



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE ARQUITECTURA DE MADRID

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Arquitectura

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster Universitario en Estructuras de Edificación

Conservatorio de Música y Danza de Ibiza y Formentera

Autor: Sergio Santana Almeida

Director: Juan Rey Rey

Madrid, Septiembre 2018

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO	3
1.1. Introducción	3
1.2. Localización.....	3
1.3. Documentación de partida.....	4
1.4. Distribución espacial y funcional	5
1.5. Definición estructural.....	6
1.6. Puntos singulares del proyecto	8
1.7. Planos de arquitectura	8
1.8. Estrategias de diseño	16
2. BASES DEL PROYECTO	17
2.1. Normativa considerada	17
2.2. Cargas gravitatorias.....	17
2.3. Carga de viento	24
2.4. Acción de sismo.....	29
2.5. Acción térmica y acciones accidentales	30
2.6. Hipótesis y combinaciones de carga	30
2.7. Limitaciones de deformación	33
2.8. Resistencia al fuego	35
2.9. Características del terreno	38
2.10. Materiales y durabilidad	43
3. DIMENSIONADO	46
3.1. Estructura horizontal mixta	46
3.2. Losa de hormigón armado.....	54
3.3. Estructura vertical metálica. Soportes	55
3.4. Arriostramientos	60
3.5. Celosías	63
3.6. Muros de hormigón armado.....	66
3.7. Uniones de acero.....	66
3.7.1. Unión atornillada A: Chapa lateral	67
3.7.2. Unión atornillada B: Chapa frontal	72
3.7.3. Unión atornillada C: Empalme.....	78
3.7.4. Unión atornillada D: Diagonal de arriostramiento.....	84
3.7.5. Unión soldada: Nudo de celosía	85
3.8. Basas metálicas	89
3.9. Micropilotes y encepados.....	94
3.10. Muros pantalla	98
3.11. Solera drenante	104
4. ANÁLISIS MEDIANTE SAP2000	105
4.1. Superestructura y modelado.....	105
4.2. Estabilidad horizontal.....	111
4.3. Estructura horizontal. Vigas y correas mixtas	118
4.4. Losa de hormigón armado.....	124
4.5. Estructura vertical metálica. Soportes	129



4.6. Arriostramientos	133
4.7. Celosías	139
4.8. Muros de hormigón armado.....	143
4.9. Estructuras de apeo.....	145
4.10. Reacciones en cimentación.....	146
5. PLIEGO DE CONDICIONES.....	148
ANEJO I: TABLAS Y FICHAS TÉCNICAS	149
I.1. Stud-Frame GRC	149
I.2. Pintura intumescente	154
I.3. Forjados alveolares	156
ANEJO II: DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA.....	158
II.1. Combinación de las presiones de viento sobre el modelo real.....	158
II.2. Verificación de vigas mixtas	165
II.3. Verificación de soportes metálicos	175
II.4. Verificación de arriostramientos	184
ANEJO III: HOJAS DE CÁLCULO	186
III.1. Presión de viento	186
III.2. Tiempo equivalente de exposición al fuego.....	190
III.3. Micropilotes y encepados	201
III.4. Muros pantalla	213
III.5. Vigas mixtas.....	223
III.6. Vigas mixtas: armaduras en nudos rígidos	232
III.7. Soportes.....	239
III.8. Arriostramientos	257
III.9. Celosías	265
III.10. Uniones atornilladas A: Chapa lateral.....	269
III.12. Uniones atornilladas B: Chapa frontal	287
III.13. Uniones atornilladas C: Empalme.....	307
III.14. Uniones atornilladas D: Diagonal de arriostramiento.....	315
III.15. Basas metálicas.....	319

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

1.1. Introducción

Situado en la isla de Ibiza, el Conservatorio de Música y Danza de Ibiza y Formentera podría definirse como un proyecto de aspecto masivo que trata de concentrar una gran cantidad de espacio público y con fines sociales en su interior. Situado en la Avenida de España, se levanta este edificio de 7 plantas sobre rasante y 1 bajo rasante, donde las dimensiones de la parcela son 29 x 30 m no siendo todos sus límites perpendiculares.

