

Anejo N° 12

**Seguridad
Estructural**

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objeto	3
1.2. Generalidades de la construcción	3
1.3. Programa utilizado para el cálculo	4
2. CÁLCULO DE LAS CORREAS	5
2.1. Método de cálculo	5
2.2. Datos de la obra	5
2.3. Normas y combinaciones	5
2.4. Datos de viento	6
2.5. Datos de nieve	6
2.6. Datos de cálculo	6
2.7. Descripción de las correas	6
2.8. Conclusiones	7
3. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE	7
3.1. Método de cálculo	7
3.2. Peso propio	8
3.3. Sobrecarga de uso	8
3.4. Datos de viento	8
3.5. Datos de nieve	11
3.6. Acciones sísmicas	11
3.7. Listado de cálculo	12
3.8. Conclusión	18
4. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN	19
4.1. Método de cálculo	19
4.2. Listado de cálculo	19
4.3. Placas de anclaje	31
4.4. Conclusión	34
5. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA	34

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objeto

El objetivo del presente anejo es mostrar los resultados del cálculo de la estructura metálica y cimentación, que justifican la solución estructural proyectada, para la ejecución de una nave agrícola en una explotación de uva de mesa, en el T.M. de Dalias (Almería).

La estructura metálica, placas de anclaje y la cimentación han sido calculadas con el programa informático CYPE, Arquitectura, Ingeniería y Construcción 2011 versión g (after hours). Este programa está adaptado al CTE (Código Técnico de Edificación) y se ajusta a las siguientes normativas:

- DB.SE: Documento Básico de Seguridad Estructural.
- DB.SE-AE: Acciones en la Edificación.
- DB.SE-C: Cimientos.
- DB.SE-A: Acero.
- DB.SE-F: Fábrica.
- NCSE: Norma de Construcción Sismorresistente.
- EHE: Instrucción de Hormigón Estructural.

1.2. Generalidades de la construcción

- Situación
 - Paraje Aljibe de la Cruz, Término Municipal de Dalias (Almería).
 - Situación topográfica normal.
 - Terreno rural sin obstáculos (aspereza 2)
- Dimensiones
 - Luz de la nave: 10 m.
 - Longitud de la nave: 20 m.
 - Altura de pilares: 4 m.
 - Ángulo de la cubierta: 30 °
 - Altura máxima de la nave: 5.5 m.
 - Material estructural empleado: acero laminado S275
 - Separación entre pórticos: 5 m.

- Material de cubierta: panel sándwich de $15 \text{ kg} / \text{m}^2$

1.3. Programa utilizado para el cálculo

Todos los cálculos que se presentan en este anejo se han realizado con el programa informático CYPE, Arquitectura, Ingeniería y Construcción 2011. Es un programa informático concebido para realizar el cálculo y dimensionado de estructuras de hormigón armado y metálicas, diseñado con forjados unidireccionales, reticulares y losas macizas para edificios sometidos a acciones verticales y horizontales. Las vigas de forjados pueden ser de hormigón y metálicas. Los soportes pueden ser pilares de hormigón armado, metálicos, pantallas de hormigón armado, muros de hormigón armado con o sin empujes horizontales y muros de fabrica. La cimentación puede ser fija (por zapatas o encepados) o flotante (mediante vigas y losas de cimentación).

Con él se puede obtener la salida gráfica de planos de dimensiones y armado de las plantas, vigas, pilares, pantallas y muros por plotter, impresora y ficheros DXF, DWG, así como listados de datos y resultados de cálculo.

El análisis de las solicitaciones se realiza mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que constituyen la estructura: pilares, pantallas de hormigón armado, muros vigas y forjados. Al finalizar el cálculo se pueden consultar los errores de los diferentes elementos.

Este programa informático presenta una serie de subprogramas específicos para los diferentes cálculos que necesitemos realizar. Los subprogramas que se han empleado para la realización de los cálculos presentados en este anejo son:

- Generador de Pórticos 2011: Con él se ha optimizado y dimensionado las correas metálicas de cubierta.
- Metal 3D 2011: Con él se ha calculado la estructura tridimensional de nudos y barras, con dimensionado y optimización de perfiles (simples y compuestos). Éste programa te permite exportar los resultados y las cargas al programa Cypecad 2011
- Cypecad 2011: Con él se ha calculado la cimentación a base de zapatas cuadradas centradas y las vigas de atado y centradoras.

2. CÁLCULO DE LAS CORREAS

2.1. Método de cálculo

Para el cálculo de las correas vamos a usar uno de los subprogramas que trae el paquete CYPE ingenieros: el Generador de pórticos 2011. Con este subprograma realizaremos el cálculo de las correas empleadas en cubierta.

2.2. Datos de la obra

- Separación entre pórticos: 5,00 m.
- Con cerramiento en cubierta:
 - Peso del cerramiento: 15 kg m^{-2} . ($0,15 \text{ KN/ m}^2$)
 - Sobrecarga del cerramiento: $40,80 \text{ kg m}^{-2}$. ($0,4 \text{ KN/m}^2$) (Categoría G2).

Nota: Si la sobrecarga por nieve es igual o mayor a este valor, podemos prescindir de él, pues la sobrecarga de cerramiento no es aplicable al mismo tiempo que se tienen en cuenta las sobrecargas de viento o nieve, es decir, que no es concomitante. Por tanto, no tendremos en cuenta la sobrecarga del cerramiento.

- Con cerramiento en laterales.
 - Altura del cerramiento lateral: 4 m. El cerramiento transmite las cargas de viento a los pilares, pues éste está arriostrado a pandeo. Se compone de bloques de hormigón de $40 \times 20 \times 20$, colocados entre las alas de los perfiles de los pilares y recibidos con mortero para tal fin.

2.3. Normas y combinaciones

Perfiles conformados	CTE Categoría de uso: G2 Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000m
Perfiles laminados	CTE Categoría de uso: G2 Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000m
Desplazamientos	Acciones características

2.4. Datos de viento

De acuerdo con CTE DB-SE AE (España).

- Zona eólica: A.
- Grado de aspereza: II. Terreno rural llano sin obstáculos.
- Profundidad nave: 20 m.
- Nave con huecos

2.5. Datos de nieve

- Según CTE DB-SE AE (España).
- Zona de clima invernal: 6.
- Altitud topográfica: 600 m.
- Cubierta con altos.
- Exposición al viento: Normal.

2.6. Dimensionado de correas.

- **Límite flecha:** $L/300$ (según el apartado 4.3.3.1. del CTE DB SE)
- **Número de vanos:** Tres o más vanos. Las correas están empotradas entre sí para optimizar al máximo el perfil Para ello irán soldadas al dintel.
 - **Tipo de fijación:** Fijación por rígida. La chapa de cubierta solo solicita a las correas de manera perpendicular a la cubierta.

