguridad Estructural-Acciones en la Edificación (CTE-DB-SE-AE)***.
- Para aquellos puntos donde el ***Código Técnico de la Edificación (CTE)*** no aporte información suficiente será de aplicación lo especificado en la ***Instrucción Española de Acero Estructural (EAE)***.

2.2. Características de los materiales

- Para los perfiles metálicos conformados y laminados se utilizará acero **S275 JR**, cuyas propiedades son:
 - Peso específico (γ) = 77'01 KN/m³
 - Límite elástico (F_y) = 275 MPa
 - Límite de rotura (F_u) = 430 MPa
 - Módulo de elasticidad (E) = 210000 MPa
 - Módulo de Poisson (ν) = 0'3
 - Módulo de elasticidad transversal (G) = 81000 MPa
 - Coeficiente de dilatación (α_t) = 0'000012 m/m°C
 - Resiliencia (J) = JR : Temperatura del ensayo Charpy = 20 °C
- Para el forjado se utilizará un hormigón **HA-25/B/31,5/IIa** con las siguientes características:
 - Peso específico (γ) = 25 KN/m³
 - Resistencia a compresión (F_{ck}) = 25 MPa
 - Resistencia a tracción (F_{ctk}) = 1,8 MPa
 - Módulo de elasticidad (E) = 20314,4 MPa
 - Módulo de Poisson (ν) = 0'2
 - Tamaño máximo del árido (TMA): 31,5 mm
- Para el forjado se utilizará una chapa metálica **S320 GD** de las siguientes características:
 - Peso específico (γ) = 77,01 KN/m³
 - Límite elástico (F_y) = 320 MPa
 - Límite de rotura (F_u) = 370,48 MPa
 - Módulo de elasticidad (E) = 210000 MPa
 - Módulo de elasticidad transversal (G) = 81000 MPa
 - Calidad acero base: S320 GD
 - Coeficiente de dilatación (α_t) = 0'000012 m/m°C
 - Alargamiento rotura mínimo: 25%

- Protección galvanizado: Z-275
- Para el forjado se utilizarán barras corrugadas **B 500S**, cuyas propiedades son:
 - Soldable
 - Límite elástico (F_y) = 500 MPa
 - Límite de rotura (F_u) = 550 MPa
 - Módulo de elasticidad: 200 GPa
 - Alargamiento: 12%
 - Protección galvanizado: Z-275

2.3. Coeficientes de seguridad

2.3.1. Estados Límite Últimos (ELU)

- Coeficientes parciales de seguridad de los materiales (ELU):
 - 1 Para los coeficientes parciales para la resistencia se adoptarán, normalmente, los siguientes valores:
 - a) $\gamma_{M0} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material
 - b) $\gamma_{M1} = 1,05$ coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad
 - c) $\gamma_{M2} = 1,25$ coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia última del material o sección, y a la resistencia de los medios de unión
 - d) $\gamma_{M3} = 1,1$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Servicio.
 - $\gamma_{M3} = 1,25$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados en Estado Límite de Último.
 - $\gamma_{M3} = 1,4$ coeficiente parcial para la resistencia al deslizamiento de uniones con tornillos pretensados y agujeros rasgados o con sobremedida.
 - 2 Los coeficientes parciales para la resistencia frente a la fatiga están definidos en el Anejo C.
- Coeficientes parciales de seguridad de las acciones (ELU):

Tabla 4.1 del CTE-DB-SE. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los estados límite últimos

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

2.3.2. Estados Límite de Servicio (ELS)

Como la normativa **CTE-DB-SE-A** no dice nada al respecto sobre los coeficientes parciales de seguridad de los materiales y las acciones de los Estados Límite de Servicio se obtendrán los coeficientes utilizados en la **EAE**:

- Coeficientes parciales de seguridad de los materiales (ELS):

EAE. Cap. IV-Art. 15.3

Para la comprobación de los estados límites de servicio se adoptarán como coeficientes parciales para la resistencia valores iguales a la unidad.

- Coeficientes parciales de seguridad de las acciones (ELS):

EAE. Cap. III-Art. 12.2

Tabla 12.2 de la EAE. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables para la evaluación de los estados límite de servicio

Tipo de acción	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

2.4. Combinación de acciones

2.4.1. Estados Límites Últimos (ELU)

-Combinación de acciones correspondiente a la **situación persistente o transitoria**:

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

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una

tras otra sucesivamente en distintos análisis;

c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

-Combinación de acciones correspondiente a la **situación extraordinaria sísmica**:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente.

2.4.2. Estados Límite de Servicio (ELS)

-Combinación de acciones correspondiente a la **situación característica o poco probable**:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
 - b) una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una
- tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_0 \cdot Q_k$).

2.4.3. Coeficientes de simultaneidad

Tabla 4.2 del CTE-DB-SE. Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

3. Acciones

3.1. Cargas permanentes

3.1.1. Peso propio (PP)

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

El peso propio de la propia estructura metálica se obtiene a partir del peso específico del acero:

-Acero: 78'5 KN/m³

El resto de cargas permanentes se detallan a continuación:

- Cerramiento de cubierta: 0'5 KN/m²
- Correas: 0'5 KN/m²

3.2. Cargas variables

3.2.1. Sobrecarga de uso (Q)

Los valores de la sobrecarga de uso se obtienen de la Tabla 3.1 del CTE-SE-A. Se considerará como una carga repartida sobre la superficie a proyectar en función de la categoría de uso.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ^{(4) (8)}	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

- ⁽¹⁾ Deben descomponerse en dos cargas concentradas de 10 kN separadas entre sí 1,8 m. Alternativamente dichas cargas se podrán sustituir por una sobrecarga uniformemente distribuida en la totalidad de la zona de 3,0 kN/m² para el cálculo de elementos secundarios, como nervios o viguetas, doblemente apoyados, de 2,0 kN/m² para el de losas, forjados reticulados o nervios de forjados continuos, y de 1,0 kN/m² para el de elementos primarios como vigas, ábacos de soportes, soportes o zapatas.
- ⁽²⁾ En cubiertas transitables de uso público, el valor es el correspondiente al uso de la zona desde la cual se accede.
- ⁽³⁾ Para cubiertas con un inclinación entre 20° y 40°, el valor de q_k se determina por interpolación lineal entre los valores correspondientes a las subcategorías G1 y G2.
- ⁽⁴⁾ El valor indicado se refiere a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta.
- ⁽⁵⁾ Se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debida únicamente a su cerramiento no excede de 1 kN/m².
- ⁽⁶⁾ Se puede adoptar un área tributaria inferior a la total de la cubierta, no menor que 10 m² y situada en la parte más desfavorable de la misma, siempre que la solución adoptada figure en el plan de mantenimiento del edificio.
- ⁽⁷⁾ Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Las categorías de uso para la presente estructura son:

- Categoría de uso G1 (Cubiertas accesibles únicamente para conservación. Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado): **0'4 KN/m2**
- Categoría de uso C4 (Zonas destinadas a gimnasio o actividades físicas): **5 KN/m2**

La normativa dice que para una comprobación local hay que tener en cuenta la acción de una carga concentrada concomitante con la carga uniforme. No se tendrá en cuenta

porque en nuestro caso esta hipótesis es menos desfavorable para la capacidad portante de la estructura.

3.2.2. Viento (V)

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y dimensiones de la construcción. Por otro lado no se tendrá en cuenta los efectos dinámicos del viento por tener una esbeltez inferior a 6.

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

La acción de viento, en general, es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto que puede expresarse como:

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

siendo:

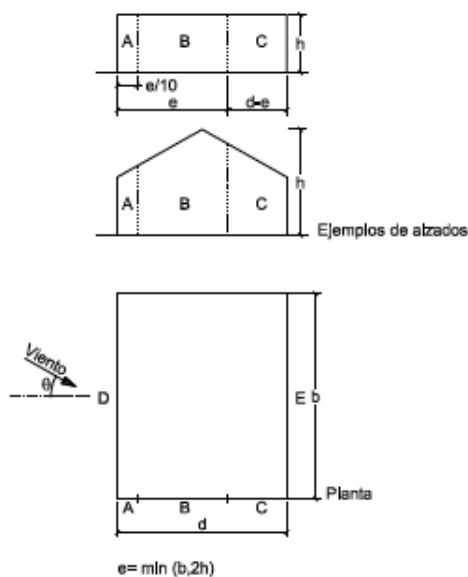
-q_b. La **presión dinámica del viento**. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse **0,5 kN/m²**. Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo E, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

-c_e. El coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3. Para una altura considerada de 12 metros y un grado de aspereza del entorno IV (Zona urbana en general, industrial o forestal) se obtiene un **coeficiente de exposición de 2**.

-c_p. El coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. En las tablas D.1 a D.14 se dan valores de coeficientes de presión para diversas formas simples de construcciones, obtenidos como el pésimo de entre los del abanico de direcciones de viento definidas en cada caso.

De la tabla D.1 obtenemos los valores del coeficiente eólico para los paramentos verticales:

Tabla D.1 Paramentos verticales

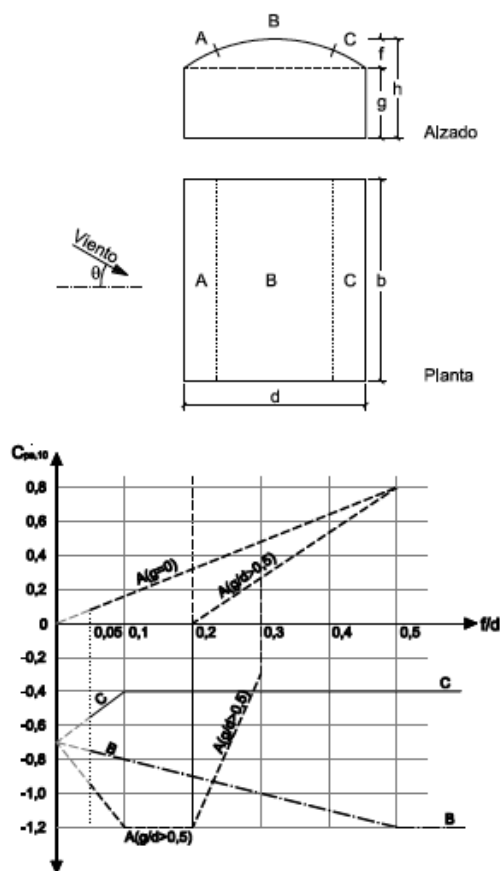


A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

- $A > 10 \text{ m}^2$
- $h = 13,5 \text{ m}$
- $d = 42,5 \text{ m}$
- $h/d = 0,317$
- $A = -1,2$: **V1 = -1,2 kN/m²**
- $B = -0,8$: **V2 = -0,8 kN/m²**
- $C = -0,5$: **V3 = -0,5 kN/m²**
- $D = 0,73$: **V4 = 0,73 kN/m²**
- $E = -0,32$: **V5 = -0,32 kN/m²**

De la tabla D.10 obtenemos los valores del coeficiente eólico para la cubierta principal:

Tabla D.10 Cubiertas cilíndricas



Notas:

- Para $0 < g/d < 0,5$, el coeficiente de presión exterior, $C_{pe,10}$, correspondiente a la superficie A, se obtendrá mediante interpolación lineal.
- Para $0,2 \leq f/d \leq 0,3$ y $g/d \geq 0,5$, se adoptará el más desfavorable de los dos posibles valores del coeficiente de presión exterior, $C_{pe,10}$, correspondiente a la zona A.

$-g = 10 \text{ m}$
 $-d = 42,5 \text{ m}$
 $-g/d = 0,235$
 $-f = 3,5 \text{ m}$
 $-f/d = 0,0823$
 $-A = (0,17-1,15)/2 = -0,49: \quad V6 = -0,49 \text{ kN/m}^2$
 $-B = -0,78: \quad V7 = -0,78 \text{ kN/m}^2$
 $-C = -0,43: \quad V8 = -0,43 \text{ kN/m}^2$

3.2.3. Nieve (N)

En cubiertas no planas se tendrá en cuenta la acción de la nieve en función de la siguiente expresión:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

siendo:

μ : coeficiente de forma de la cubierta. Como no hay impedimento al deslizamiento de la nieve se considerará un **coeficiente de forma de 1**.

s_k : el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal. El valor se obtendrá de la siguiente tabla:

Tabla 3.7 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

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

Para Valencia se considerará una sobrecarga de 0'2 KN/m2.

Por lo tanto la **acción de la nieve** en nuestra estructura será de **qn =0'2KN/m2**.

3.2.4. Acción Térmica (T)

En edificios habituales con elementos estructurales de hormigón o acero, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud. En nuestro caso tendremos elementos de más de 40 metros, tanto en el cordón superior como en el inferior de la cercha de los pórticos tipo A, por lo tanto en estos elementos se tendrá en cuenta.

La acción térmica se tendrá en cuenta en función de los valores de las temperaturas extremas de verano e invierno, para el caso de Valencia serán:

- Temperatura anual máxima: 46°C
- Temperatura anual mínima: -5°C
- Temperatura anual media: 18°C

Por lo tanto para el cálculo tendremos una temperatura de **+28°C en verano** y una temperatura de **-23°C en invierno**.

Hay que mencionar que el programa CYPE no incluye como combinación de acciones la acción térmica, pero si se puede introducir acciones debido a la variación de temperatura. Por lo tanto lo que se hace es definir la acción térmica como si fuese una

sobrecarga de uso porque tienen los mismos coeficientes de simultaneidad, pero introduciendo los valores de la acción térmica.

3.2.5. Acción Sísmica (S)

Según la norma NSCE-02 no habrá que tener en cuenta la acción sísmica en los siguientes casos:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,04 g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art. 2.1) sea inferior a 0,08 g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, a_c , (art. 2.2) es igual o mayor de 0,08 g.

Nuestra estructura se cataloga de **importancia normal** ya que su destrucción por el terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

Por otro lado, la localización de nuestra estructura se sitúa en Valencia, en el mapa de peligrosidad sísmica podemos obtener que la aceleración sísmica para ésta zona está entre 0'04g y 0'08g. En el Anejo 1 de la norma NCSE-02 podemos obtener el valor exacto de la **aceleración sísmica** de Valencia: **0'06g**.

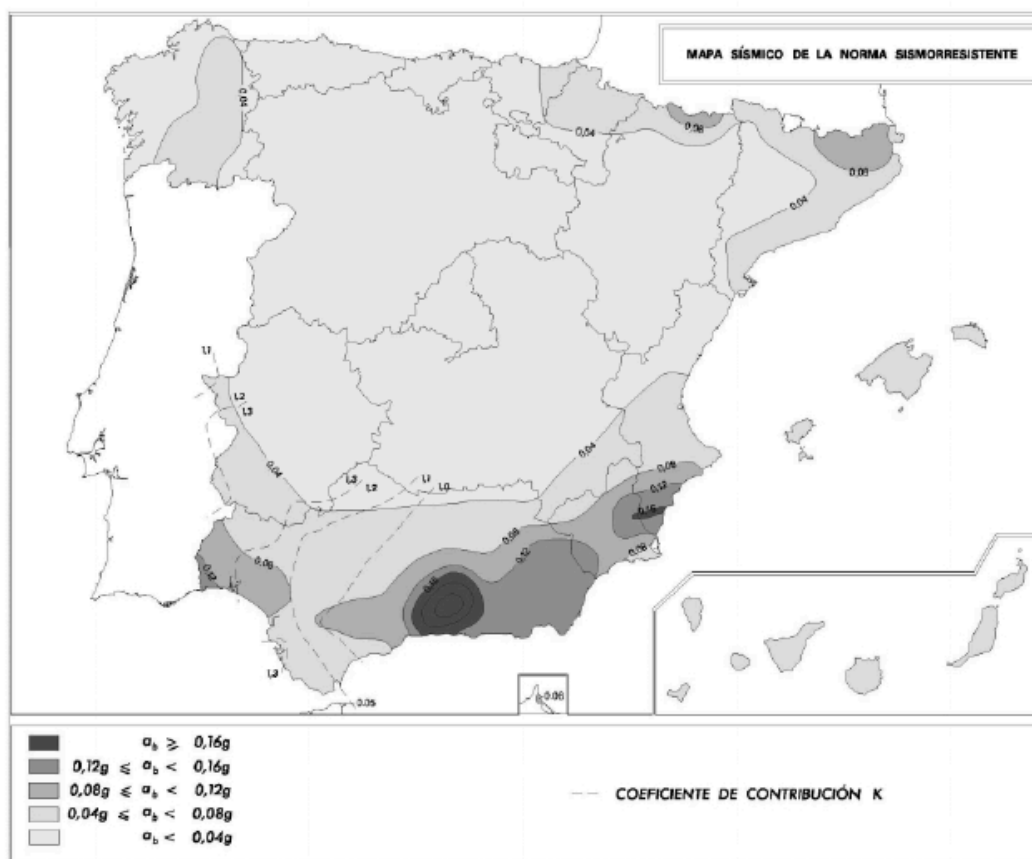


Figura 2.1. – Mapa de Peligrosidad Sísmica.