Como elementos delimitadores iniciales el proyecto se enfrenta a dos medianeras (al sur y al oeste) a la vez que su encuentro con el plano del suelo tendrá que solucionar la convivencia de la estructura con un antiguo yacimiento arqueológico. Este es probablemente el mayor de los condicionantes del proyecto ya que dicho yacimiento ocupa aproximadamente el 40% del mismo.

El proyecto se muestra como un lugar donde se puedan potenciar los encuentros y las relaciones. Inicialmente se construyen las medianeras de la parcela, para más tarde insertar dos piezas que terminarán enlazándose. Para dicha unión, el arquitecto propone una serie de espacios a los que denomina “puentes” (los espacios comunes). Con todo ello, podemos identificar tres piezas: la escuela de música, la escuela de danza y los espacios comunes compuesto por la biblioteca, la sala polivalente y el auditorio.

La materialización del edificio refuerza el concepto generador: en su límite exterior, la fachada urbana se construye con muros de hormigón, donde el ritmo de las perforaciones marca el carácter urbano del mismo. En su límite interior, las fachadas que dan al patio se construyen con grandes acristalamientos para generar mayores relaciones entre las diferentes zonas del conjunto.

Los espacios de relación se construyen como grandes vigas que quedan revestidas de chapa perforada. Todo lo demás se conforma con losas vistas de hormigón, carpinterías de aluminio y particiones ligeras. A su vez, también se identifican espacios de relación al exterior: todas las superficies horizontales externas se construyen como cubiertas ajardinadas (desde jardines de cactus hasta plantas trepadoras en las medianeras).

1.2. Localización

El edificio se localiza en la isla de Ibiza, concretamente en la Avenida de España número 15. El edificio forma parte de una manzana completamente acabada, donde la parcelación es irregular y su medianera oeste inclinada tal como se puede observar en la imagen inferior. El edificio se localiza a 500 metros del puerto deportivo de Ibiza.



1.3. Documentación de partida

Toda la documentación disponible de esta obra está contenida en 4 publicaciones, así como en la página web del estudio de Alfredo Payá (<http://www.alfredopaya.es>). La referencia de estas tres publicaciones son las siguientes:

- Documentos de arquitectura (Almería), 62, 2006
- El Croquis nº 189
- Parámetro, 246-247, 2003
- Tribuna de la construcción (Valencia), 55, 2003

En general, la cantidad y claridad de la información es bastante limitada, siendo la más fiable la publicada por la revista El Croquis, donde los documentos expuestos son los más parecidos con la construcción final de la obra.

A continuación, se adjunta un cuadro resumen con las características más importantes del proyecto real ejecutado.

Emplazamiento	Avenida de España 15, Ibiza, España
Arquitecto / Estudio de Arquitectura	Alfredo Payá Benedito / noname 29
Dirección de obra	Alfredo Payá Benedito
Dirección de ejecución	Natalia Velasco Velázquez. Arquitecta técnica
	Mª Luisa Vázquez Duckitt. Arquitecta técnica
	José Mª Arenas Galindo. Arquitecto Técnico
Colaboradores	Gema Vicente Puerto. Arquitecta
	Raquel del Bello Cobos. Arquitecta
	José Carrasco Hortal. Arquitecto. Estructura
	Juan Jesús Gutiérrez Sánchez. Ingeniero Industrial. Instalaciones
Promotor	Beatriz Vera Payá. Interiorista
Empresa constructora	Govern de les Illes Balears. Ibisec
Presupuesto	Acciona Infraestructuras, S.A.
Año finalización de la obra	4.653.265,00 €
	2011