2.7. Descripción de las correas

- **Tipo de perfil elegido:** ZF, por su relación peso/resistencia.
- **Separación:** Para hallar la separación óptima de las correas seguiremos las siguientes premisas:
 - De acuerdo con el Teorema de Pitágoras, $a^2 = b^2 + c^2$, es decir, el alerón desde la cumbrera hasta el muro mide $5,22 \text{ m}^2$. A esta longitud hay que restarle 20 cm. que ocupa el canalón y, por ser el cerramiento tipo sándwich, se le descuentan 10 cm. desde la cumbrera hacia abajo (separación de la primera correa respecto de la cumbrera), por lo que la longitud será de 4,92 m. Esta anchura útil se divide entre 1,80 m. (1,40 si fuese chapa simple) y nos da un total de 2,73 m. siendo 3 el entero inmediatamente superior, por lo que le número de vanos será de 3.

Entonces, la anchura útil del faldón (5,22 m.) se divide entre 3, dando una **separación entre correas real de 1,74 m.**

- **Tipo de acero:** S275.

2.8. Conclusiones

El perfil seleccionado es el ZF 200 x 3. La distancia entre correas es de 1,74 m. No debemos olvidar estos datos, ya que nos harán falta a la hora de cargar la nave.

Cumple todas las comprobaciones. El porcentaje de aprovechamiento es de:

- Tensión: 85,08 %
- Flecha: 74,99 %

Solicitamos al programa que exporte el pórtico al Nuevo Metal 3D, versión 2011.g. los pilares le decimos al programa que va a ser biempotrados, y el pórtico traslacional. Creamos un total de 4 vanos, separados 5 metros, con lo que nos da una profundidad de 20 metros, con una luz de 10 metros, por lo que la nave ocupará una superficie de 200 m².

Una vez exportado nuestro pórtico tipo al programa mencionado, nos aparece una ventana en la que seleccionamos las normas EHE 08 para el hormigón, el CTE DBSE-A para los aceros (laminados y conformados) y el CTE DB C para la cimentación.

3. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE

3.1. Método de cálculo

Para el cálculo de la estructura portante se empleará el subprograma Metal 3D 2011.k versión 'after hours' del paquete CYPE ingenieros. Una vez en este se realizará el diseño de nuestro pórtico tipo. A partir de él y mediante generación de planos se obtendrá el total de la estructura. Posteriormente se adaptará cada pórtico a su solicitud.

También se han empleado herramientas que tiene Metal 3D para ayudar a simplificar los cálculos, tales como: la agrupación de planos generados, lo cual significa que un conjunto de planos van a ser idénticos entre sí mientras no digamos lo contrario, por lo tanto, cualquier cosa que le hagamos a cualquier elemento de cualquiera de estos planos se lo estamos haciendo simultáneamente a todos los elementos homónimos del resto de los planos

agrupados. Otra herramienta empleada es la agrupación de barras, la cual sólo significa que las barras agrupadas entre sí, van a ser del mismo perfil, aunque por cálculo pudieran no serlo. Mediante estas herramientas se simplifica el cálculo de nuestra estructura.

3.2. Peso propio

Tras realizar el diseño de nuestra estructura y describir el perfil y material empleado en las barras, el programa realiza el cálculo del peso de la estructura. Pero existen otros pesos que continuamente va a tener que soportar nuestra estructura y que no están incluidos en las cargas que ha dispuesto automáticamente el programa. Concretamente se trata del peso del cerramiento de cubierta y de las correas.

Como cerramiento en cubierta se ha proyectado la colocación de panel tipo sándwich considerando que pesa 15 kg m^{-2} . El peso de las correas correspondiente al perfil ZF-200x2 será una carga superficial de $5,32 \text{ kg m}^{-2}$.

3.3. Sobrecarga de uso

En este apartado nos toca afrontar los efectos que pueden solicitar a la nuestra estructura mediante cargas no constantes a lo largo de su vida útil, y no imputables a cargas de otra naturaleza ya contemplada en otras hipótesis (viento, sismo o nieve).

El Documento Básico SE: Acciones en la edificación, en su apartado 3.1.1 recoge una serie de valores característicos de sobrecargas de uso para cada una de las categorías de uso. En nuestro caso: Cubierta accesible únicamente para conservación con inclinación superior a 25° (Categoría G2), se ha de considerar una sobrecarga de uso uniforme de 0 kN m^{-2} o puntual de 1 kN . Se considera la sobrecarga de acción uniforme.

3.4. Datos de viento

Para el cálculo de la acción del viento sobre la nave se ha seguido lo dispuesto en el Documento Básico SE-AE del Código Técnico de la Edificación, donde la acción del viento,

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

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

Siendo:

- q_b : La presión dinámica del viento. El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión :

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

Donde:

- δ : La densidad del aire.
- V_b : El valor básico de la velocidad del viento, según la figura D.1 del Anejo D del DB-SE-AC, la provincia de Almería se encuentra en la zona A por lo tanto el valor básico de la velocidad del viento es 26 m s^{-1} .

Según lo expuesto anteriormente, el valor básico de la presión dinámica del viento es de $0,42 \text{ kN m}^{-2}$.

- 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, para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, con la expresión:

$$c_e = F \cdot (F \cdot 7k)$$

Donde:

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

Siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2. del DB-SE-AE. En nuestro caso:

$$k=0,22$$

$$L(m)=0,30$$

$$Z(m)=5,00$$

$$c_e = 1,34$$

- 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. A efectos del cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se empleará la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.2. del DB-SE-AE. Dichos valores vienen definidos en la zona de actuación de la nave. Por simplicidad de cálculo y por estar del lado de la seguridad estructural se han elegido para cada caso el coeficiente más desfavorable, siempre diferenciando las zonas de succión de las de presión. En nuestro caso el área de actuación es superior a 10 m^2 y la pendiente de la cubierta es más próxima a 30° que ha cualquier otro valor.

Para introducir en el programa, la carga de viento previamente calculada, se han considerado cuatro hipótesis de actuación:

- *Hipótesis 1*: Dirección del viento $-45^\circ \leq \Theta \leq 45^\circ$ (opción a), combinada con la acción del viento en los paramentos verticales a barlovento y a sotavento.
- *Hipótesis 2*: Dirección del viento $-45^\circ \leq \Theta \leq 45^\circ$ (opción b), combinada con la acción del viento en los paramentos verticales a barlovento y a sotavento.
- *Hipótesis 3*: Dirección del viento $45^\circ \leq \Theta \leq 135^\circ$, combinada con la acción del viento en los paramentos verticales a barlovento y a sotavento.
- *Hipótesis 4*: Acción del viento sobre los paramentos verticales frontal y posterior.

Considerando que de este modo estamos del lado de la seguridad.

3.5. Datos de nieve

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

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

Siendo:

- μ : Coeficiente de forma de la cubierta, determinado según el apartado 3.5.3. En la parte central de nuestra cubierta ambos módulos están inclinados en sentido contrario por tanto queda impedido el deslizamiento de la nieve, y como la semisuma de las inclinaciones es menor de 30° por lo tanto:

$$\mu = 1 + \frac{\beta}{30^\circ}$$

En cambio en la parte periférica de la cubierta el coeficiente de forma será igual a 1.

- S_k : El valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal, que según la tabla 3.7 del apartado 3.5.2 del DB-SE-AE para Almería es de $0,3 \text{ kN m}^{-2}$.