Por **pórticos bien arriostrados** podríamos entender lo que sucede en edificios de viviendas con forjados, donde éstos proporcionan una rigidez en el plano que ayudan al arriostramiento del edificio. En una estructura diáfana como la que tenemos no podemos asegurar que los pórticos estén bien arriostrados en todas las direcciones con los datos que nos aporta la norma, por lo que para estar seguros tendremos en cuenta la acción sísmica.

El programa CYPE incluye el cálculo de la acción sísmica de cualquier estructura si se introducen ciertos parámetros. En nuestro cálculo haremos uso de él para tener en cuenta la acción sísmica. Los parámetros a introducir son los siguientes:

- Aceleración básica: Valencia (0'06g).
- Número de modos: 6.
- Amortiguamiento: 4% (Estructura de acero diáfana).
- Tipo de suelo: Tipo III. C=1'6.
- Ductilidad: Ductilidad baja.
- Parte de sobrecarga a considerar: 0'6 (edificios públicos).
- Parte de nieve a considerar: 0'5.

4. Modelización de la estructura

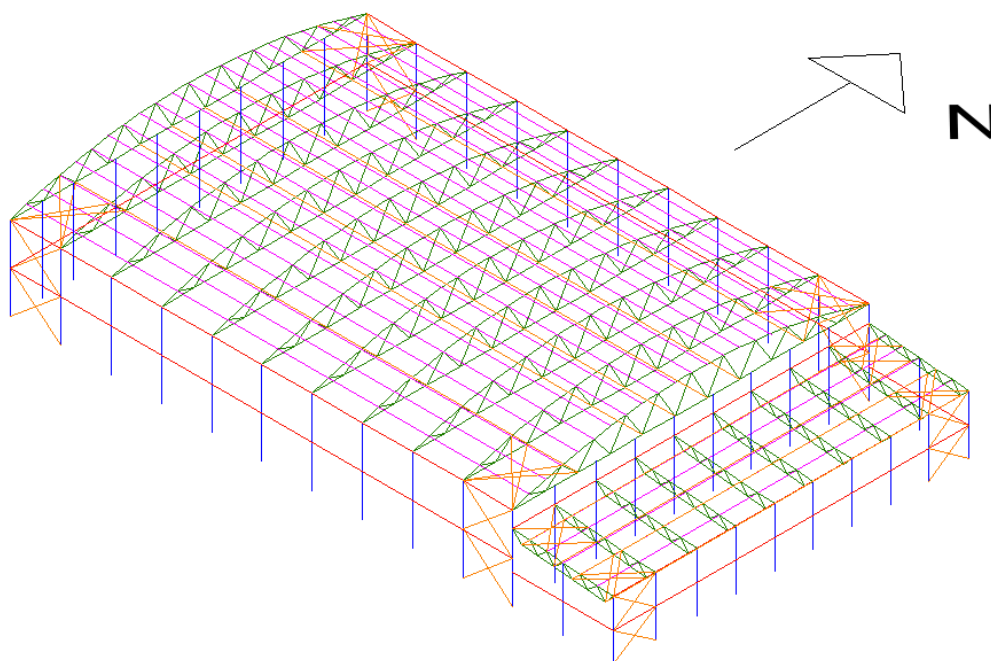
4.1. Modelización de la cubierta

El programa informático utilizado, **CYPE**, permite la introducción de modelos tridimensionales, como naves industriales y facilita la introducción de datos y modelización de la estructura siempre que estas sean sencillas e implementadas en su módulo "Generador de pórticos". Como nosotros tenemos una estructura global compuesta por dos subestructuras en la cual una de ellas tiene una cubierta cilíndrica no se facilita su modelización.

Para la modelización de la estructura lo que se ha hecho son diferentes modelos bidimensionales de las secciones mas importantes de la estructura y la comprobación de que resisten adecuadamente. Se ha tenido en cuenta en la realización de cada modelo la interacción entre ellos para estar seguros que los modelos representan la realidad.

La estructura global se analiza como dos subestructuras, para facilitar la introducción de los modelos bidimensionales.

El siguiente dibujo realizado en AutoCAD representa el modelo global en 3D:



A continuación se enumeran y muestran los modelos 2D utilizados:

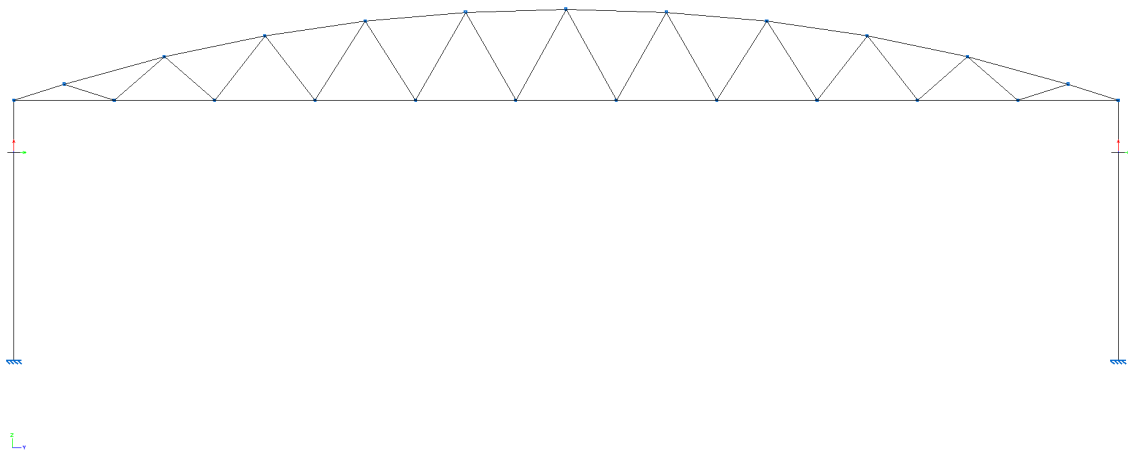
- Pórtico tipo A
- Pórtico lateral A
- Viga intermedia del pórtico lateral A
- Pórtico frontal A
- Viga intermedia del pórtico frontal A

- Arriostramiento cubierta principal
- Correas estructura principal
- Pórtico tipo 1
- Pórtico lateral 1
- Pórtico frontal 1
- Arriostramiento cubierta secundaria
- Correas estructura secundaria

Cabe decir que el módulo **Nuevo Metal 3D** del programa **CYPE** no incluye el dimensionamiento y la comprobación de los elementos de hormigón, pero si permite la introducción de elementos de hormigón. Lo que se ha hecho es introducir los pilares de hormigón pero todos los resultados aparecen en rojo porque el programa obvia su dimensionamiento o comprobación, el cual se incluye en otro anejo. Lo que se obtiene son las leyes de esfuerzos de los pilares.

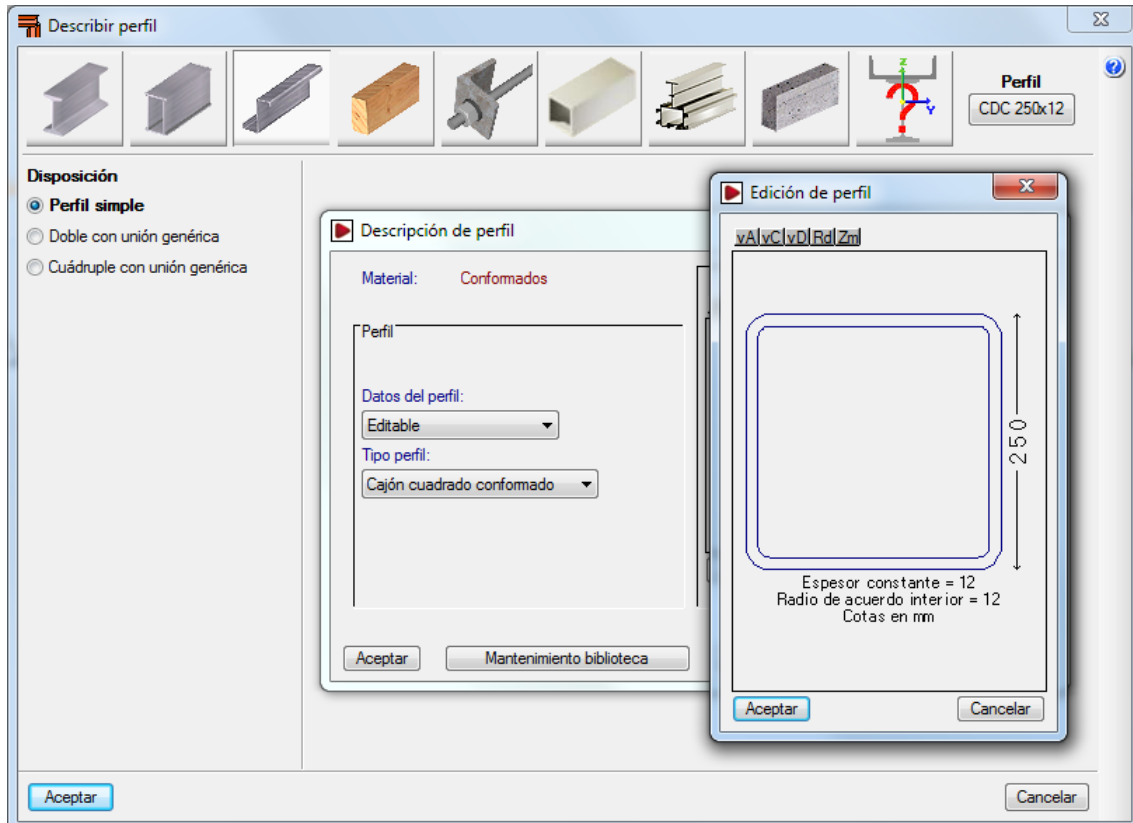
PÓRTICO TIPO A

Es el pórtico tipo de la estructura principal que se repite a lo largo de ella. Está compuesta por una celosía en arco tipo Warren y se sustenta en sus extremos por dos pilares de hormigón. Como ya hemos citado, el programa CYPE no facilita la introducción de este tipo de modelos, lo que se ha hecho por consiguiente es introducir las barras a mano. Para la definición del cordón curvo superior se ha hecho una poligonal lo más semejante a la realidad posible.



Modelo del pórtico tipo A

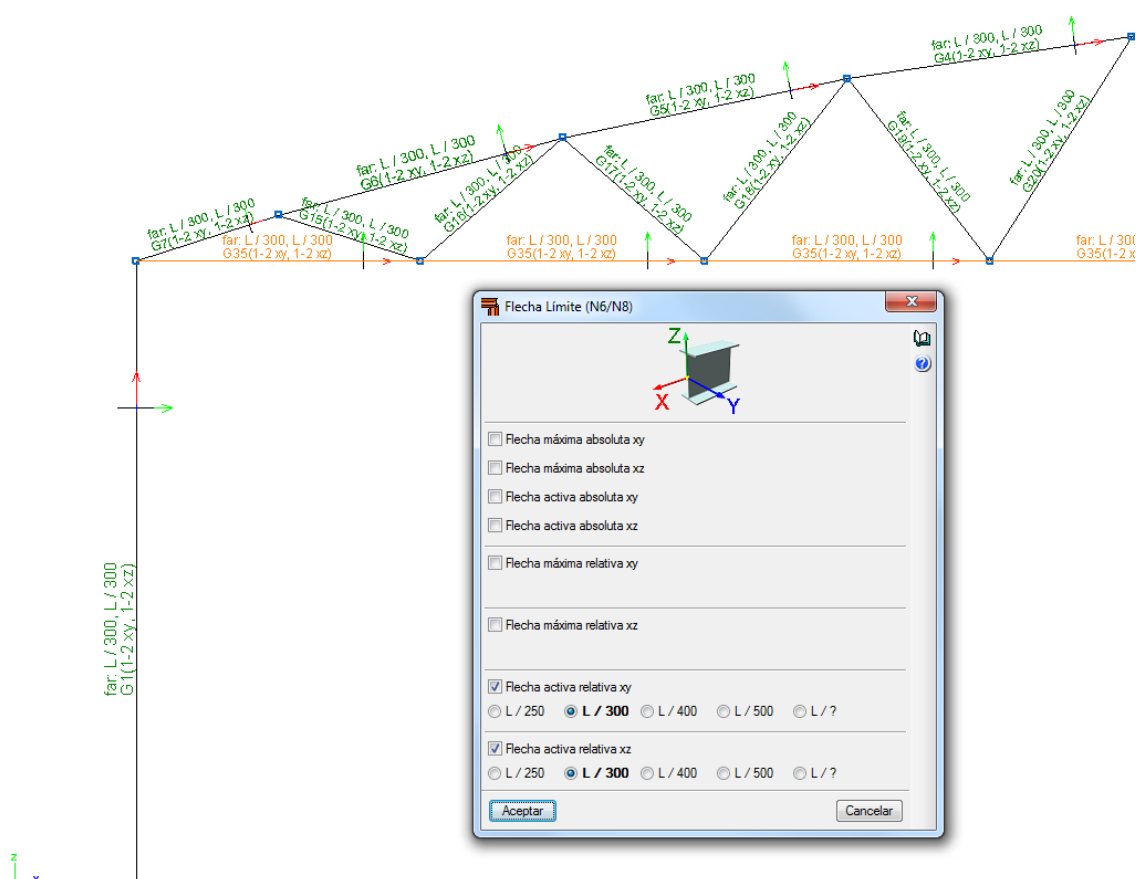
Los barras se han definido con perfiles **Cajón cuadrado conformado (CDC)**. Como este tipo de perfil no se encuentra en series de obra el programa CYPE no incluye su dimensionamiento, solo su comprobación. Por consiguiente se ha ido probando dimensiones de perfiles y se ha ido ajustando el aprovechamiento de resistencia y de flechas a un tamaño óptimo.



Descripción del perfil CDC

A la hora de introducir las barras, para CYPE, el cordón inferior y el superior no es todo uno, sino que se divide en tantas barras como uniones con las diagonales tiene. Este hecho se ha tenido en cuenta a la hora de definir los coeficientes de pandeo y las luces para las flechas.

El programa CYPE permite la limitación de flechas de las barras en ambos ejes. En todas las barras se ha limitado la **flecha activa máxima a $L/300$** . Para que el programa considere el cordón inferior todo uno se ha creado un grupo de flechas con todas las barras del cordón inferior, así se considera una única flecha para el cordón inferior.