Superficie parcela	960 m ²
Superficie construida	4.058 m ²
Altura máxima	23,00 m
Altura típica libre	2,90 m
Número de plantas	7 sobre rasante + 1 bajo rasante
Usos generales	Escuela de música, Escuela de danza, Auditorio, Salas expositivas
Estructura	Losas macizas, muros de hormigón armado y soportes metálicos
Fachada exterior	Muros de hormigón armado con huecos de suelo a techo
Fachada interior	Fachada acristalada, muros cortina en espacios de doble altura y revestimientos metálicos perforados
Núcleos de comunicación	2 núcleos de comunicación compuestos por escalera y ascensor (2,0 x 1,2 m – 10 personas / 1,45 x 1,05 m - 8 personas)

1.4. Distribución espacial y funcional

A la variación geométrica que va experimentando el edificio a medida que se alza hay que sumar la variación de usos específicos que se proponen en altura. Podríamos agrupar todos los usos en una categoría general entre docente-pública concurrencia, si bien la escuela va mezclando espacios eminentemente prácticos con espacios más teóricos.

En la planta sótano, situada a -2,90 m, encontramos el auditorio con capacidad para 183 personas, la zona del yacimiento arqueológico, un porche interior, así como espacios de almacenaje, aseos, cuartos de limpieza y un cuarto de instalaciones.

En la planta baja, situado a la cota +0,15 m, encontramos el vestíbulo de entrada, la zona de acceso al auditorio, el gabinete médico, zonas de maquillaje, vestuarios, así como aseos, cuartos de limpieza y un cuarto de instalaciones.

En la entreplanta, situado a la cota +3,31 m, encontramos salas de exposiciones, salas de profesores, una zona de despachos, la conserjería del edificio, reprografía, una cabina de sonido en contacto con el auditorio, un archivo, vestuarios, así como aseos y cuartos de limpieza.

En la planta primera, situado a la cota +6,47 m, encontramos las aulas de enseñanza no instrumental, las aulas de enseñanza teórica, aulas de coro y orquesta, aulas de danza, una pequeña terraza común, la cubierta no transitable del auditorio, así como los aseos y cuartos de limpieza.

En la planta segunda, situado a la cota +9,63 m, encontramos las aulas de enseñanza individual, un aula de ensayo común, así como los aseos y cuartos de limpieza.

En la planta tercera, situado a la cota +12,79 m, encontramos aulas de enseñanza teórica, cabinas de estudio, aulas de enseñanza individual, así como aseos y cuartos de limpieza.

En la planta cuarta, situado a la cota +15,95 m, encontramos aulas de música de cámara, aulas de enseñanza individual, una terraza común, así como aseos y cuartos de limpieza.

En la planta quinta, situado a la cota +19,11 m, encontramos una sala de lectura, una sala de proyección y una gran terraza que ocupa la mayor parte de la superficie útil.

En la planta cubierta, situado a la cota +22,27 m, encontramos únicamente las cubiertas no transitables.

1.5. Definición estructural

El edificio real está conformado básicamente por una estructura íntegra de hormigón armado. La estructura horizontal está resuelta a base de losas de hormigón macizas de 30 cm de espesor en todos los niveles excepto en los de cubierta donde tienen un canto de 25 cm. Adicionalmente, se comenta en la memoria del proyecto que en algunos puntos donde las luces son muy grandes se resuelven mediante la inclusión de vigas metálicas.



La estructura vertical se resuelve disponiendo los soportes en el contorno de las losas. Para ello se emplean dos estrategias: por un lado, las fachadas exteriores se construyen a base de muros de hormigón armado que se van interrumpiendo para conformar las aberturas de las ventanas (que irán de suelo a techo), por otro lado, en el interior se resuelve mediante soportes metálicos que en algunos casos llegan a tener alturas libres de hasta tres plantas.



En el auditorio no se observa el empleo de elementos de gran canto para resolver la luz de 13 metros, por lo que se concluye que la losa de hormigón armada en ese espacio debe de estar resuelta gracias a un postesado en la dirección corta.