Por lo tanto la carga de nieve en la parte central de la cubierta adquiere un valor de $0,48 \text{ kN m}^{-2}$ y en la parte periférica un valor de $0,30 \text{ kN m}^{-2}$.

3.6. Acciones sísmicas

Para la consideración de las acciones sísmicas, se tiene en cuenta lo dispuesto en el Anejo “Informe geotécnico”. Según el cual el área de estudio queda englobada dentro de la zona de intensidad media-alta, con aceleración sísmica básica “ a_b ” igual o superior a $0,14g$ siendo por tanto recomendable la aplicación de la Normativa Sismorresistente NCSE-02. Se puede clasificar como Tipo de terreno II.

3.7. Listado de cálculo

3.7.1. Nudos

Referencias:

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

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$: Giros prescritos en ejes globales.

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.¹

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X(m)	Y(m)	Z(m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N2	0.000	0.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N3	0.000	10.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N4	0.000	10.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N5	0.000	5.000	5.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N6	5.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N7	5.000	0.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N8	5.000	10.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N9	5.000	10.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N10	5.000	5.000	5.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N11	10.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N12	10.000	0.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N13	10.000	10.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N14	10.000	10.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N15	10.000	5.000	5.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N16	15.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N17	15.000	0.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N18	15.000	10.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N19	15.000	10.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N20	15.000	5.000	5.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N21	20.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N22	20.000	0.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N23	20.000	10.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N24	20.000	10.000	4.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N25	20.000	5.000	5.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N26	20.000	5.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N27	0.000	5.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado

4.7.2. Barras

- Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E(kp/cm ²)	ν	G(kp/cm ²)	f _y (kp/cm ²)	α.t (m/m°C)	γ (kg/dm ³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	2140672.78	0.300	825688.07	2803.26	1.2e-005	7.85
Notación: E: Módulo de elasticidad ν: Módulo de Poisson G: Módulo de cortadura f _y : Límite elástico α.t: Coeficiente de dilatación γ: Peso específico							

- Descripción

Referencias:

- Ni: Nudo inicial.
- Nf: Nudo final.
- β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'.
- β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'..

Descripción							
Material		Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β _{xy}	β _{xz}
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	N1/N2	N1/N2	IPE 200 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N3/N4	N3/N4	IPE 200 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N2/N5	N2/N5	IPE 160 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N4/N5	N4/N5	IPE 160 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N6/N7	N6/N7	IPE 220 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N8/N9	N8/N9	IPE 220 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N7/N10	N7/N10	IPE 200 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N9/N10	N9/N10	IPE 200 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N11/N12	N11/N12	IPE 220 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N13/N14	N13/N14	IPE 220 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N12/N15	N12/N15	IPE 200 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N14/N15	N14/N15	IPE 200 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N16/N17	N16/N17	IPE 220 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N18/N19	N18/N19	IPE 220 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N17/N20	N17/N20	IPE 200 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N19/N20	N19/N20	IPE 200 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N21/N22	N21/N22	IPE 200 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N23/N24	N23/N24	IPE 200 (IPE)	4.00	0.00	0.50
		N22/N25	N22/N25	IPE 160 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N24/N25	N24/N25	IPE 160 (IPE)	5.22	0.00	0.50
		N2/N7	N2/N7	IPE 80 (IPE)	5.00	0.00	0.50

Descripción							
Material		Barra(Ni/Nf)	Pieza(Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	N7/N12	N7/N12	IPE 80 (IPE)	5.00	0.00	0.50
		N12/N17	N12/N17	IPE 80 (IPE)	5.00	0.00	0.50
		N17/N22	N17/N22	IPE 80 (IPE)	5.00	0.00	0.50
		N19/N24	N19/N24	IPE 80 (IPE)	5.00	0.00	0.50
		N14/N19	N14/N19	IPE 80 (IPE)	5.00	0.00	0.50
		N9/N14	N9/N14	IPE 80 (IPE)	5.00	0.00	0.50
		N4/N9	N4/N9	IPE 80 (IPE)	5.00	0.00	0.50
		N26/N25	N26/N25	IPE 200 (IPE)	5.50	0.00	0.50
		N27/N5	N27/N5	IPE 200 (IPE)	5.50	0.00	0.50

▪ Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N2, N3/N4, N21/N22, N23/N24, N26/N25 y N27/N5
2	N2/N5, N4/N5, N22/N25 y N24/N25
3	N6/N7, N8/N9, N11/N12, N13/N14, N16/N17 y N18/N19
4	N7/N10, N9/N10, N12/N15, N14/N15, N17/N20 y N19/N20
5	N2/N7, N7/N12, N12/N17, N17/N22, N19/N24, N14/N19, N9/N14 y N4/N9

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A(cm ²)	Avy(cm ²)	Avz(cm ²)	Iyy(cm ⁴)	Izz(cm ⁴)	It(cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 200, (IPE)	28.50	12.75	9.22	1943.00	142.40	6.98
		2	IPE 160, Simple con cartelas, (IPE) Cartela inicial inferior: 1.00 m.	20.10	9.10	6.53	869.30	68.31	3.60
		3	IPE 220, (IPE)	33.40	15.18	10.70	2772.00	204.90	9.07
		4	IPE 200, Simple con cartelas, (IPE) Cartela inicial inferior: 1.00 m.	28.50	12.75	9.22	1943.00	142.40	6.98
		5	IPE 80, (IPE)	7.64	3.59	2.38	80.14	8.49	0.70

Notación:
 Ref.: Referencia
 A: Área de la sección transversal
 Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
 Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
 Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
 Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
 It: Inercia a torsión
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

▪ Tabla de medición

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	S275	N1/N2	IPE 200 (IPE)	4.00	0.011	89.49

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	S275	N3/N4	IPE 200 (IPE)	4.00	0.011	89.49
		N2/N5	IPE 160 (IPE)	5.22	0.014	89.98
		N4/N5	IPE 160 (IPE)	5.22	0.014	89.98
		N6/N7	IPE 220 (IPE)	4.00	0.013	104.88
		N8/N9	IPE 220 (IPE)	4.00	0.013	104.88
		N7/N10	IPE 200 (IPE)	5.22	0.020	127.48
		N9/N10	IPE 200 (IPE)	5.22	0.020	127.48
		N11/N12	IPE 220 (IPE)	4.00	0.013	104.88
		N13/N14	IPE 220 (IPE)	4.00	0.013	104.88
		N12/N15	IPE 200 (IPE)	5.22	0.020	127.48
		N14/N15	IPE 200 (IPE)	5.22	0.020	127.48
		N16/N17	IPE 220 (IPE)	4.00	0.013	104.88
		N18/N19	IPE 220 (IPE)	4.00	0.013	104.88
		N17/N20	IPE 200 (IPE)	5.22	0.020	127.48
		N19/N20	IPE 200 (IPE)	5.22	0.020	127.48
		N21/N22	IPE 200 (IPE)	4.00	0.011	89.49
		N23/N24	IPE 200 (IPE)	4.00	0.011	89.49
		N22/N25	IPE 160 (IPE)	5.22	0.014	89.98
		N24/N25	IPE 160 (IPE)	5.22	0.014	89.98
		N2/N7	IPE 80 (IPE)	5.00	0.004	29.99
		N7/N12	IPE 80 (IPE)	5.00	0.004	29.99
		N12/N17	IPE 80 (IPE)	5.00	0.004	29.99
		N17/N22	IPE 80 (IPE)	5.00	0.004	29.99
		N19/N24	IPE 80 (IPE)	5.00	0.004	29.99
		N14/N19	IPE 80 (IPE)	5.00	0.004	29.99
		N9/N14	IPE 80 (IPE)	5.00	0.004	29.99
		N4/N9	IPE 80 (IPE)	5.00	0.004	29.99
N26/N25	IPE 200 (IPE)	5.50	0.016	123.05		
N27/N5	IPE 200 (IPE)	5.50	0.016	123.05		

*Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final*

▪ Resumen de medición

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	IPE	IPE 200	27.00	143.20	143.20	0.077	0.362	0.362	604.06	2597.98	2597.98
			IPE 160, Simple con cartelas	20.88			0.056			359.90		
			IPE 220	24.00			0.080			629.26		
			IPE 200, Simple con cartelas	31.32			0.119			764.87		
			IPE 80	40.00			0.031			239.90		

Medición de superficies.

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria(m ² /m)	Longitud (m)	Superficie (m ²)
IPE	IPE 200	0.789	27.00	21.298
	IPE 160, Simple con cartelas	0.699	20.88	14.598
	IPE 220	0.868	24.00	20.837
	IPE 200, Simple con cartelas	0.864	31.32	27.072
	IPE 80	0.336	40.00	13.456
Total				97.261

Comprobaciones E.L.U.

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _v	M _z	V _z	V _r	M _v V _z	M _z V _r	NM _t M _z	NM _v M _v V _z	M _t	M _v V _z	M _v V _r	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 2.6	x: 0 m η = 3.2	x: 4 m η = 26.6	x: 4 m η = 1.1	x: 4 m η = 7.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4 m η = 30.5	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 30.5
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 2.6	x: 0 m η = 3.2	x: 4 m η = 26.6	x: 4 m η = 1.1	x: 4 m η = 7.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4 m η = 30.5	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 30.5
N2/N5	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.22 m η = 3.5	x: 0.999 m η = 2.4	x: 5.22 m η = 57.1	x: 1 m η = 0.6	x: 5.22 m η = 17.3	x: 0.999 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.22 m η = 58.2	η < 0.1	x: 0.999 m η = 0.3	x: 0.624 m η = 3.6	x: 0.999 m η < 0.1	CUMPLE η = 58.2
N4/N5	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.22 m η = 3.5	x: 0.999 m η = 2.4	x: 5.22 m η = 57.1	x: 1 m η = 0.6	x: 5.22 m η = 17.3	x: 0.999 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.22 m η = 58.2	η < 0.1	x: 0.999 m η = 0.3	x: 0.999 m η = 1.2	x: 0.999 m η < 0.1	CUMPLE η = 58.2
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 6.0	x: 0 m η = 6.7	x: 4 m η = 86.8	x: 4 m η = 0.1	x: 4 m η = 15.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 4 m η = 93.7	η < 0.1	η = 0.2	x: 0 m η = 11.1	η < 0.1	CUMPLE η = 93.7
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 6.0	x: 0 m η = 6.7	x: 4 m η = 86.8	x: 4 m η = 0.1	x: 4 m η = 15.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 4 m η = 93.7	η < 0.1	η = 0.2	x: 0 m η = 11.1	η < 0.1	CUMPLE η = 93.7
N7/N10	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0.999 m η = 5.9	x: 0.999 m η = 6.1	x: 1 m η = 49.2	x: 1 m η = 0.3	x: 1 m η = 19.3	x: 0.999 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1 m η = 53.9	η < 0.1	x: 0.999 m η = 0.4	x: 1 m η = 14.3	x: 0.999 m η < 0.1	CUMPLE η = 53.9
N9/N10	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0.999 m η = 5.9	x: 0.999 m η = 6.1	x: 1 m η = 49.2	x: 1 m η = 0.3	x: 1 m η = 19.3	x: 0.999 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1 m η = 53.9	η < 0.1	x: 0.999 m η = 0.4	x: 1 m η = 14.3	x: 0.999 m η < 0.1	CUMPLE η = 53.9
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 5.7	x: 0 m η = 6.3	x: 4 m η = 82.4	M _{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0 m η = 14.6	V _{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 4 m η = 88.2	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 88.2
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 5.7	x: 0 m η = 6.3	x: 4 m η = 82.4	M _{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0 m η = 14.6	V _{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 4 m η = 88.2	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 88.2
N12/N15	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0.999 m η = 5.6	x: 0.999 m η = 5.7	x: 1 m η = 46.5	M _{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 1 m η = 18.2	V _{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 1 m η = 51.1	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 51.1
N14/N15	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0.999 m η = 5.6	x: 0.999 m η = 5.7	x: 1 m η = 46.5	M _{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 1 m η = 18.2	V _{Ed} = 0.00 N.P.(4)	η < 0.1	N.P.(5)	x: 1 m η = 51.1	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 51.1
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 6.0	x: 0 m η = 6.7	x: 4 m η = 86.8	x: 4 m η = 0.1	x: 4 m η = 14.6	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 4 m η = 93.7	η < 0.1	η = 0.2	x: 0 m η = 11.1	η < 0.1	CUMPLE η = 93.7
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 6.0	x: 0 m η = 6.7	x: 4 m η = 86.8	x: 4 m η = 0.1	x: 4 m η = 14.6	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 4 m η = 93.7	η < 0.1	η = 0.2	x: 0 m η = 11.1	η < 0.1	CUMPLE η = 93.7
N17/N20	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0.999 m η = 5.9	x: 0.999 m η = 6.1	x: 1 m η = 49.2	x: 1 m η = 0.3	x: 1 m η = 19.3	x: 0.999 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1 m η = 53.9	η < 0.1	x: 0.999 m η = 0.4	x: 1 m η = 14.3	x: 0.999 m η < 0.1	CUMPLE η = 53.9
N19/N20	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 0.999 m η = 5.9	x: 0.999 m η = 6.1	x: 1 m η = 49.2	x: 1 m η = 0.3	x: 1 m η = 19.3	x: 0.999 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1 m η = 53.9	η < 0.1	x: 0.999 m η = 0.4	x: 1 m η = 14.3	x: 0.999 m η < 0.1	CUMPLE η = 53.9
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 2.6	x: 0 m η = 3.2	x: 4 m η = 26.6	x: 4 m η = 1.1	x: 4 m η = 7.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4 m η = 30.5	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 30.5
N23/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 4 m η = 2.6	x: 0 m η = 3.2	x: 4 m η = 26.6	x: 4 m η = 1.1	x: 4 m η = 7.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4 m η = 30.5	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 30.5
N22/N25	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.22 m η = 3.5	x: 0.999 m η = 2.4	x: 5.22 m η = 57.1	x: 1 m η = 0.6	x: 5.22 m η = 17.3	x: 0.999 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.22 m η = 58.2	η < 0.1	x: 0.999 m η = 0.3	x: 0.624 m η = 3.6	x: 0.999 m η < 0.1	CUMPLE η = 58.2
N24/N25	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.22 m η = 3.5	x: 0.999 m η = 2.4	x: 5.22 m η = 57.1	x: 1 m η = 0.6	x: 5.22 m η = 17.3	x: 0.999 m η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.22 m η = 58.2	η < 0.1	x: 0.999 m η = 0.3	x: 0.999 m η = 1.2	x: 0.999 m η < 0.1	CUMPLE η = 58.2
N2/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P.(6)	η < 0.1	x: 5 m η = 3.2	x: 5 m η = 3.6	x: 5 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 5 m η = 6.6	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 6.6
N7/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P.(6)	η < 0.1	x: 0 m η = 2.8	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.1	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 4.1
N12/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P.(6)	η < 0.1	x: 5 m η = 2.8	x: 5 m η = 1.3	x: 5 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 5 m η = 4.1	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 4.1
N17/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P.(6)	η < 0.1	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 3.6	x: 0 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 6.6	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 6.6
N19/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P.(6)	η < 0.1	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 3.6	x: 0 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 6.6	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 6.6
N14/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P.(6)	η < 0.1	x: 5 m η = 2.8	x: 5 m η = 1.3	x: 5 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 5 m η = 4.1	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 4.1
N9/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P.(6)	η < 0.1	x: 0 m η = 2.8	x: 0 m η = 1.3	x: 0 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.1	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 4.1
N4/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$	N _{Ed} = 0.00 N.P.(6)	η < 0.1	x: 5 m η = 3.2	x: 5 m η = 3.6	x: 5 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 5 m η = 6.6	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 6.6
N26/N25	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.5 m η = 3.9	x: 0 m η = 4.8	x: 5.5 m η = 33.4	x: 0 m η = 0.6	η = 3.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.5 m η = 34.9	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 34.9
N27/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$	x: 5.5 m η = 3.9	x: 0 m η = 4.8	x: 5.5 m η = 33.4	x: 0 m η = 0.6	η = 3.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.5 m η = 34.9	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE η = 34.9