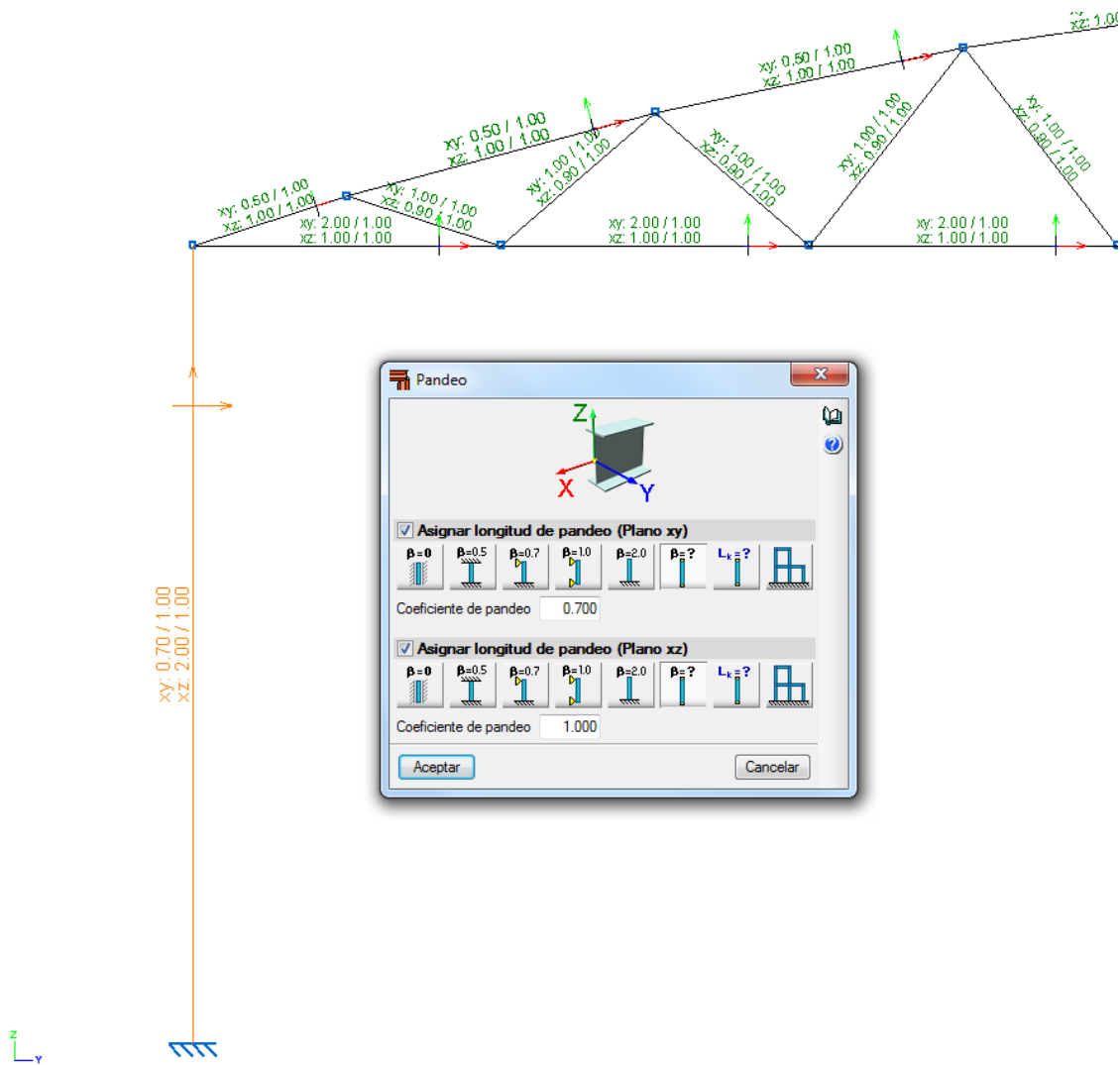


Flecha activa relativa en cordón inferior

Como el cordón superior es curvo el programa no permite crear un grupo de flechas con estas barras porque no están alineadas, así que se han dejado como barras individuales asumiendo que la flecha del cordón inferior es más desfavorable que la del cordón inferior.

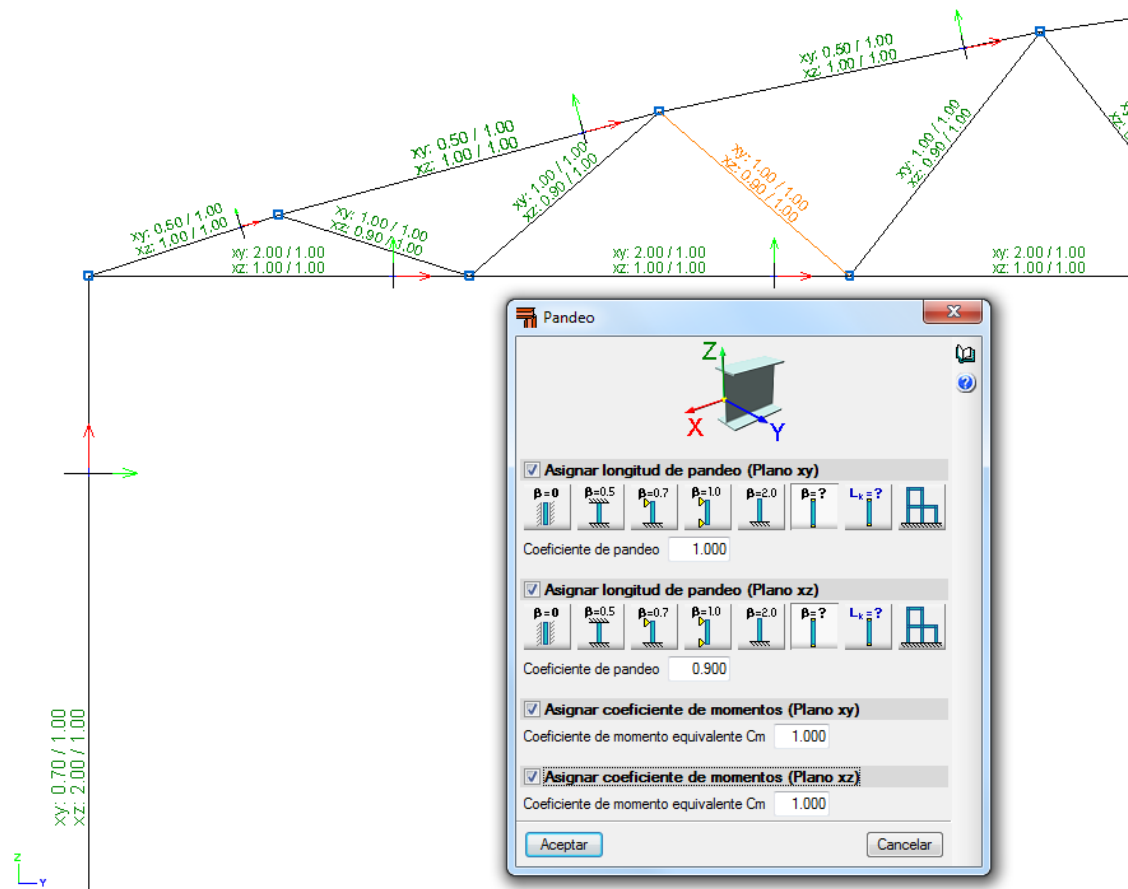
Para la definición de los coeficientes de pandeo se ha tenido en cuenta la interacción de éste modelo con el resto de modelos que conectan con él.

Para los **pilares** se ha utilizado el coeficiente de pandeo **beta igual a 2 en el plano del pórtico**, porque se considera que el pilar está empotrado y libre en su cabeza, y **0,7 en el plano perpendicular** al pórtico porque existen unos arriostramientos en el pórtico frontal A que hacen que la cabeza del pilar esté apoyada.



Coeficientes de pandeo en pilares

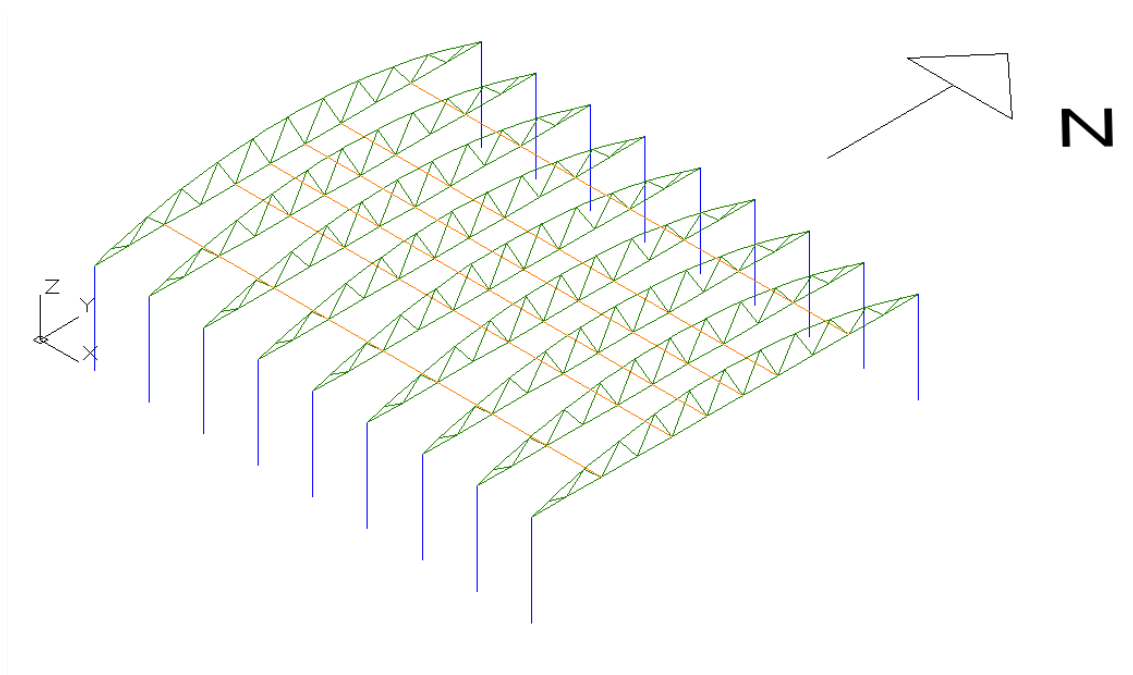
Las **diagonales** tienen un coeficiente de pandeo 1. Según el **CTE-DB-SE** si las diagonales están formadas por perfiles tubulares y las uniones son rígidas (uniones soldadas) se puede reducir el coeficiente de pandeo a 0,75 en el plano del pórtico y en el plano perpendicular a él. En cambio la **EAE** dice que se reduzca solo a un 90% en el plano del pórtico. Se ha decidido tomar el criterio de la EAE porque así estamos más del lado de la seguridad. Por lo tanto, **coeficiente beta de pandeo en el plano 0,9 y en el plano perpendicular 1**.



Coefficientes de pandeo en diagonales

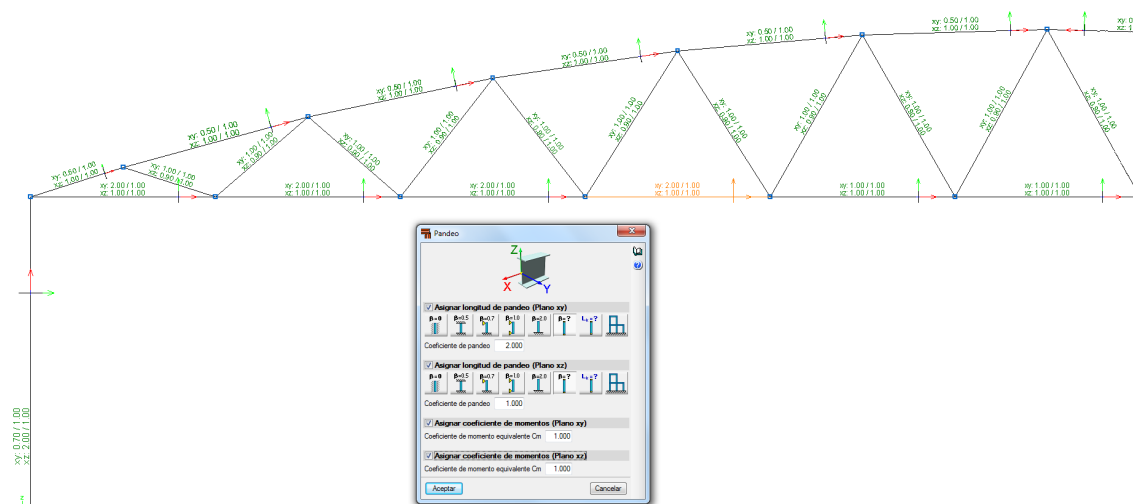
Un pórtico como el nuestro, en el que existen cargas verticales hacia abajo, la celosía está sometida a flexión trabajando el cordón superior a compresión y el cordón inferior a tracción. Esto provoca que haya que coaccionar ciertos puntos del cordón superior para evitar el pandeo, esto se consigue con las correas (aunque ésta no sea su función principal). Pero nuestro caso incluye una particularidad, las acciones de viento (predominantemente horizontales) provocan succiones en la cubierta. Si tenemos una cubierta ligera (como es nuestro caso) es posible que las fuerzas de succión superen a las de presión y la celosía pase a trabajar al revés, el cordón superior traccionado y el cordón inferior comprimido. En este caso hay que arriostrar ciertos puntos del cordón inferior a lo largo de todos los pórticos para que no pandee. Haciendo una primera iteración en CYPE se comprueba rápidamente la necesidad de arriostrar el cordón inferior en el plano perpendicular del pórtico.

El **cordón inferior** está arriostrado en el plano del pórtico por las propias diagonales de la celosía, por lo tanto el **coeficiente beta de pandeo en el plano del pórtico será 1**. En el plano perpendicular se ha decidido arriostrar de la siguiente manera:



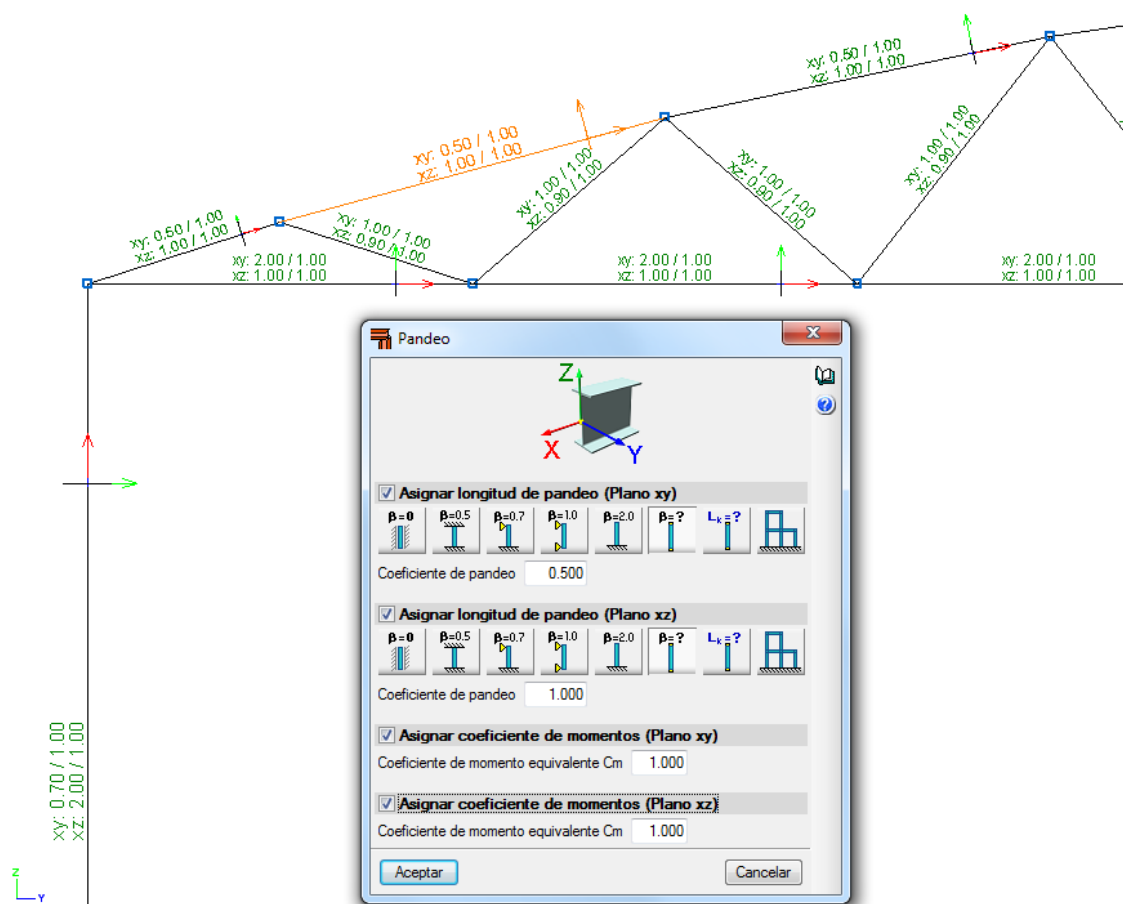
Arriostramientos (en amarillo) del cordón inferior

Entonces los **coeficientes de pandeo** para cada barra en el plano perpendicular serán de 2 y de 1.