<p>Notación: <i>L</i>: Limitación de esbeltez <i>N_x</i>: Resistencia a tracción <i>N_y</i>: Resistencia a compresión <i>N_z</i>: Resistencia a flexión eje Y <i>N_{xz}</i>: Resistencia a flexión eje Z <i>V_y</i>: Resistencia a corte Z <i>V_z</i>: Resistencia a corte Y <i>M_xV_y</i>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados <i>M_xV_z</i>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados <i>NM_xM_z</i>: Resistencia a flexión y axil combinados <i>NM_xM_yV_z</i>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados <i>N_t</i>: Resistencia a torsión <i>M_xV_z</i>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados <i>M_yV_z</i>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados <i>x</i>: Distancia al origen de la barra <i>g</i>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p>

▪ **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)
N1/N2	2.750	0.18	2.250	3.11	2.750	0.02	2.250	5.48
	2.750	L/(>1000)	2.250	L/(>1000)	2.750	L/(>1000)	2.250	L/(>1000)
N3/N4	2.750	0.18	2.250	3.11	2.750	0.02	2.250	5.48
	2.750	L/(>1000)	2.250	L/(>1000)	2.750	L/(>1000)	2.250	L/(>1000)
N2/N5	2.319	0.67	2.583	12.16	2.319	1.07	2.583	20.60
	2.319	L/(>1000)	2.583	L/429.4	2.319	L/(>1000)	2.583	L/432.1
N4/N5	2.319	0.67	2.583	12.16	2.319	1.07	2.583	20.60
	2.319	L/(>1000)	2.583	L/429.4	2.319	L/(>1000)	2.583	L/432.1
N6/N7	2.750	0.02	2.750	6.06	2.750	0.02	2.500	9.50
	2.750	L/(>1000)	2.750	L/531.0	2.750	L/(>1000)	2.750	L/531.7
N8/N9	2.750	0.02	2.750	6.06	2.750	0.02	2.500	9.50
	2.750	L/(>1000)	2.750	L/531.0	2.750	L/(>1000)	2.750	L/531.7
N7/N10	2.319	0.25	3.110	14.39	2.319	0.41	3.110	25.29
	2.319	L/(>1000)	3.110	L/362.9	2.319	L/(>1000)	3.110	L/363.6
N9/N10	2.319	0.25	3.110	14.39	2.319	0.41	3.110	25.29
	2.319	L/(>1000)	3.110	L/362.9	2.319	L/(>1000)	3.110	L/363.6
N11/N12	2.250	0.00	2.750	5.86	2.250	0.00	2.500	9.12
	2.250	L/(>1000)	2.750	L/549.1	2.250	L/(>1000)	2.750	L/550.2
N13/N14	2.250	0.00	2.750	5.86	2.250	0.00	2.500	9.12
	2.250	L/(>1000)	2.750	L/549.1	2.250	L/(>1000)	2.750	L/550.2
N12/N15	2.583	0.00	3.110	13.77	2.583	0.01	3.110	24.15
	2.583	L/(>1000)	3.110	L/379.0	2.583	L/(>1000)	3.110	L/379.6
N14/N15	2.583	0.00	3.110	13.77	2.583	0.01	3.110	24.15
	2.583	L/(>1000)	3.110	L/379.0	2.583	L/(>1000)	3.110	L/379.6
N16/N17	2.750	0.02	2.750	6.06	2.750	0.02	2.500	9.50
	2.750	L/(>1000)	2.750	L/531.0	2.750	L/(>1000)	2.750	L/531.7
N18/N19	2.750	0.02	2.750	6.06	2.750	0.02	2.500	9.50
	2.750	L/(>1000)	2.750	L/531.0	2.750	L/(>1000)	2.750	L/531.7
N17/N20	2.319	0.25	3.110	14.39	2.319	0.41	3.110	25.29
	2.319	L/(>1000)	3.110	L/362.9	2.319	L/(>1000)	3.110	L/363.0
N19/N20	2.319	0.25	3.110	14.39	2.319	0.41	3.110	25.29
	2.319	L/(>1000)	3.110	L/362.9	2.319	L/(>1000)	3.110	L/363.0
N21/N22	2.750	0.18	2.250	3.11	2.750	0.02	2.250	5.48
	2.750	L/(>1000)	2.250	L/(>1000)	2.750	L/(>1000)	2.250	L/(>1000)
N23/N24	2.750	0.18	2.250	3.11	2.750	0.02	2.250	5.48