Coeficientes de pandeo en cordón inferior

En el **cordón superior** el **coeficiente beta de pandeo en el plano del pórtico** será 1, al igual que en el cordón inferior. En el plano perpendicular viene determinado por la presencia de las correas, las cuales se sitúan en la confluencia con las diagonales y a mitad de ellas, se asumirá un **coeficiente de pandeo en el plano perpendicular del pórtico de 0,5**.



Coefficientes de pandeo en cordón superior

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: 0,0 kg/m³, de conductividad: 0,010 W/(m·K) y de calor específico 0 J/(kg·K).

Resistencia requerida ante incendio

La introducción de cargas se ha hecho manual, obteniéndolas del **CTE-DB-SE-AE**. Todas las acciones sobre la cubierta se han considerado como cargas en el cordón superior, asumiendo que la celosía trabaja como un único elemento estructural. Las cargas de viento horizontales se han considerado sobre los pilares de hormigón. Se ha tomado uno de los pórticos centrales para el modelo ya que éstos tienen un **área tributaria de 6 metros** (3 metros a cada lado).

- Carga permanente **G1** (peso correas y cubierta): 6 kN/m
- Sobrecarga de uso **Q1**: 2,4 kN/m
- Sobrecarga de nieve **N(EI)**: 1,2 kN/m
- Sobrecarga de nieve reducida **N(R)1-2** (hipótesis donde un lado de la cubierta soporta la mitad de la carga de nieve y el otro lado toda la carga): 0,6 kN/m-1,2kN/m

- Acción térmica (solo cordón superior e inferior) **T(+28°C)1: +28°C**
- Acción térmica (solo cordón superior e inferior) **T(-23°C)2: -23°C**
- Sobrecarga de viento **V(0°) H1:**

- Pilar izquierdo: 4,28 kN/m (Presión)
- Cubierta Zona A: 2,94 kN/m (Succión)
- Cubierta Zona B: 4,68 kN/m (Succión)
- Cubierta Zona C: 2,58 kN/m (Succión)
- Pilar derecho: 1,92 kN/m (Succión)

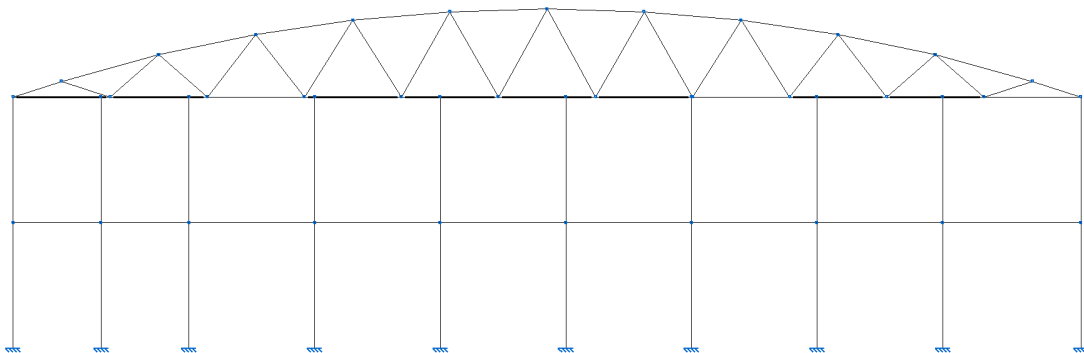
- Sobrecarga de viento **V(180°) H2:**

- Pilar izquierdo: 1,92 kN/m (Succión)
- Cubierta Zona A: 2,58 kN/m (Succión)
- Cubierta Zona B: 4,68 kN/m (Succión)
- Cubierta Zona C: 2,94 kN/m (Succión)
- Pilar derecho: 4,28 kN/m (Presión)

PÓRTICO LATERAL A

Es similar al pórtico tipo A. Pero forma parte del cerramiento del polideportivo. Tiene pilares y vigas intermedios que tienen dos funciones, resistir las fuerzas del viento y dar un punto de apoyo al cerramiento, para no tener un cerramiento de 10 metros de alto sin apoyos. Todo lo que se defina para el pórtico lateral A servirá para el pórtico lateral B, aunque este tiene pilares a distintas longitudes ninguno de ellos está a más de 5 metros y además este pórtico está resguardado por la estructura secundaria, por lo que adoptar el mismo dimensionamiento que el del pórtico lateral A está del lado de la seguridad.

En cuanto a la modelización de este pórtico es muy similar que el del pórtico tipo A. Se ha partido de la modelización del pórtico tipo A para generar éste. Tendrá 8 pilares intermedios y éstos se unirán entre sí por vigas horizontales que llamaremos vigas perimetrales.



1

Modelo del pórtico lateral A

Todos los elementos iguales que el pórtico tipo A se han definido con las mismas características.

Para los coeficientes de pandeo de la estructura triangulada no se tendrá en cuenta la coacción de los pilares sobre el cordón inferior fuera del plano.

Los **pilares** son de hormigón armado y se les ha asignado los **mismos coeficientes de pandeo y flechas que a los pilares extremos**.

Las **vigas perimetrales** están empotradas en los pilares por lo que sus **coeficientes de pandeo beta en ambas direcciones será 0,5**.

La **limitación de flechas** en las **vigas perimetrales** es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **L/300**.

La comprobación local de las vigas perimetrales frente al viento se ha realizado en un modelo a parte que se estudia más adelante (**Viga intermedia pórtico lateral A**) en el que solo se considera una viga biempotrada de longitud 5 metros.

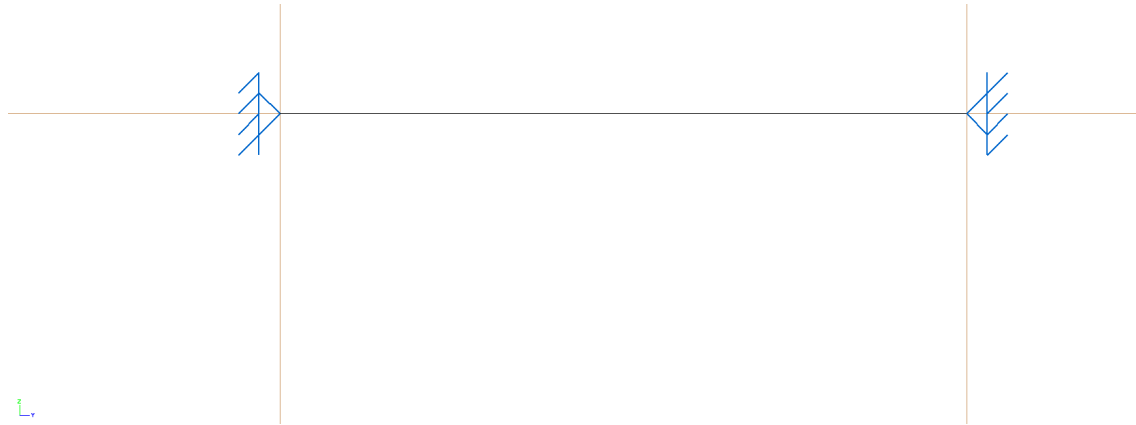
Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: 0,0 kg/m³, de conductividad: 0,010 W/(m·K) y de calor específico 0 J/(kg·K).

Las acciones sobre éste pórtico serán muy similares a las del pórtico tipo A. La única diferencia es que este pórtico tiene un **área tributaria de 3 metros**, por lo tanto las cargas permanentes serán inferiores.

- Carga permanente **G1** (peso correas y cubierta): 3 kN/m
- Sobrecarga de uso **Q1**: 1,2 kN/m
- Sobrecarga de nieve **N(EI)**: 1,2 kN/m
- Sobrecarga de nieve reducida **N(R)1-2** (hipótesis donde un lado de la cubierta soporta la mitad de la carga de nieve y el otro lado toda la carga): 0,6 kN/m-1,2kN/m
- Acción térmica (solo cordón superior e inferior) **T(+28°C)1**: +28°C
- Acción térmica (solo cordón superior e inferior) **T(-23°C)2**: -23°C
- Sobrecarga de viento **V(0°) H1**:
 - Pilar izquierdo: 4,28 kN/m (Presión)
 - Cubierta Zona A: 2,94 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona B: 4,68 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona C: 2,58 kN/m (Succión)
 - Pilar derecho: 1,92 kN/m (Succión)
- Sobrecarga de viento **V(180°) H2**:
 - Pilar izquierdo: 1,92 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona A: 2,58 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona B: 4,68 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona C: 2,94 kN/m (Succión)
 - Pilar derecho: 4,28 kN/m (Presión)

VIGA INTERMEDIA PÓRTICO LATERAL A

Este modelo sirve simplemente para comprobar que las vigas perimetrales que sirven de punto de apoyo para el cerramiento no van a tener ningún problema de resistencia ni de flechas ya que están en contacto directo con la acción del viento. Éstas no resisten el peso vertical de los cerramientos, simplemente aportan un punto de apoyo horizontal. Éstas vigas tienen una longitud de **5 metros**.



Modelo de la viga intermedia del pórtico lateral A

Las **vigas** están biempotradas en los pilares por lo que los **coeficientes de pandeo beta en ambas direcciones será de 0,5**.

La **limitación de flechas** en las **vigas perimetrales** es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **$L/300$** .

En el pórtico frontal, nos encontramos que tenemos vigas perimetrales a mitad altura del pilar. Las vigas perimetrales a mitad altura tienen un **área tributaria de 7,5 metros**, porque se asume que se llevan las cargas de todo el cerramiento por debajo de ellas y la mitad por encima de ellas. Por lo tanto se hará el modelo de la viga que está a mitad altura y los resultados obtenidos se utilizarán para todas las vigas perimetrales que tengan las mismas acciones del viento. Cuando las vigas perimetrales reciben la acción del viento la trasladan a los pilares y de los pilares a la cimentación.

Por otro lado, hay que mencionar que las vigas en este pórtico no tienen todas las mismas dimensiones. Por lo que se dimensiona para las de longitud mayor, que son las de 5 metros.

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: $0,0 \text{ kg/m}^3$, de conductividad: $0,010 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ y de calor específico $0 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

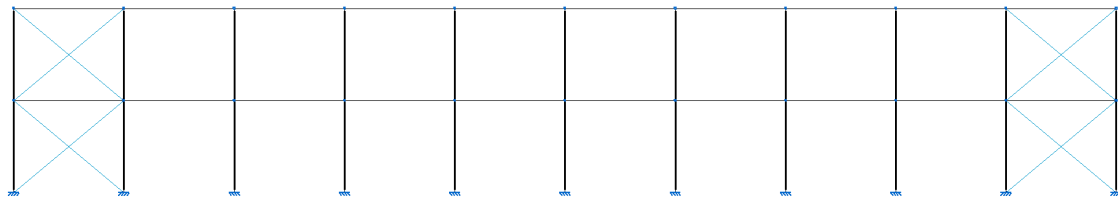
Como el dimensionamiento de este modelo es simplemente local (comprobar que las vigas resisten las acciones horizontales del viento y no tienen flechas excesivas) solo se ha tenido en cuenta la acción del viento:

- Sobrecarga de viento **V(0°) H1**: $5,475 \text{ kN/m}$
- Sobrecarga de viento **V(180°) H2**: $2,4 \text{ kN/m}$

PÓRTICO FRONTAL A

Es el pórtico que contiene la puerta de entrada al polideportivo. La dirección de este pórtico es la perpendicular a la del pórtico tipo A. La función principal de este pórtico es resistir las fuerzas de viento horizontales que no habíamos introducido en el modelo del pórtico tipo A, es decir, las que eran perpendiculares a éste. El pórtico frontal A y el pórtico frontal B son iguales, con las mismas acciones y características geométricas, por lo que solo se hará el modelo del pórtico frontal A.

Está compuesto por 11 pilares de hormigón, separados 6 metros, los cuales se unen a mitad altura y en cabeza de pilares por una serie de vigas horizontales (vigas perimetrales) cuya función es la misma que en el pórtico lateral A, resistir fuerzas de viento y proporcionar un punto de apoyo al cerramiento.



L

Modelo del pórtico frontal A

En los extremos se disponen de 4 cruces de San Andrés (dos a cada lado). Éstas sirven para arriostrar el pórtico en el propio plano y dar más estabilidad general a la estructura. Los **pilares** están empotrados en el suelo y apoyados en cabeza en el plano del pórtico, pero se encuentran libres en cabeza en el plano perpendicular. Los **coeficientes de pandeo beta** por consiguiente serán **en el plano del pórtico de 0,7 y en el plano perpendicular 2**.

La **limitación de flechas** en las **vigas perimetrales** es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **$L/300$** .

La comprobación local de las vigas perimetrales frente al viento se ha realizado en un modelo a parte que se estudia más adelante (**Viga intermedia pórtico frontal A**) en el que solo se considera una viga biempotrada de longitud 6 metros.

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: $0,0 \text{ kg/m}^3$, de conductividad: $0,010 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ y de calor específico $0 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

Como la función principal de este pórtico es resistir las acciones del viento que se aplican sobre la cara del pórtico lateral A se ha tenido en cuenta las acciones del viento horizontales de todo el paño que constituye el pórtico lateral A, por lo que los pilares extremos del modelo tendrá un **área tributaria de 21,25 m**.

- Sobrecarga de viento **V(0°) H1**:

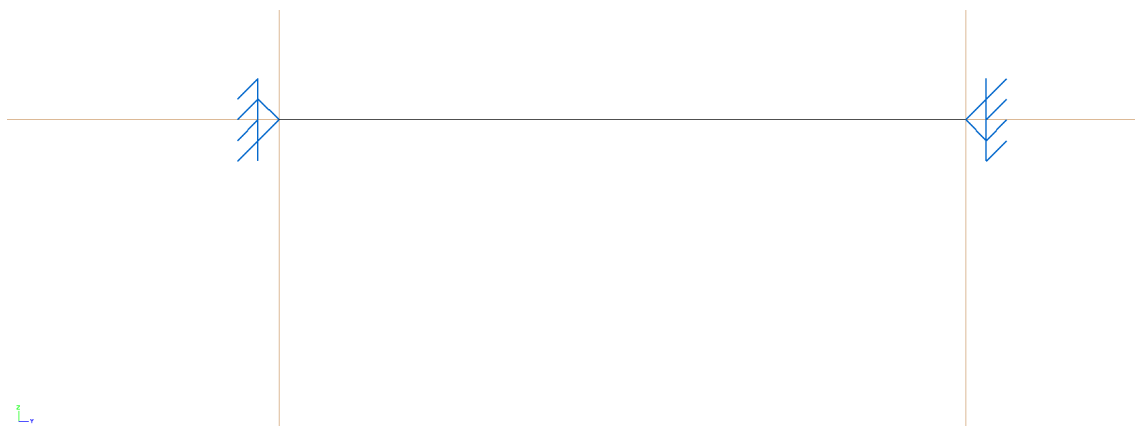
-Pilar izquierdo: $15,51 \text{ kN/m}$ (Presión)

-Pilar derecho: $6,8 \text{ kN/m}$ (Succión)

- Sobrecarga de viento **V(180°) H2**:
 -Pilar izquierdo: 6,8 kN/m (Succión)
 -Pilar derecho: 15,51 kN/m (Presión)

VIGA INTERMEDIA PÓRTICO FRONTAL A

Este modelo sirve simplemente para comprobar que las vigas perimetrales que sirven de punto de apoyo para el cerramiento no van a tener ningún problema de resistencia ni de flechas ya que están en contacto directo con la acción del viento. Éstas no resisten el peso vertical de los cerramientos, simplemente aportan un punto de apoyo horizontal. Estas vigas tienen una longitud de **6 metros**.



Modelo de viga intermedia del pórtico frontal A

Las **vigas** están biempotradas en los pilares por lo que los **coeficientes de pandeo beta en ambas direcciones será de 0,5**.

La **limitación de flechas** en las **vigas perimetrales** es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **L/300**.

En el pórtico frontal, nos encontramos que tenemos vigas perimetrales a mitad altura del pilar y en la cabeza de éstos. Las vigas perimetrales a mitad altura tienen un **área tributaria de 7,5 metros**, porque se asume que se llevan las cargas de todo el cerramiento por debajo de ellas y la mitad por encima de ellas. Por lo tanto se hará el modelo de la viga que está a mitad altura y los resultados obtenidos se utilizarán para todas las vigas perimetrales que tengan las mismas acciones del viento. Cuando las vigas perimetrales reciben la acción del viento la trasladan a los pilares y de los pilares a la cimentación.

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: 0,0 kg/m³, de conductividad: 0,010 W/(m·K) y de calor específico 0 J/(kg·K).

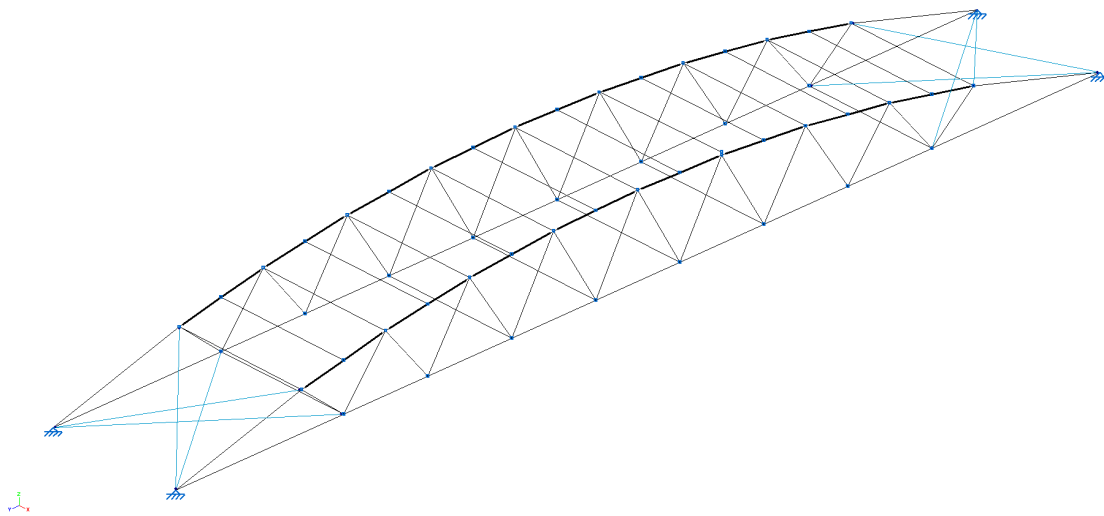
Como el dimensionamiento de este modelo es simplemente local (comprobar que las vigas resisten las acciones horizontales del viento y no tienen flechas excesivas) solo se ha tenido en cuenta la acción del viento:

- Sobrecarga de viento **V(0°) H1**: 5,475 kN/m

- Sobrecarga de viento **V(180°) H2**: 2,4 kN/m

ARRIOSTRAMIENTO CUBIERTA PRINCIPAL

Este modelo sirve para dimensionar los elementos que sirven de arriostramiento en la cubierta principal. Con los perfiles CDC dimensionados para diagonales y cordón inferior y superior en el pórtico tipo A, se introduce las celosías del pórtico lateral A y del pórtico tipo A contiguo. Éstos se unen con cruces de San Andrés tanto por el cordón inferior como por el superior en sus extremos. Se introducen las correas en el cordón superior compuestas por perfiles IPE. Además, para reducir la longitud de pandeo en el cordón inferior se unen con perfiles IPE en los puntos seleccionados.



Modelo del arriostramiento de la cubierta principal

La modelización de los tirantes solo sería estrictamente exacta si se hiciese un análisis no lineal de la estructura para cada combinación de hipótesis, en el que deberían suprimirse en cada cálculo todos aquellos tirantes cuyos axiles sean de compresión. Lo que hace CYPE es una aproximación al método exacto, proponiendo un modelo alternativo cuyos resultados son suficientemente aceptables para la práctica habitual del diseño de tirantes y permiten un análisis integrado de la estructura completa.

Pero el método utilizado tiene las siguientes limitaciones:

-Los tirantes deben formar parte de un recuadro arriostrado en forma de cruz de San Andrés enmarcado en sus cuatro bordes, o en tres, si la rigidización llega a dos vínculos exteriores. Por lo que se han retirado las diagonales y correas extremas de la celosía.

-El área transversal de los tirantes es menor que el 20% del área del resto de elementos que completan el recuadro arriostrado.

-Las dos diagonales (tirantes) de un mismo recuadro arriostrado deben tener la misma sección transversal, es decir, el mismo tipo de perfil y el mismo tipo de acero.

Los coeficientes de pandeo introducidos son los mismos que para los modelos del pórtico tipo A y el pórtico lateral A. Los **perfiles que unen el cordón inferior** están empotrados a éstos por lo que su **coeficiente de pandeo beta en ambas direcciones será de 0,5**.

La **limitación de flechas** en las **éstos perfiles** es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **L/300**.

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: 0,0 kg/m³, de conductividad: 0,010 W/(m·K) y de calor específico 0 J/(kg·K).

Hay que mencionar que el dimensionamiento de las correas se realiza en un modelo aparte que se explica más adelante.

Para este modelo solo se ha tenido en cuenta las acciones del viento horizontales que influyen en la cara del pórtico lateral A. Se introduce una carga lineal sobre la celosía del pórtico lateral A y se comprueba que las celosías dimensionadas en los anteriores modelos resisten y que los elementos de arriostramiento también lo hacen.

- Sobrecarga de viento **V(0°) H1**: 3,65 kN/m

CORREAS ESTRUCTURA PRINCIPAL

Para el dimensionamiento de las correas lo que se ha hecho es utilizar el módulo **Generador de pórticos** que incluye el programa CYPE para simplificar el cálculo. El Generador de pórticos incluye diferentes celosías predeterminadas para crear estructuras más fácilmente. Entre ellas se encuentra la celosía belga. Es muy similar a nuestra cubierta pero en vez de ser cilíndrica es una cubierta plana a dos aguas pero con la misma disposición de diagonales. En una celosía belga a dos aguas todas las correas tienen la misma inclinación respecto a la horizontal, pero en una celosía curva no. Entonces lo que se ha hecho es obtener cual es la inclinación más grande de todas las correas de nuestra cubierta principal en un dibujo de AutoCAD, y se ha obtenido una **inclinación de 18° sobre la horizontal**. Una vez sabemos este dato vamos al generador de pórticos y creamos un pórtico con una celosía belga de 42,4 metros de luz pero con una inclinación de la cubierta de 18°. A partir de aquí en el Generador de pórticos se pueden editar las correas de cubierta. Ahora incluimos las cargas que va a soportar nuestra cubierta, las acciones del viento y la nieve te las incluye automáticamente el programa en función de la localización de la estructura. Las sobrecargas y cargas permanentes se introducen manualmente.

El programa te dimensiona las correas para las cargas introducidas. Hace un proceso iterativo donde te obtiene los mejores resultados de tipo de perfil-separación-tipo de acero. Seleccionamos tipo de perfil IPE y tipo de acero S-275.

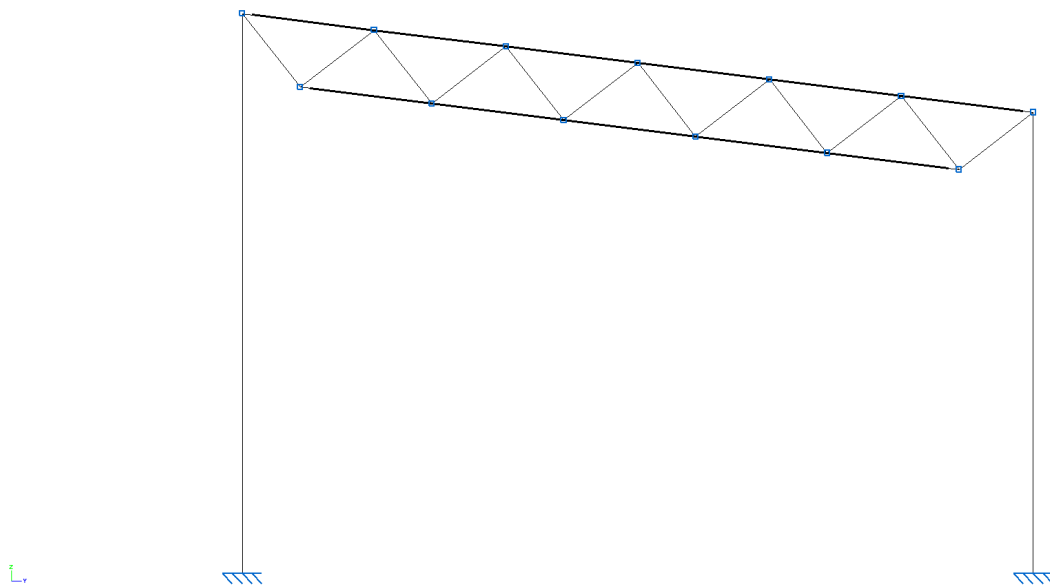
Cabe mencionar que en realidad las cargas del viento no serán las mismas, porque la acción del viento en una cubierta cilíndrica no es igual que en una plana. Pero en el **CTE-DB-SE-AE** se comprueba fácilmente que las acciones para una cubierta plana son más desfavorables que para una cubierta cilíndrica, encontrándonos en el lado de la seguridad.

PÓRTICO TIPO 1

Es el pórtico tipo de la estructura secundaria que se repite a lo largo de ella. Está compuesta por una celosía plana a un agua tipo Warren y se sustenta en sus extremos

por dos pilares de hormigón. Éste tipo de estructura el Generador de pórticos la incluye entre sus modelos. Entonces gran parte de la modelización relacionada con la estructura secundaria se realiza con éste módulo.

Introduciendo los datos geométricos del pórtico tipo 1, las cargas y las características mecánicas de los materiales el Generador de pórticos te prepara la estructura que se exporta al módulo Nuevo Metal 3D. Una vez aquí las cargas ya están introducidas y solo hay que definir los perfiles, coeficientes de pandeo y flechas.



Modelo del pórtico tipo 1

Los barras se han definido con perfiles **Cajón cuadrado conformado (CDC)**. Como este tipo de perfil no se encuentra en series de obra el programa CYPE no incluye su dimensionamiento, solo su comprobación. Por consiguiente se ha ido probando dimensiones de perfiles y se ha ido ajustando el aprovechamiento de resistencia y de flechas a un tamaño óptimo.

Para todos los elementos se ha definido una **limitación de flechas de $L/300$** . Se han creado grupos de flecha en el cordón inferior y el superior para que el programa los considere solo uno.

Para la definición de los coeficientes de pandeo se ha tenido en cuenta la interacción de éste modelo con el resto de modelos que conectan con él.

Para los **pilares** se ha utilizado el coeficiente de pandeo **beta igual a 2 en el plano del pórtico**, porque se considera que el pilar está empotrado y libre en su cabeza, y **0,7 en el plano perpendicular** al pórtico porque existen unos arriostramientos en el pórtico frontal 1 que hacen que la cabeza del pilar esté apoyada.

Para las diagonales se ha tomado el mismo criterio que en la celosía del pórtico tipo A. Por lo tanto, **coeficiente beta de pandeo en el plano 0,9 y en el plano perpendicular 1**.

Al igual que pasaba en la celosía del pórtico A, el cordón inferior puede pandear por lo que habrá que arriostrarlo a lo largo de toda la estructura secundaria.

El **cordón inferior** está arriostrado en el plano del pórtico por las propias diagonales de la celosía, por lo tanto el **coeficiente beta de pandeo en el plano del pórtico será 1**. En el plano perpendicular se ha decidido arriostrar de la siguiente manera:

Entonces los **coeficientes de pandeo para cada barra en el plano perpendicular serán de 2 y de 1**.

En el **cordón superior** el **coeficiente beta de pandeo en el plano del pórtico será 1**, al igual que en el cordón inferior. En el plano perpendicular viene determinado por la presencia de las correas, las cuales se sitúan en la confluencia con las diagonales, se asumirá un **coeficiente de pandeo en el plano perpendicular del pórtico de 1**.

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: 0,0 kg/m³, de conductividad: 0,010 W/(m·K) y de calor específico 0 J/(kg·K).

La introducción de cargas no ha sido manual totalmente, obteniéndolas del **CTE-DB-SE-AE**. Todas las acciones sobre la cubierta se han considerado como cargas en el cordón superior, asumiendo que la celosía trabaja como un único elemento estructural. Las cargas de viento horizontales se han considerado sobre los pilares de hormigón.

Las cargas de viento y nieve las ha introducido el Generador de pórticos automáticamente. El resto se han introducido manualmente.