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)
	2.750	L/(>1000)	2.250	L/(>1000)	2.750	L/(>1000)	2.250	L/(>1000)
N22/N25	2.319	0.67	2.583	12.16	2.319	1.07	2.583	20.60
	2.319	L/(>1000)	2.583	L/429.4	2.319	L/(>1000)	2.583	L/430.2
N24/N25	2.319	0.67	2.583	12.16	2.319	1.07	2.583	20.60
	2.319	L/(>1000)	2.583	L/429.4	2.319	L/(>1000)	2.583	L/430.2
N2/N7	1.250	1.23	2.188	0.79	0.938	1.91	1.250	0.05
	1.250	L/(>1000)	2.188	L/(>1000)	1.250	L/(>1000)	1.250	L/(>1000)
N7/N12	1.563	1.11	2.500	0.57	1.563	1.67	1.563	0.02
	1.563	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)	1.563	L/(>1000)	1.563	L/(>1000)
N12/N17	3.438	1.11	2.500	0.57	3.438	1.67	3.438	0.02
	3.438	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)	3.438	L/(>1000)	3.438	L/(>1000)
N17/N22	3.750	1.23	2.813	0.79	4.063	1.91	3.750	0.05
	3.750	L/(>1000)	2.813	L/(>1000)	3.750	L/(>1000)	3.750	L/(>1000)
N19/N24	3.750	1.23	2.813	0.79	4.063	1.91	3.750	0.05
	3.750	L/(>1000)	2.813	L/(>1000)	3.750	L/(>1000)	3.750	L/(>1000)
N14/N19	3.438	1.11	2.500	0.57	3.438	1.67	3.438	0.02
	3.438	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)	3.438	L/(>1000)	3.438	L/(>1000)
N9/N14	1.563	1.11	2.500	0.57	1.563	1.67	1.563	0.02
	1.563	L/(>1000)	2.500	L/(>1000)	1.563	L/(>1000)	1.563	L/(>1000)
N4/N9	1.250	1.23	2.188	0.79	0.938	1.91	1.250	0.05
	1.250	L/(>1000)	2.188	L/(>1000)	1.250	L/(>1000)	1.250	L/(>1000)
N26/N25	2.406	0.57	4.125	2.28	2.406	0.84	4.125	4.56
	2.406	L/(>1000)	4.125	L/(>1000)	2.406	L/(>1000)	4.125	L/(>1000)
N27/N5	2.406	0.57	4.125	2.28	2.406	0.84	4.125	4.56
	2.406	L/(>1000)	4.125	L/(>1000)	2.406	L/(>1000)	4.125	L/(>1000)

3.9. Conclusiones:

A partir de estos datos se decide que la estructura portante estará formada por dos tipos de pórticos; pórtico central y pórtico hastial, ambos definidos en el Documento N° 2 Planos.

4. CÁLCULO DE LA CIMENTACIÓN

4.1. Método de cálculo

Una vez estudiada, comprendida y optimizada la estructura es el momento de calcular su cimentación. Metal 3D tiene un módulo para calcular zapatas independientes entre sí, pero una nave como esta merece un trato más detallado. Este cálculo se realizará desde el subprograma CYPECAD y para ello se exportará la estructura a dicho subprograma. No sólo se ha exportado la posición de los pilares, sino que también se han trasladado las reacciones oportunas para el cálculo de la cimentación. Únicamente introduciremos el valor de la tensión admisible del terreno, aportada por el Anejo geotécnico (nº 2). Según éste, el suelo tiene una resistencia de $\sigma = 3 \text{ kp} \cdot \text{cm}^{-2}$ y $\alpha = 30^\circ$.

A continuación se presenta la descripción de cada tipo considerado y su comprobación en la situación más desfavorable. Esta decisión ayuda a simplificar la ejecución de la obra.

Las representaciones gráficas de las zapatas y las vigas de atado quedarán definidas en el Documento Nº 2 Planos.

4.2. Listado de cálculo

4.2.1. Zapatas.

- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N1, N3, N21 y N23	Zapata cuadrada Ancho inicial X: 47.5 cm Ancho inicial Y: 47.5 cm Ancho final X: 47.5 cm Ancho final Y: 47.5 cm Ancho zapata X: 95.0 cm Ancho zapata Y: 95.0 cm Canto: 50.0 cm	X: 6Ø16 c/ 20 Y: 5Ø16 c/ 20
N6, N8, N16 y N18	Zapata cuadrada Ancho inicial X: 80.0 cm Ancho inicial Y: 80.0 cm Ancho final X: 80.0 cm Ancho final Y: 80.0 cm Ancho zapata X: 160.0 cm Ancho zapata Y: 160.0 cm Canto: 50.0 cm	Sup X: 8Ø12 c/ 22 Sup Y: 8Ø12 c/ 22 Inf X: 8Ø12 c/ 22 Inf Y: 8Ø12 c/ 22

Referencias	Geometría	Armado
N11 y N13	Zapata cuadrada Ancho inicial X: 70.0 cm Ancho inicial Y: 70.0 cm Ancho final X: 70.0 cm Ancho final Y: 70.0 cm Ancho zapata X: 140.0 cm Ancho zapata Y: 140.0 cm Canto: 50.0 cm	Sup X: 7Ø12 c/ 22 Sup Y: 7Ø12 c/ 22 Inf X: 7Ø12 c/ 22 Inf Y: 7Ø12 c/ 22
N14 y N26	Zapata cuadrada Ancho inicial X: 67.5 cm Ancho inicial Y: 67.5 cm Ancho final X: 67.5 cm Ancho final Y: 67.5 cm Ancho zapata X: 135.0 cm Ancho zapata Y: 135.0 cm Canto: 50.0 cm	Sup X: 7Ø12 c/ 22 Sup Y: 7Ø12 c/ 22 Inf X: 7Ø12 c/ 22 Inf Y: 7Ø12 c/ 22

▪ Mediciones.

Referencias: N1, N3, N21 y N23		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø16	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	5x1.15	5.75
	Peso (Kg)	5x1.82	9.08
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	5x1.15	5.75
	Peso (Kg)	5x1.82	9.08
Totales	Longitud (m)	11.50	
	Peso (Kg)	18.16	18.16
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	12.65	
	Peso (Kg)	19.98	19.98

Referencias: N6, N8, N16 y N18		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	7x1.50	10.50
	Peso (Kg)	7x1.33	9.32
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	7x1.73	12.11
	Peso (Kg)	7x1.54	10.75
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	7x1.50	10.50
	Peso (Kg)	7x1.33	9.32
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	7x1.73	12.11
	Peso (Kg)	7x1.54	10.75
Totales	Longitud (m)	45.22	
	Peso (Kg)	40.14	40.14
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	49.74	
	Peso (Kg)	44.15	44.15

Referencias: N11 y N13		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	6x1.53	9.18
	Peso (Kg)	6x1.36	8.15
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	6x1.59	9.54
	Peso (Kg)	6x1.41	8.47

Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	6x1.53	9.18
	Peso (Kg)	6x1.36	8.15
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	6x1.59	9.54
	Peso (Kg)	6x1.41	8.47
Totales	Longitud (m)	37.44	
	Peso (Kg)	33.24	33.24
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	41.18	
	Peso (Kg)	36.56	36.56

Referencias: N14 y N26		B 400 S, CN	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m)	6x1.48	8.88
	Peso (Kg)	6x1.31	7.88
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m)	6x1.54	9.24
	Peso (Kg)	6x1.37	8.20
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m)	6x1.48	8.88
	Peso (Kg)	6x1.31	7.88
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m)	6x1.54	9.24
	Peso (Kg)	6x1.37	8.20
Totales	Longitud (m)	36.24	
	Peso (Kg)	32.16	32.16
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	39.86	
	Peso (Kg)	35.38	35.38