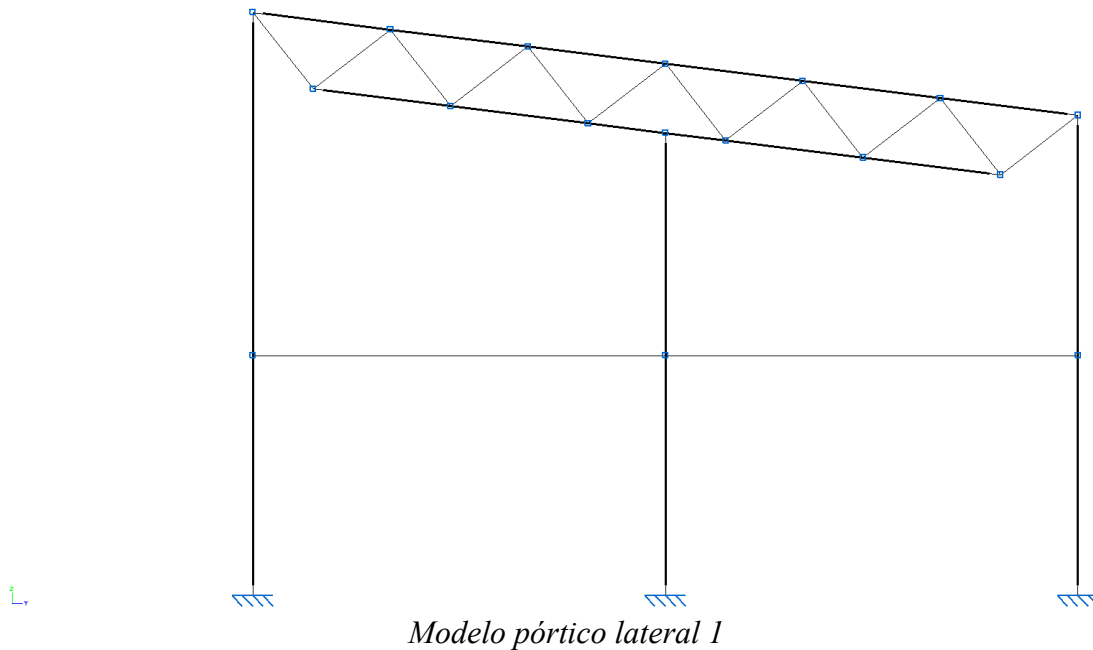
Se ha tomado el segundo pórtico para el modelo ya que éste tiene un **área tributaria de 5 metros** (2,5 metros a cada lado).

- Carga permanente **G1** (peso correas y cubierta): 2,887 kN/m
- Sobrecarga de uso **Q1**: 2 kN/m
- Sobrecarga de nieve **N(EI)**: 1,025 kN/m
- Sobrecarga de nieve reducida **N(R)** (hipótesis donde la cubierta soporta la mitad de la carga de nieve): 0,512 kN/m
- Sobrecarga de viento **V(0°) H1**:
 - Pilar izquierdo: 2,692 kN/m (Presión)
 - Cubierta Zona A: 4,598 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona B: 2,905 kN/m (Succión)
 - Pilar derecho: 1,493 kN/m (Succión)
- Sobrecarga de viento **V(180°) H1**:
 - Pilar izquierdo: 1,493 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona A: 1,897 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona B: 3,493 kN/m (Succión)
 - Pilar derecho: 2,692 kN/m (Presión)
- CYPE incluye las fuerzas de viento que vienen de direcciones de 90° y 270°, pero son menos desfavorables que las anteriores.

PÓRTICO LATERAL 1

Es similar al pórtico tipo 1. Pero forma parte del cerramiento del polideportivo. Tiene pilares y vigas intermedios que tienen dos funciones, resistir las fuerzas del viento y dar un punto de apoyo al cerramiento, para no tener un cerramiento de 8,5 metros de alto sin apoyos. Todo lo que se defina para el pórtico lateral 1 servirá para el pórtico lateral 2.

En cuanto a la modelización de este pórtico es muy similar que el del pórtico tipo 1. Se ha partido de la modelización del pórtico tipo 1 para generar éste. Tendrá 1 pilar intermedio y se unirá con los pilares extremos con las vigas perimetrales.



Los **pilares** son de hormigón armado y se les ha asignado los **mismos coeficientes de pandeo y flechas que a los pilares extremos**.

Las **vigas perimetrales** están empotradas en los pilares por lo que sus **coeficientes de pandeo beta en ambas direcciones será 0,5**.

La **limitación de flechas** en las **vigas perimetrales** es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **$L/300$** .

Para la comprobación resistente de las vigas perimetrales se utiliza el modelo **Viga intermedia pórtico frontal A**. Porque son vigas con la misma longitud y con las mismas acciones de viento.

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: $0,0 \text{ kg/m}^3$, de conductividad: $0,010 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ y de calor específico $0 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

Las cargas de viento y nieve las ha introducido el Generador de pórticos automáticamente. El resto se han introducido manualmente.

- Carga permanente **G1** (peso correas y cubierta): $2,887 \text{ kN/m}$
- Sobrecarga de uso **Q1**: 1 kN/m
- Sobrecarga de nieve **N(EI)**: $1,025 \text{ kN/m}$

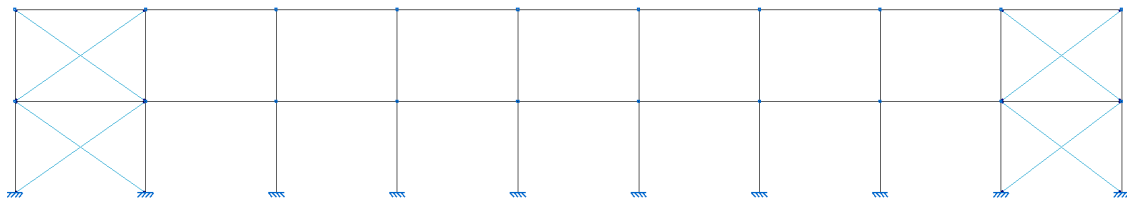
- Sobrecarga de nieve reducida **N(R)** (hipótesis donde la cubierta soporta la mitad de la carga de nieve): 0,512 kN/m
- Sobrecarga de viento **V(0°) H1**:
 - Pilar izquierdo: 2,692 kN/m (Presión)
 - Cubierta Zona A: 4,598 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona B: 2,905 kN/m (Succión)
 - Pilar derecho: 1,493 kN/m (Succión)
- Sobrecarga de viento **V(180°) H1**:
 - Pilar izquierdo: 1,493 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona A: 1,897 kN/m (Succión)
 - Cubierta Zona B: 3,493 kN/m (Succión)
 - Pilar derecho: 2,692 kN/m (Presión)
- CYPE incluye las fuerzas de viento que vienen de direcciones de 90° y 270°, pero son menos desfavorables que las anteriores.

PÓRTICO FRONTAL 1

Es el pórtico que contiene el arriostramiento longitudinal de la estructura secundaria. La dirección de este pórtico es la perpendicular a la del pórtico tipo 1. La función principal de este pórtico es resistir las fuerzas de viento horizontales que no habíamos introducido en el modelo del pórtico tipo 1, es decir, las que eran perpendiculares a éste.

Está compuesto por 10 pilares de hormigón, separados los tres primeros 5 metros y los restantes 4,62 metros entre sí, los cuales se unen a mitad altura y en cabeza de pilares por una serie de vigas horizontales (vigas perimetrales) cuya función es la misma que en el pórtico lateral 1, resistir fuerzas de viento y proporcionar un punto de apoyo al cerramiento.

En los extremos se disponen de 4 cruces de San Andrés (dos a cada lado). Éstas sirven para arriostrar el pórtico en el propio plano y dar más estabilidad general a la estructura.



L

Modelo pórtico frontal 1

Los **pilares** están empotrados en el suelo y apoyados en cabeza en el plano del pórtico, pero se encuentran libres en cabeza en el plano perpendicular. Los **coeficientes de pandeo beta** por consiguiente serán **en el plano del pórtico de 0,7 y en el plano perpendicular 2**.

La **limitación de flechas** en las **vigas perimetrales** es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **$L/300$** .

Para la comprobación resistente de las vigas perimetrales se utiliza el modelo **Viga intermedia pórtico lateral A**. Porque son vigas con la misma longitud y con las mismas acciones de viento.

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: $0,0 \text{ kg/m}^3$, de conductividad: $0,010 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ y de calor específico $0 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$.

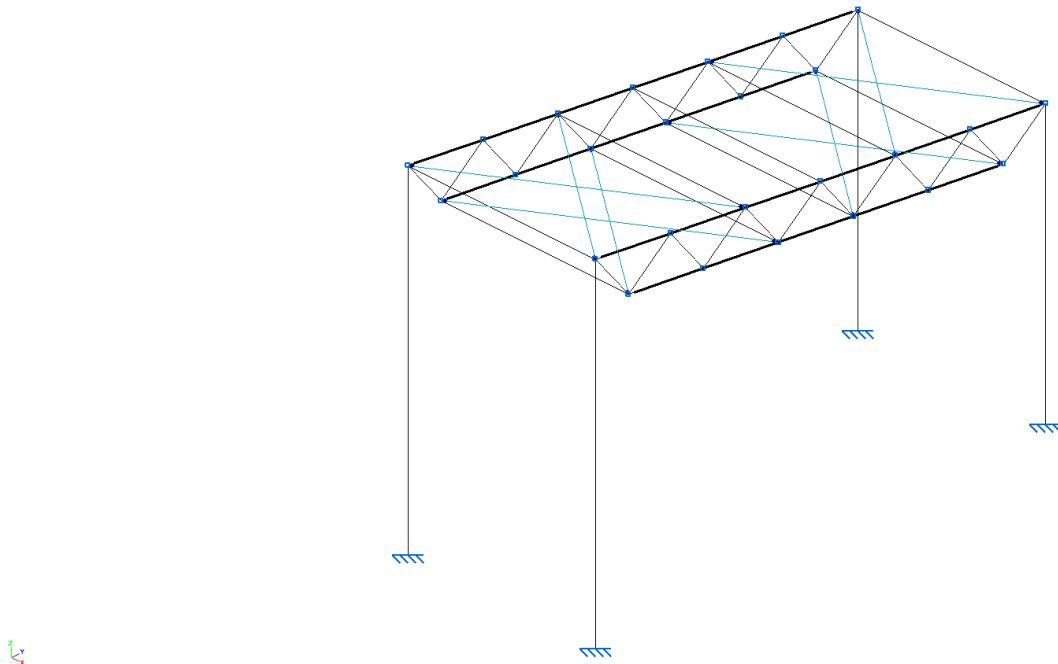
Como la función principal de este pórtico es resistir las acciones del viento que se aplican sobre la cara del pórtico lateral 1 se ha tenido en cuenta las acciones del viento horizontales de todo el paño que constituye el pórtico lateral 1, por lo que los pilares extremos del modelo tendrá un **área tributaria de 6,5 m**.

- Sobrecarga de viento **V(0°) H1**:
 - Pilar izquierdo: $4,745 \text{ kN/m}$ (Presión)
 - Pilar derecho: $2,08 \text{ kN/m}$ (Succión)
- Sobrecarga de viento **V(180°) H2**:
 - Pilar izquierdo: $2,08 \text{ kN/m}$ (Succión)
 - Pilar derecho: $4,745 \text{ kN/m}$ (Presión)

ARRIOSTRAMIENTO CUBIERTA SECUNDARIA

Este modelo sirve para dimensionar los elementos que sirven de arriostramiento en la cubierta secundaria. Con los perfiles CDC dimensionados para diagonales y cordón inferior y superior en el pórtico tipo 1, se introduce las celosías del pórtico lateral 1 y del pórtico tipo 1 contiguo. Éstos se unen con cruces de San Andrés tanto por el cordón inferior como por el superior en sus extremos. Se introducen las correas en el cordón superior compuestas por perfiles IPE. Además, para reducir la longitud de pandeo en el cordón inferior se unen con perfiles IPE en los puntos seleccionados.

En cuanto a la modelización de las cruces de San Andrés vale lo expuesto en el **Arriostramiento de la cubierta principal**.



Modelo arriostramiento cubierta secundaria

Los coeficientes de pandeo introducidos son los mismos que para los modelos del pórtico tipo 1 y el pórtico lateral 1. Los **perfiles que unen el cordón inferior** están empotrados a éstos por lo que su **coeficiente de pandeo beta en ambas direcciones será de 0,5**.

La **limitación de flechas** en las **éstos perfiles** es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **$L/300$** .

Hay que mencionar que el dimensionamiento de las correas se realiza en un modelo aparte que se explica más adelante.

Todas las barras se comprueban con una **resistencia al fuego R90** usando como revestimiento de protección una **pintura intumescente** de densidad: $0,0 \text{ kg/m}^3$, de conductividad: $0,010 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$ y de calor específico $0 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$.

Para este modelo solo se ha tenido en cuenta las acciones del viento horizontales que influyen en la cara del pórtico lateral 1. Se introduce una carga lineal sobre la celosía del pórtico lateral A y se comprueba que las celosías dimensionadas en los anteriores modelos resisten y que los elementos de arriostramiento también lo hacen.

- Sobrecarga de viento **$V(0^\circ)$ H1: 3 kN/m**

CORREAS ESTRUCTURA SECUNDARIA

Para el dimensionamiento de las correas lo que se ha hecho es utilizar el módulo **Generador de pórticos** que incluye el programa CYPE para simplificar el cálculo.

El programa te dimensiona las correas para las cargas introducidas. Hace un proceso iterativo donde te obtiene los mejores resultados de tipo de perfil-separación-tipo de acero. Seleccionamos tipo de perfil IPE y tipo de acero S-275.

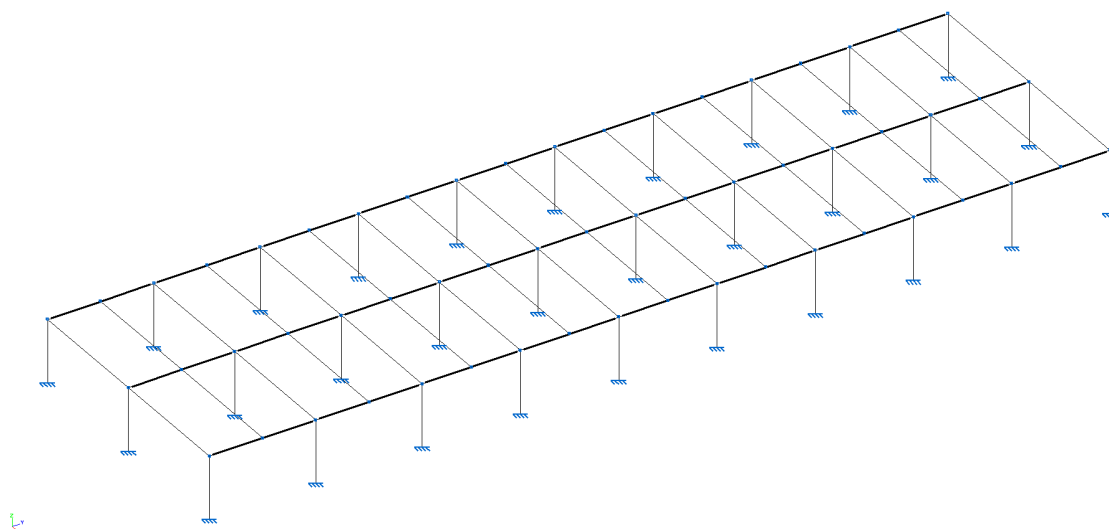
4.2. Modelización del forjado

El forjado está compuesto por un entramado metálico donde descansa el forjado de chapa colaborante. Para la modelización de esta estructura lo que se ha hecho es un modelo de vigas el cual soporta el peso del forjado como una carga permanente repartida a lo largo de toda la superficie.

El entramado esta formado por vigas longitudinales, que son las que van de pódico a pódico, y las vigas transversales, que son las que van de viga longitudinal a viga longitudinal. A la hora de introducir las cargas se hace una simplificación, se introducen las cargas sobre las vigas transversales. Como hay muchas vigas transversales entonces las cargas llegarán a las vigas longitudinales en la confluencia con las transversales.

Las vigas metálicas están empotradas a los pilares de hormigón, por lo que tendrán como **coeficiente de pandeo beta 0,5**.

La **limitación de flechas** en las vigas es la misma que hemos seguido en todos los elementos: **L/300**.



Modelo del forjado del polideportivo

Las acciones aplicadas en las vigas transversales serán las sobrecargas de uso y las cargas permanentes. En el programa se introducen como cargas superficiales y en función de las distancias entre pórticos el propio programa hace el reparto sobre las vigas transversales.

- Carga permanente **G1** (peso forjado): 2,65 kN/m²
- Sobrecarga de uso **Q1**: 5 kN/m²

5. Resultados

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos del dimensionamiento de los modelos que se han considerado más importantes para entender la estructura: pórtico tipo A, pórtico frontal A y pórtico tipo 1. Se mostrarán las barras más solicitadas. Se incluirán las envolventes de esfuerzos axiales, esfuerzos flectores y flechas de los pórticos. En la carpeta **anexo de resultados** se encuentran todas las comprobaciones realizadas tanto de resistencia como de flechas de todos los elementos de todos los modelos.

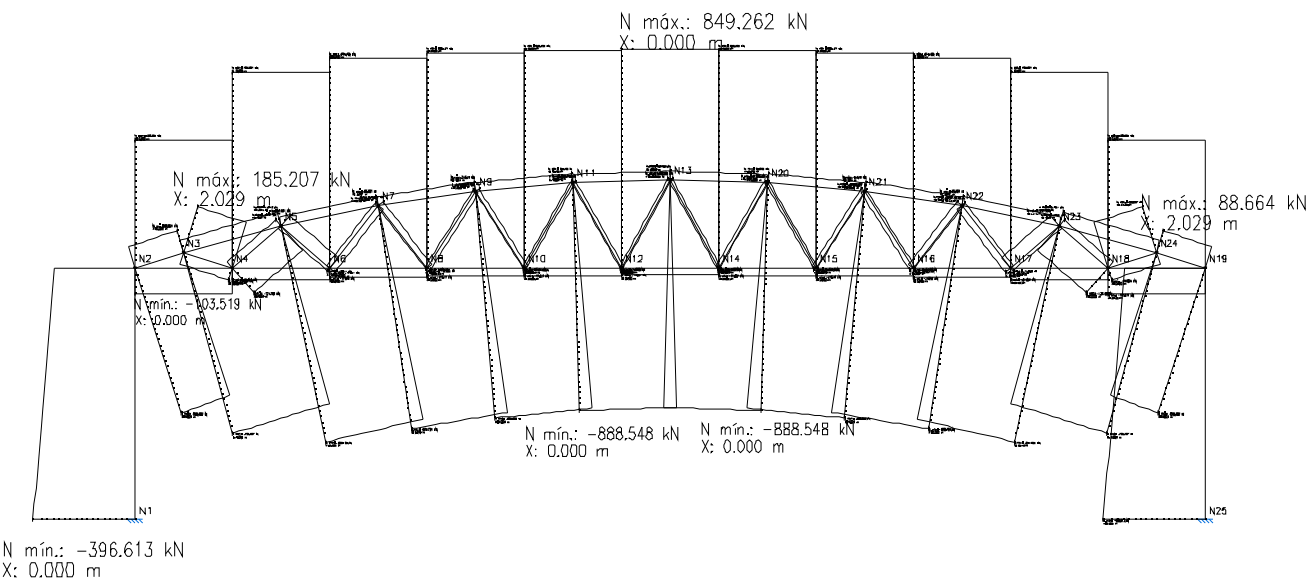
PÓRTICO TIPO A

Las barras más solicitadas son las que parten de la unión con el pilar:

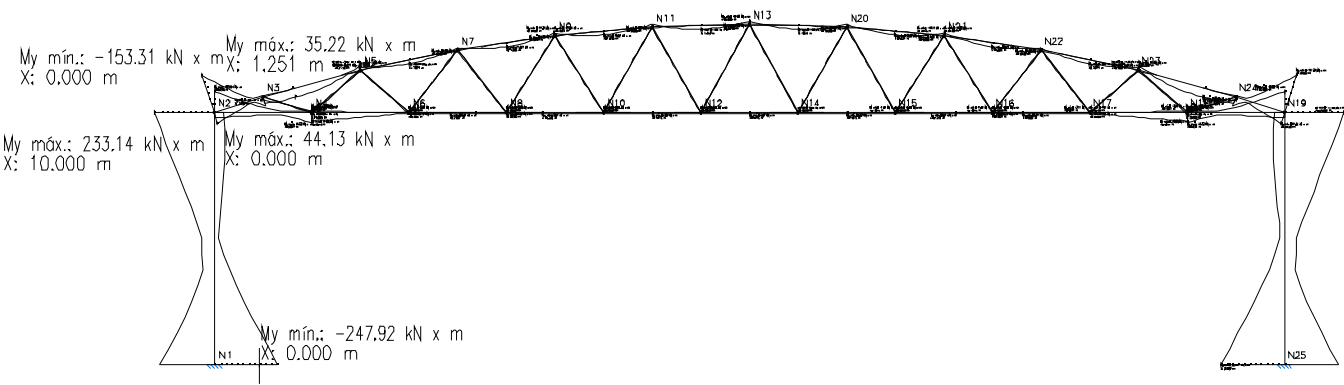
- Cordón superior: barra N2-N3
- Cordón inferior: barra N2-N4
- Diagonal: barra N3-N4

-Véase en la siguiente página-

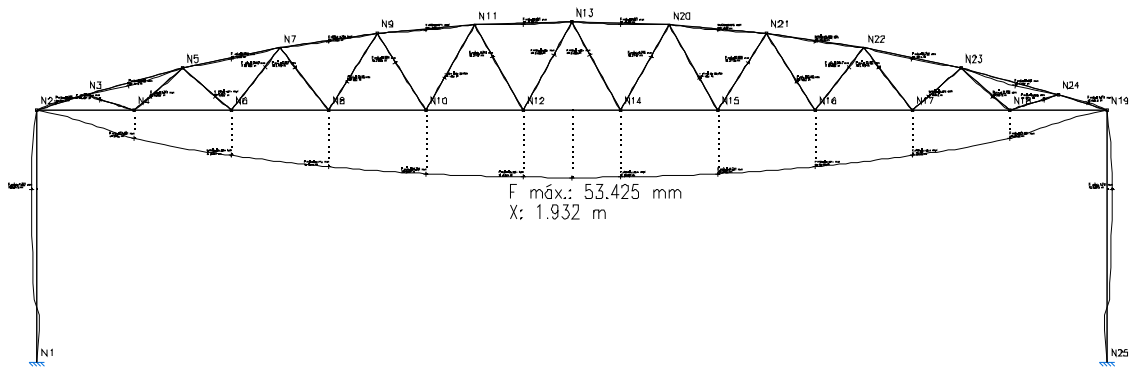
Pórtico tipo A: Axiles



Pórtico tipo A: Flectores



Pórtico frontal A: Flechas





1.- GEOMETRÍA

1.1.- Barras

1.1.1.- Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.} (m)	Lb _{Inf.} (m)
Tipo	Designación								
Acero conformado	S275	N2/N3	N2/N3	CDC 250x12 (CDC)	2.029	0.50	1.00	-	-
		N4/N3	N4/N3	CDC 120x8 (CDC)	2.029	1.00	0.90	-	-
		N2/N4	N2/N4	CDC 250x12 (CDC)	3.864	2.00	1.00	-	-
<div>Notación:</div> <div>Ni: Nudo inicial</div> <div>Nf: Nudo final</div> <div>β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</div> <div>β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</div> <div>Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior</div> <div>Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior</div>									

2.- CARGAS

2.1.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N2/N3	Carga permanente	Uniforme	0.851	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	G 1	Uniforme	6.000	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000



Listados

Pórtico tipo A

Fecha: 10/06/15

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N2/N3	Q 1	Uniforme	2.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	V(0°) H1	Uniforme	2.940	-	-	-	Locales	0.000	0.000	1.000
N2/N3	V(180°) H2	Uniforme	2.580	-	-	-	Locales	0.000	0.000	1.000
N2/N3	T(+28°C)1	Temperatura	28.00	28.00	-	-	Locales	0.000	0.000	1.000
N2/N3	T(-23°C)2	Temperatura	-23.00	-23.00	-	-	Locales	0.000	0.000	1.000
N2/N3	N(EI)	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	N(R) 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	N(R) 2	Uniforme	0.600	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N3	Carga permanente	Uniforme	0.263	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N4	Carga permanente	Uniforme	0.851	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N4	T(+28°C)1	Temperatura	28.00	28.00	-	-	Locales	0.000	0.000	1.000
N2/N4	T(-23°C)2	Temperatura	-23.00	-23.00	-	-	Locales	0.000	0.000	1.000

3.- RESULTADOS

3.1.- Barras

3.1.1.- Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N2/N3	0.000	0.00	0.812	1.28	0.000	0.00	0.812	1.31
	-	L/(>1000)	0.812	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.812	L/(>1000)
N4/N3	0.000	0.00	1.421	0.65	0.000	0.00	1.421	0.65
	-	L/(>1000)	1.421	L/(>1000)	-	L/(>1000)	1.421	L/(>1000)
N2/N19	0.000	0.00	21.252	53.43	0.000	0.00	21.252	53.43
	-	L/(>1000)	21.252	L/795.6	-	L/(>1000)	21.252	L/795.6

3.1.2.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_{wv}	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N2/N3	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$	x: 2.03 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 21.0$	x: 0 m $\eta = 57.4$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta = 12.6$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 78.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 78.1$
N4/N3	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$	x: 2.03 m $\eta = 20.7$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 2.03 m $\eta = 26.1$	x: 2.03 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 3.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.03 m $\eta = 46.8$	$\eta < 0.1$	x: 1.22 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta = 1.4$	x: 1.83 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 46.8$
N2/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$	$\eta = 17.1$	$\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 30.6$	x: 0 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 4.1$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 47.8$	$\eta < 0.1$	x: 3.86 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 47.8$

Notación:
 $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_{wv} : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t : Resistencia a tracción
 N_c : Resistencia a compresión
 M_y : Resistencia a flexión eje Y
 M_z : Resistencia a flexión eje Z
 V_z : Resistencia a corte Z
 V_y : Resistencia a corte Y
 $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 $NM_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados
 $NM_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t : Resistencia a torsión
 $M_y V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 $M_z V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)



Listados

Pórtico tipo A

Fecha: 10/06/15

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N2/N3	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 21.5	x: 0 m η = 60.4	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 13.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m η = 80.7	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 80.7
N4/N3	x: 2.03 m η = 35.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	x: 2.03 m η = 38.5	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 5.5	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 2.03 m η = 74.0	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 74.0
N2/N4	η = 27.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	x: 0 m η = 47.7	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 6.5	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m η = 74.2	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 74.2
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.														

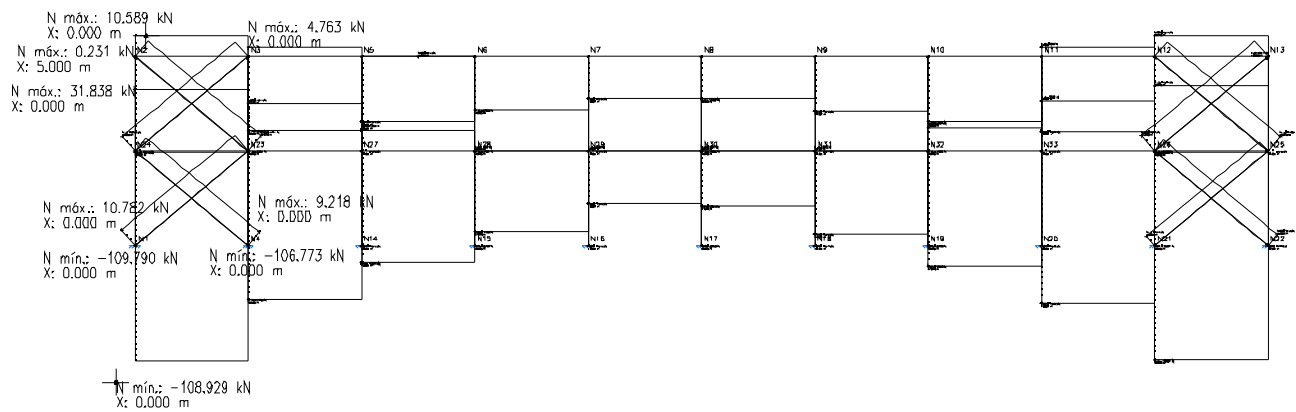
PÓRTICO FRONTAL A

Las barras más solicitadas son las que parten de la unión con el pilar:

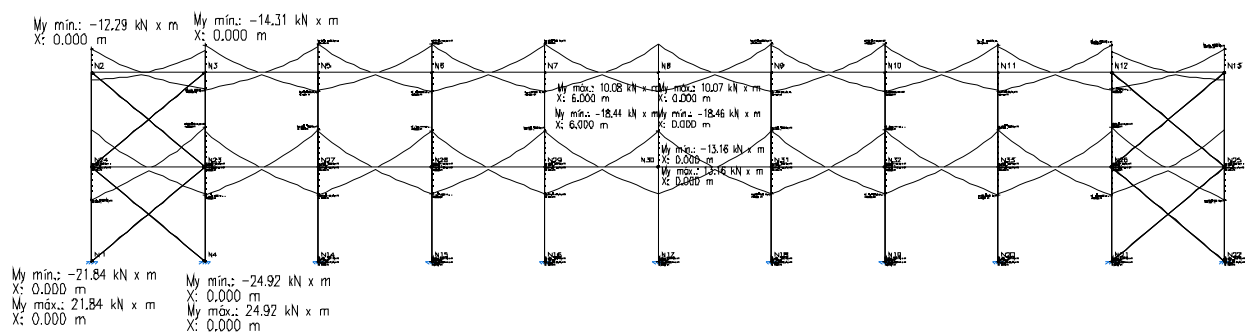
- Viga perimetral superior: barra N3-N5
- Viga perimetral intermedia: barra N24-N23
- Barra Cruz de San Andrés: barra N1-N23

-Véase en la siguiente página-

Pórtico frontal A: Axiles



Pórtico frontal A: Flectores





1.- GEOMETRÍA

1.1.- Barras

1.1.1.- Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.} (m)	Lb _{Inf.} (m)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	N3/N5	N3/N5	HE 220 B (HEB)	6.000	0.50	0.50	-	-
		N1/N23	N1/N23	Ø12 (Redondos)	7.810	0.00	0.00	-	-
		N24/N23	N24/N23	HE 220 B (HEB)	6.000	0.50	0.50	-	-
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY' β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ' Lb _{Sup.} : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb _{Inf.} : Separación entre arriostramientos del ala inferior									

2.- CARGAS

2.1.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N3/N5	Carga permanente	Uniforme	0.701	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N23	Carga permanente	Uniforme	0.701	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000



3.- RESULTADOS

3.1.- Barras

3.1.1.- Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Grupo	Flechas							
	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N3/N5	0.000 -	0.00 L/(>1000)	4.500 4.500	0.35 L/(>1000)	0.000 -	0.00 L/(>1000)	4.875 4.500	0.51 L/(>1000)
N1/N23	0.000 -	0.00 L/(>1000)	6.346 -	0.00 L/(>1000)	0.000 -	0.00 L/(>1000)	6.346 -	0.00 L/(>1000)
N24/N23	0.000 -	0.00 L/(>1000)	1.500 1.500	0.57 L/(>1000)	0.000 -	0.00 L/(>1000)	1.500 1.500	0.87 L/(>1000)

3.1.2.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE																Estado
Barras	$\bar{\lambda}$	λ_{w0}	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N3/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$	$\eta = 0.2$	$\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 1.88 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 6 m $\eta = 8.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.5 m $\eta < 0.1$	x: 6 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 8.1$
N1/N23	$\bar{\lambda} \leq 4.0$		$\eta = 36.4$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE $\eta = 36.4$
N24/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{w0} \leq \lambda_{w0,max}$	$\eta = 1.3$	$\eta = 5.9$	x: 6 m $\eta = 9.4$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 6 m $\eta = 2.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 6 m $\eta = 14.4$	$\eta < 0.1$	x: 3 m $\eta < 0.1$	x: 6 m $\eta = 0.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 14.4$
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_{w0} : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t : Resistencia a tracción N_c : Resistencia a compresión M_y : Resistencia a flexión eje Y M_z : Resistencia a flexión eje Z V_z : Resistencia a corte Z V_y : Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $NM_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $NM_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t : Resistencia a torsión $M_y V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_z V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x : Distancia al origen de la barra η : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _z M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N3/N5	η = 0.2	η = 3.2	x: 0 m η = 10.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 4.0	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 6 m η = 12.5	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 12.5
N1/N23	η = 41.5	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 41.5
N24/N23	η = 1.7	η = 8.7	x: 6 m η = 13.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 6 m η = 4.9	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 6 m η = 20.8	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 20.8
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _z M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _y V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _z V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede														



Listados

Pórtico frontal A

Fecha: 10/06/15

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	
Comprobaciones que no proceden (N.P.):													
(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.													
(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.													
(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.													
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.													
(5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.													
(6) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.													
(7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.													
(8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.													