▪ Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, CN (Kg)			Hormigón (m ³)	
	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Control estadístico	Limpieza
Referencias: N1, N3, N21 y N23		4x19.98	79.92	4x0.45	4x0.09
Referencias: N6, N8, N16 y N18	4x44.15		176.60	4x1.28	4x0.26
Referencias: N11 y N13	2x36.56		146.24	2x0.98	4x0.20
Referencias: N14 y N26	2x35.38		70.76	2x0.91	2x0.18
Totales	393.60	79.92	473.52	12.67	2.53

▪ Comprobación

Referencia: N1, N3, N21 y N23		
Dimensiones: 95 x 95 x 70		
Armados: Xi:Ø16 c/ 20 Yi:Ø16 c/ 20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media:	Máximo: 2 Kp/cm ² Calculado: 0.331 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima acc. gravitatorias:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.318 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. de viento:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.338 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. sísmicas:	Máximo: 3 Kp/cm ² Calculado: 0.482 Kp/cm ²	Cumple
Flexión en la zapata:		

Seguridad estructural

-En dirección X:	Momento: 0.12 Tn·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.10 Tn·m	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 1792.7 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 162.0 %	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
	Máximo: 588.1 Tn/m ²	
	Calculado: 2.74 Tn/m ²	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.00 Tn	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.00 Tn	Cumple
Canto mínimo:		
<i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 25 cm	
	Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N1:	Mínimo: 35 cm	
	Calculado: 42 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-En dirección X:	Mínimo: 0.002	
	Calculado: 0.0021	Cumple
-En dirección Y:	Mínimo: 0.002	
	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
-Armado inferior dirección X:		
<i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 0.0001	
	Calculado: 0.0021	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
-Parrilla inferior:		
<i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 12 mm	
	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
<i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
-Armado inferior dirección X:		
	Máximo: 30 cm	
	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:		
	Máximo: 30 cm	
	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:		
<i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inferior dirección X:		
	Mínimo: 10 cm	
	Calculado: 20 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:		
	Mínimo: 10 cm	
	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
<i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inf. dirección X hacia der:		
	Mínimo: 16 cm	
	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:		
	Mínimo: 16 cm	
	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:		
	Mínimo: 16 cm	
	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:		
	Mínimo: 16 cm	
	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
-Armado inf. dirección X hacia der:		
	Mínimo: 16 cm	
	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:		
	Mínimo: 16 cm	
	Calculado: 16 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:		
	Mínimo: 16 cm	
	Calculado: 16 cm	Cumple

Seguridad estructural

-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N6, N8, N16 y N18		
Dimensiones: 160 x 160 x 70		
Armados: Xi:Ø12 c/ 22 Yi:Ø12 c/ 22 Xs:Ø12 c/ 22 Ys:Ø12 c/ 22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media:	Máximo: 2 Kp/cm ² Calculado: 0.346 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima acc. gravitatorias:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.418 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. de viento:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.433 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. sísmicas:	Máximo: 3 Kp/cm ² Calculado: 0.497 Kp/cm ²	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.93 Tn·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.93 Tn·m	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 4647.8 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 122.5 %	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
	Máximo: 588.1 Tn/m ² Calculado: 9.15 Tn/m ²	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.99 Tn	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.84 Tn	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N6:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-En dirección X:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021	Cumple
-En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>		
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
-Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple

Seguridad estructural

-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N11 y N13		
Dimensiones: 140 x 140 x 70		
Armados: Xi:Ø12 c/ 22 Yi:Ø12 c/ 22 Xs:Ø12 c/ 22 Ys:Ø12 c/ 22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media:	Máximo: 2 Kp/cm ² Calculado: 0.437 Kp/cm ²	Cumple

Seguridad estructural

-Tensión máxima acc. gravitatorias:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.533 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. de viento:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.559 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. sísmicas:	Máximo: 3 Kp/cm ² Calculado: 0.711 Kp/cm ²	Cumple
Flexión en la zapata:		
-En dirección X:	Momento: 0.79 Tn·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.78 Tn·m	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 3431.6 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 45.0 %	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 588.1 Tn/m ² Calculado: 9.24 Tn/m ²	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.67 Tn	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.34 Tn	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N11:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
-En dirección X:	Calculado: 0.0021	Cumple
-En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>	Calculado: 0.0011	
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
-Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	

Seguridad estructural

-Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 24 cm Calculado: 24 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N14 y N26		
Dimensiones: 135 x 135 x 70		
Armados: Xi:Ø12 c/ 22 Yi:Ø12 c/ 22 Xs:Ø12 c/ 22 Ys:Ø12 c/ 22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media:	Máximo: 2 Kp/cm ² Calculado: 0.3 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima acc. gravitatorias:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.294 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. de viento:	Máximo: 2.5 Kp/cm ² Calculado: 0.31 Kp/cm ²	Cumple
-Tensión máxima con acc. sísmicas:	Máximo: 3 Kp/cm ² Calculado: 0.345 Kp/cm ²	Cumple
Flexión en la zapata:		

Seguridad estructural

-En dirección X:	Momento: 0.46 Tn·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 0.35 Tn·m	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 10156.8 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 912.7 %	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
	Máximo: 588.1 Tn/m ² Calculado: 5.93 Tn/m ²	Cumple
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 0.37 Tn	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 0.15 Tn	Cumple
Canto mínimo:		
<i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N31:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-En dirección X:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021	Cumple
-En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i>		
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0011	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
<i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
-Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
<i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>		
-Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:		
<i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		
-Armado inferior dirección X:	Mínimo: 10 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
<i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>		

Seguridad estructural

-Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
-Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
-Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.2.2. Vigas de atado

▪ Descripción

Referencias	Geometría	Armado
C.2 [N1-N6], [N6-N11], [N11-N16], [N16-N23], [N23-N18], [N18-N13], [N13-N8], [N8-N3], [N3-N14], [N14-N1]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2 Ø16 Inferior: 2 Ø16 Estribos: 1xØ8 c/ 30

▪ Medición

Referencias: C.2 [N1-N6], [N6-N11], [N11-N16], [N16-N23], [N23-N18], [N18-N13], [N13-N8], [N8-N3], [N3-N14], [N14-N1]	B 400 S, CN		Total
Nombre de armado	Ø8	Ø16	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m)	2x6.32	12.64
	Peso (Kg)	2x9.98	19.95
Armado viga - Armado superior	Longitud (m)	2x6.42	12.84
	Peso (Kg)	2x10.13	20.27

Seguridad estructural

Armado viga - Estribo	Longitud (m)	17x1.33		22.61
	Peso (Kg)	17x0.52		8.92
Totales	Longitud (m)	22.61	25.48	
	Peso (Kg)	8.92	40.22	49.14
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m)	24.87	28.03	
	Peso (Kg)	9.81	44.24	54.05

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

Elemento	B 400 S, CN (Kg)			Hormigón (m3)	
	Ø8	Ø16	Total	HA-25, Control estadístico	Limpieza
Referencias: C.2 [N1-N6], [N6-N11], [N11-N16], [N16-N23], [N23-N18], [N18-N13], [N13-N8], [N8-N3], [N3-N14], [N14-N1]	14x9.81	14x44.24	756.70	14x0.74	14x0.18
Totales	137.34	619.36	756.70	10.30	2.58