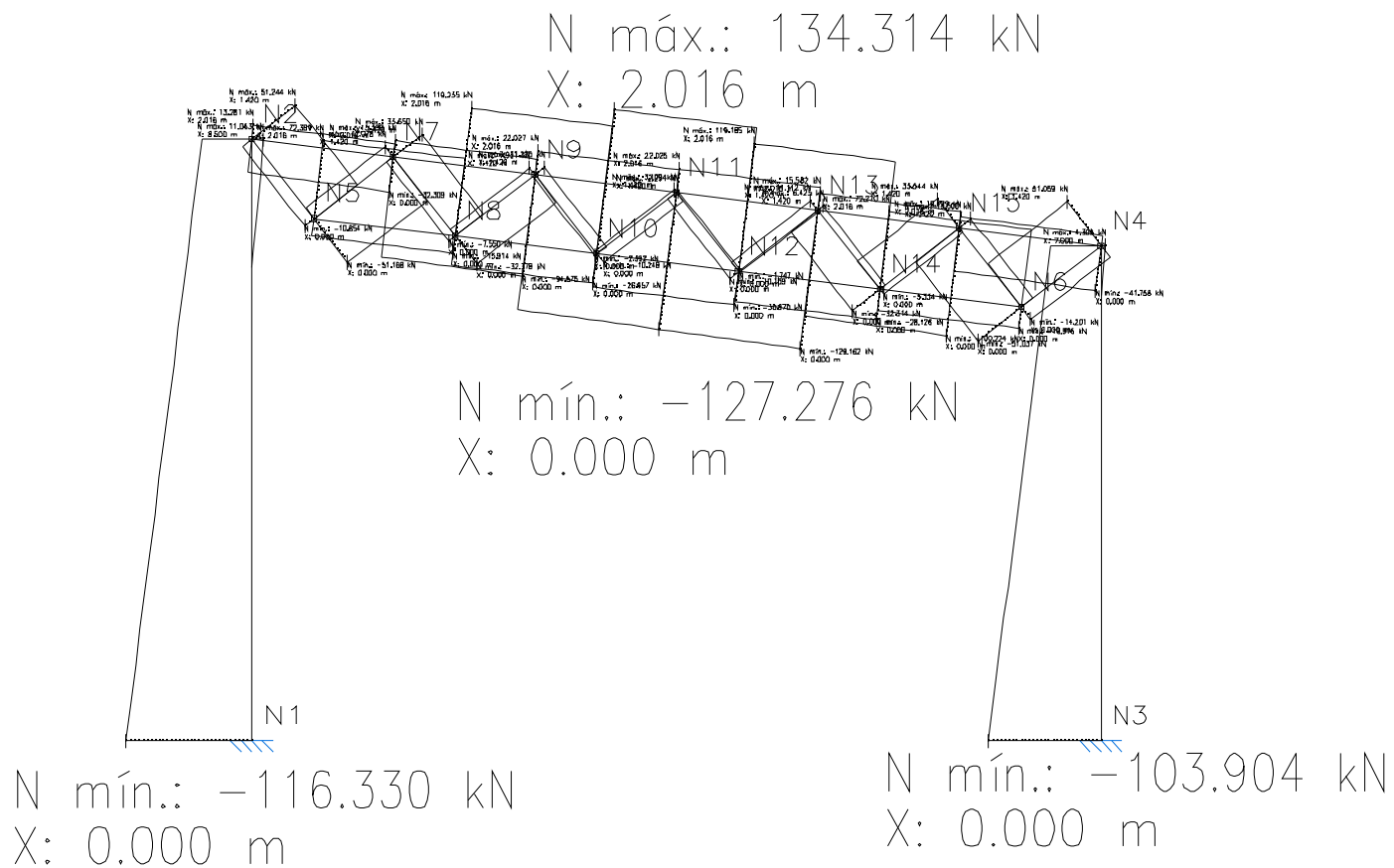
PÓRTICO TIPO 1

Las barras más solicitadas son las que parten de la unión con el pilar:

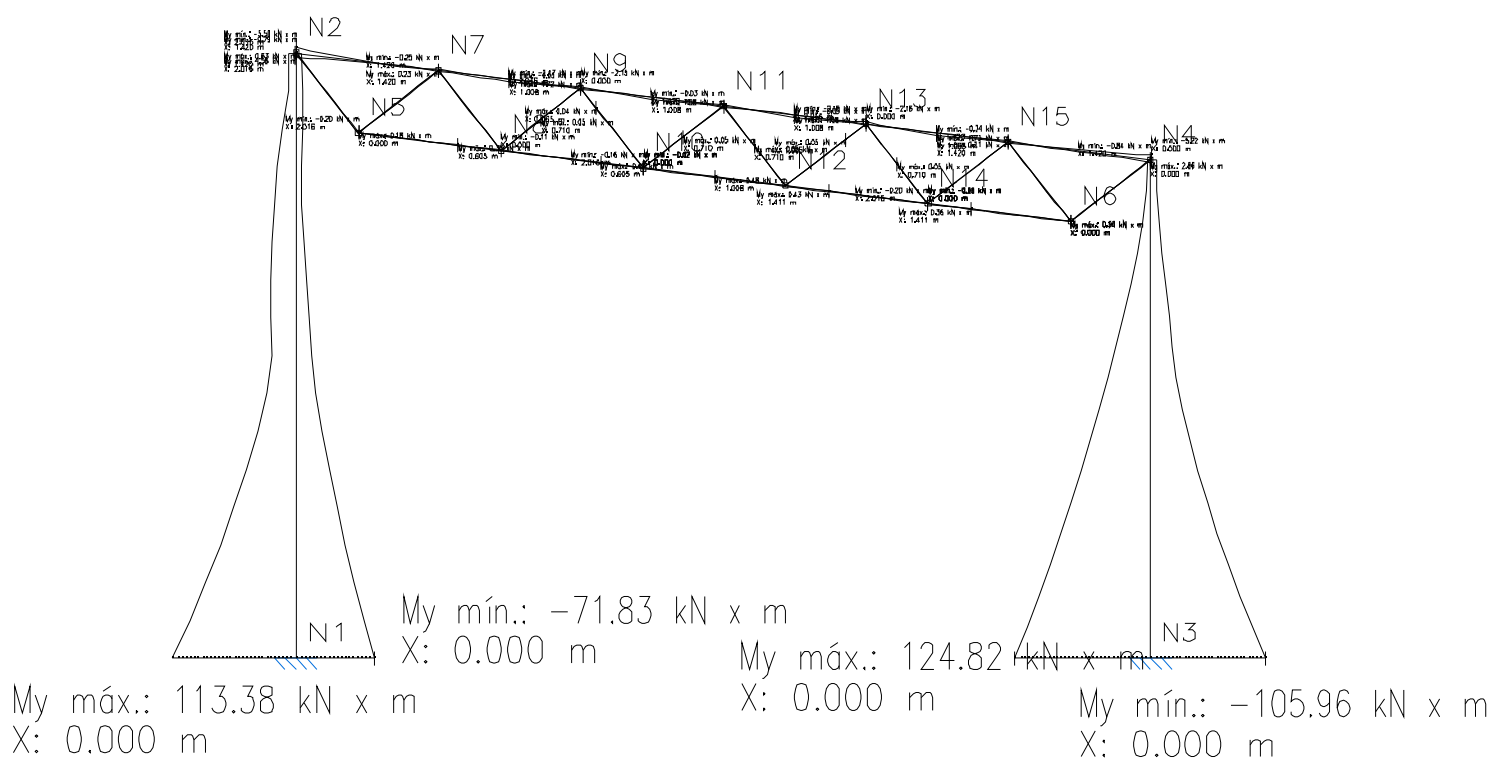
- Cordón superior: barra N11-N13
- Cordón inferior: barra N10-N12
- Diagonal: barra N2-N5

-Véase en la siguiente página-

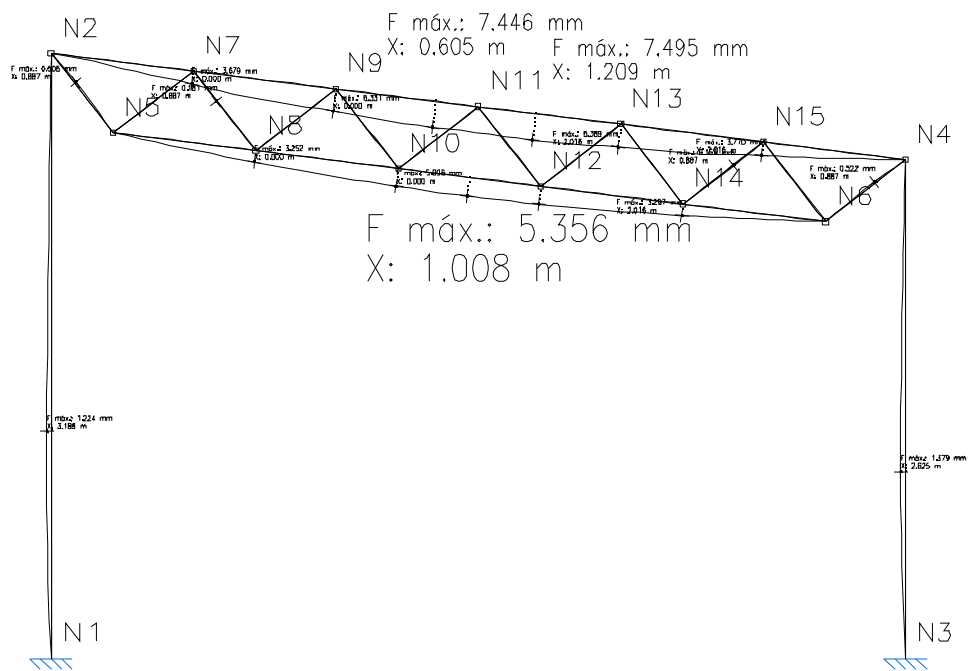
Pórtico tipo 1: Axiles



Pórtico tipo 1: Flectores



Pórtico tipo 1. Flechas





1.- GEOMETRÍA

1.1.- Barras

1.1.1.- Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{Sup.} (m)	Lb _{Inf.} (m)
Tipo	Designación								
Acero conformado	S275	N13/N11	N4/N2	CDC 100x8 (CDC)	2.016	1.00	1.00	2.000	2.016
		N12/N10	N6/N5	CDC 100x8 (CDC)	2.016	1.00	1.00	2.016	2.016
		N5/N2	N5/N2	CDC 60x6 (CDC)	1.420	1.00	1.00	1.420	1.420
Notación: <i>Ni: Nudo inicial</i> <i>Nf: Nudo final</i> <i>β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</i> <i>β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</i> <i>Lb_{Sup.}: Separación entre arriostramientos del ala superior</i> <i>Lb_{Inf.}: Separación entre arriostramientos del ala inferior</i>									

2.- CARGAS

2.1.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N13/N11	Carga permanente	Uniforme	0.214	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N11	Carga permanente	Uniforme	2.887	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000



Listados

Pórtico tipo 1

Fecha: 10/06/15

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N13/N11	Q	Uniforme	2.000	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N11	V(0°) H1	Faja	2.905	-	0.000	2.016	Locales	0.000	0.000	1.000
N13/N11	V(90°) H1	Uniforme	1.926	-	-	-	Locales	0.000	0.000	1.000
N13/N11	V(180°) H1	Faja	1.897	-	0.000	2.016	Locales	0.000	0.000	1.000
N13/N11	V(180°) H2	Faja	0.150	-	0.000	2.016	Locales	0.000	0.000	-1.000
N13/N11	V(270°) H1	Uniforme	1.919	-	-	-	Locales	0.000	0.000	1.000
N13/N11	N(EI)	Uniforme	1.025	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N11	N(R)	Uniforme	0.512	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N10	Carga permanente	Uniforme	0.214	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N2	Carga permanente	Uniforme	0.092	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

3.- RESULTADOS

3.1.- Barras

3.1.1.- Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N4/N2	0.000	0.00	5.240	7.50	0.000	0.00	5.240	7.50
	-	L/(>1000)	5.240	L/(>1000)	-	L/(>1000)	5.240	L/(>1000)
N6/N5	0.000	0.00	5.039	5.36	0.000	0.00	5.039	5.36
	-	L/(>1000)	5.039	L/(>1000)	-	L/(>1000)	5.039	L/(>1000)
N5/N2	0.000	0.00	0.887	0.51	0.000	0.00	0.887	0.72
	-	L/(>1000)	0.887	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.887	L/(>1000)

3.1.2.- Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w,cr}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_z$	M_t	M_yV_z	M_zV_y	
N13/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{w,cr} \leq \lambda_{w,max}$	x: 2.02 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 23.2$	x: 0 m $\eta = 8.1$	x: 2.02 m $\eta = 7.6$	x: 0 m $\eta = 3.6$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 32.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 2.02 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 32.1$
N12/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{w,cr} \leq \lambda_{w,max}$	x: 2.02 m $\eta = 18.5$	x: 0 m $\eta = 5.5$	x: 1.01 m $\eta = 1.8$	x: 2.02 m $\eta = 5.9$	x: 2.02 m $\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.01 m $\eta = 20.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 2.02 m $\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 20.3$
N5/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_{w,cr} \leq \lambda_{w,max}$	x: 1.42 m $\eta = 16.3$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 1.42 m $\eta = 11.4$	x: 1.42 m $\eta = 5.8$	x: 1.42 m $\eta = 1.0$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.42 m $\eta = 24.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.3$	x: 1.42 m $\eta = 0.3$	x: 1.42 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 24.1$
Notación:																
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez																
$\lambda_{w,cr}$: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida																
N_t : Resistencia a tracción																
N_c : Resistencia a compresión																
M_y : Resistencia a flexión eje Y																
M_z : Resistencia a flexión eje Z																
V_z : Resistencia a corte Z																
V_y : Resistencia a corte Y																
M_yV_z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados																
M_zV_y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados																
NM_yM_z : Resistencia a flexión y axil combinados																
$NM_yM_zV_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados																
M_t : Resistencia a torsión																
M_yV_z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados																
M_zV_y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados																
x: Distancia al origen de la barra																
η : Coeficiente de aprovechamiento (%)																

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _t M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _y V _z	M _z V _y	
N13/N11	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 37.8	x: 0 m η = 10.8	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m η = 4.8	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	η < 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m η = 51.1	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE η = 51.1



Listados

Pórtico tipo 1

Fecha: 10/06/15

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N12/N10	x: 2.02 m $\eta = 25.7$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	x: 1.01 m $\eta = 2.6$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 2.02 m $\eta = 0.3$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.01 m $\eta = 28.3$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 28.3$
N5/N2	x: 1.42 m $\eta = 24.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	x: 1.42 m $\eta = 16.9$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 1.42 m $\eta = 1.4$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽⁴⁾	x: 1.42 m $\eta = 39.6$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 39.6$
<p>Notación:</p> <p>N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p>														