Comprobación

Referencia: C.2 [N1-N6], [N6-N11], [N11-N16], [N16-N23], [N23-N18], [N18-N13], [N13-N8], [N8-N3], [N3-N14], [N14-N1] -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2 Ø16 -Armadura inferior: 2 Ø16 -Estribos: 1xØ8 c/ 30		
Comprobación	Valores	Estado
Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.126).</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.126).</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i> -Armadura superior: -Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 25.2 cm Calculado: 25.2 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: -Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Recomendación para la separación máxima de estribos en vigas comprimidas por axiles en combinaciones sísmicas (1) (1)Al no ser necesaria la armadura longitudinal en compresión, no se aplica el requisito de separación de estribos en barras comprimidas.		No procede
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i> -Armadura superior: -Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 25.2 cm Calculado: 25.2 cm	Cumple Cumple

Seguridad estructural

<p>Armadura mínima por cuantía mecánica de esfuerzos axiles: -Armadura total (Acciones dinámicas): <i>Criterio de CYPE Ingenieros basado en el Artículo 38.4 de la EH-91</i></p>	<p>Mínimo: 6.15 cm² Calculado: 8.04 cm²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Armadura necesaria por cálculo para el axil de compresión: -Acciones dinámicas: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.125).</i></p>	<p>Mínimo: 0 cm² Calculado: 8.04 cm²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Armadura necesaria por cálculo para el axil de tracción: -Acciones dinámicas: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.125).</i></p>	<p>Mínimo: 0.08 cm² Calculado: 8.04 cm²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Longitud de anclaje barras superiores origen: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> -Acciones estáticas: -Acciones dinámicas:</p>	<p>Calculado: 21 cm Mínimo: 16 cm Mínimo: 21 cm</p>	<p>Cumple Cumple</p>
<p>Longitud de anclaje barras inferiores origen: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> -Acciones estáticas: -Acciones dinámicas:</p>	<p>Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Calculado: 16 cm</p>	<p>Cumple Cumple</p>
<p>Longitud de anclaje barras superiores extremo: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> -Acciones estáticas: -Acciones dinámicas:</p>	<p>Calculado: 21 cm Mínimo: 16 cm Mínimo: 21 cm</p>	<p>Cumple Cumple</p>
<p>Longitud de anclaje barras inferiores extremo: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i> -Acciones estáticas: -Acciones dinámicas:</p>	<p>Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm Calculado: 16 cm</p>	<p>Cumple Cumple</p>
<p>Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: -Acciones dinámicas:</p>	<p>Momento flector: 0.00 Tn·m Axil: ± 0.34 Tn</p>	<p>Cumple</p>
<p>Se cumplen todas las comprobaciones</p>		

4.3. Placas de anclaje

Las placas de anclaje son los elementos utilizados para la unión del pilar a la cimentación. Este elemento de transición aumenta la sección de acero del pilar, adaptándola a la resistencia de proyecto del hormigón.

La unión del pilar a la cimentación se realiza en nuestro caso mediante empotramiento, el cual impide el giro y el desplazamiento en cualquier dirección. Las placas de anclaje se diseñan para que la transición entre el soporte y el hormigón de la cimentación se realicen sin que en ningún punto se superen las tensiones máximas admisibles por estos materiales.

Las características técnicas del tipo de placa empleada se describen en el Documento Nº 2 Planos.

4.3.1. Listado de cálculo

- Descripción

Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N1, N3, N21, N14, N26	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados
N6, N8, N16, N18, N11, N13	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados

- Medición placas de anclaje

Pilares	Acero	Peso Kp	Totales Kp
N1, N3, N21, N14, N26	S275	4 x 19.08	
N6, N8, N16, N18, N11, N13	S275	5 x 21.20	
Totales			182.32

▪ Medición pernos placas de anclaje

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso Kp	Totales m	Totales Kp
N1, N3, N21, N14, N26	24Ø16 mm L=54 cm	B 400 S	20 x 0.54	20 x 0.85		
N6, N8, N16, N18, N11, N13	32Ø16 mm L=54 cm	B 400 S	24x 0.54	24 x 0.85		
					23.76	37.40
Totales					23.76	37.40

▪ Comprobación de las placas de anclaje

Referencia: N1, N3, N21, N14, N26 -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: -Tracción: -Cortante: -Tracción + Cortante:	Máximo: 5.437 Tn Calculado: 0.204 Tn Máximo: 3.806 Tn Calculado: 0.083 Tn Máximo: 5.437 Tn Calculado: 0.323 Tn	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 Tn Calculado: 0.207 Tn	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 4077.47 Kp/cm ² Calculado: 106.555 Kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 16.147 Tn Calculado: 0.083 Tn	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: -Derecha: -Izquierda: -Arriba: -Abajo:	Máximo: 2803.26 Kp/cm ² Calculado: 77.894 Kp/cm ² Calculado: 77.894 Kp/cm ² Calculado: 117.244 Kp/cm ² Calculado: 117.244 Kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> -Derecha: -Izquierda: -Arriba:	Mínimo: 250 Calculado: 13664.9 Calculado: 13664.9 Calculado: 9109.9	Cumple Cumple Cumple

Seguridad estructural

-Abajo:	Calculado: 9109.9	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2803.26 Kp/cm ² Calculado: 0 Kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N6, N8, N16, N18, N11, N13 -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 500 mm Espesor: 18 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 5.437 Tn Calculado: 0.551 Tn	Cumple
-Cortante:	Máximo: 3.806 Tn Calculado: 0.441 Tn	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 5.437 Tn Calculado: 1.181 Tn	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 Tn Calculado: 0.56 Tn	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 4077.47 Kp/cm ² Calculado: 391.828 Kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 16.147 Tn Calculado: 0.409 Tn	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2803.26 Kp/cm ²	
-Derecha:	Calculado: 159.663 Kp/cm ²	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 159.663 Kp/cm ²	Cumple
-Arriba:	Calculado: 285.932 Kp/cm ²	Cumple
-Abajo:	Calculado: 285.932 Kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
-Derecha:	Calculado: 8537.5	Cumple
-Izquierda:	Calculado: 8537.5	Cumple
-Arriba:	Calculado: 4220.55	Cumple
-Abajo:	Calculado: 4220.55	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2803.26 Kp/cm ² Calculado: 0 Kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4.4. Conclusión

Se cumplen todas las comprobaciones. Estos elementos quedarán definidos en el Documento N° 2 Planos.

5. DOCUMENTACIÓN CONSULTADA

- **CYPE. Arquitectura, ingeniería y construcción.** Versión 2011.k Alter hours
- **Código Técnico de la Edificación, DB-SE: Seguridad Estructural.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- **Código Técnico de la Edificación, DB-SE-AE: Acciones en la Edificación.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- **Código Técnico de la Edificación, DB-SE-C: Cimientos.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- **Código Técnico de la Edificación DB-SE.A: Acero.** Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo del Ministerio de Vivienda. (BOE 28-03-2006).
- **EHE. Instrucción de Hormigón Estructural (2008), Ministerio de Fomento**
- **NCSE. Norma de Construcción Sismorresistente (2002), Ministerio de Fomento.**