Con respecto a la cimentación, debido a la existencia del nivel freático se emplean muros pantalla en el contorno de la parcela. Para resolver la transmisión de cargas al terreno, debido a la baja resistencia de los estratos inferiores (tal con se infiere de los informes geotécnicos a los que se ha tenido acceso) se resuelve mediante cimentación profunda (pilotes).



1.6. Puntos singulares del proyecto

Existen en este proyecto dos condicionantes especiales que afectan de manera directa a la estructura del edificio: el terreno y la situación de un yacimiento arqueológico en la parcela.

Por un lado, el terreno sobre el que se posiciona el edificio está compuesto por unos estratos de arcillas blandas, encontrándose el nivel resistente a una profundidad de - 14,60 m. Al mismo tiempo, existe nivel freático a una profundidad de - 2,15 m.

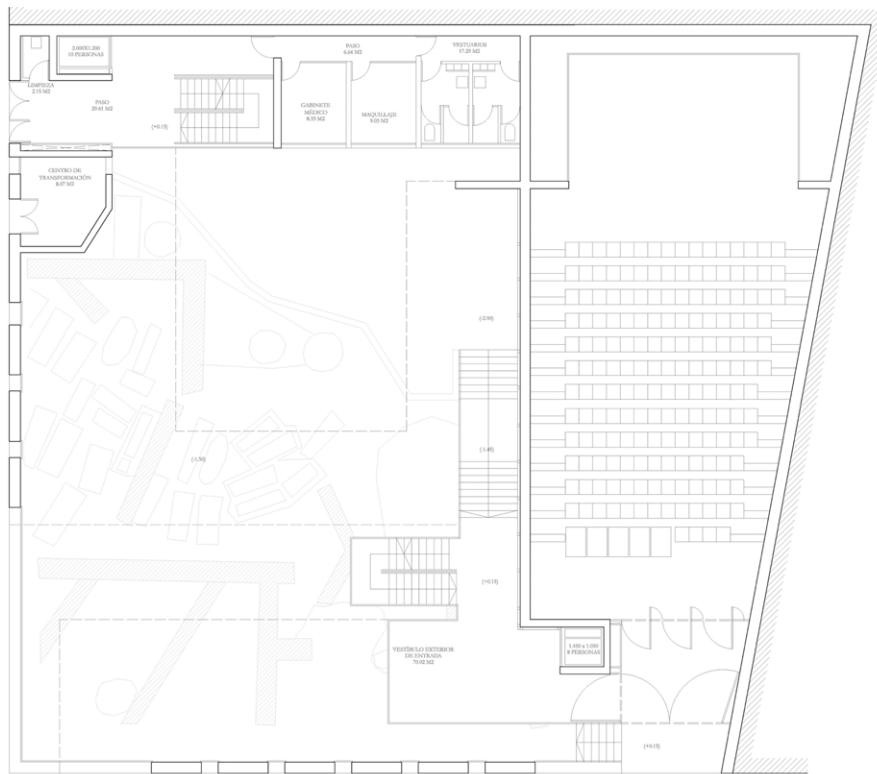
Por otro lado, sobre nuestra parcela de 29 x 30 m (aprox. 960 m²) existe un yacimiento arqueológico que ocupa aproximadamente el 40% de la misma (380 m²). Dicho yacimiento se encuentra en la zona de la parcela que linda con la vía pública. Esta conjunción de situaciones hace que el edificio tenga muy limitado el contacto con el terreno en la zona de fachada exterior, produciéndose un mayor contacto en los bordes de la parcela y las zonas medianeras-interiores. Sobre el yacimiento se pueden observar apoyos puntuales a base de perfiles metálicos rectangulares.

Además de estas situaciones, se pueden contemplar como puntos singulares la existencia de grandes luces y volados explicados en el apartado anterior.

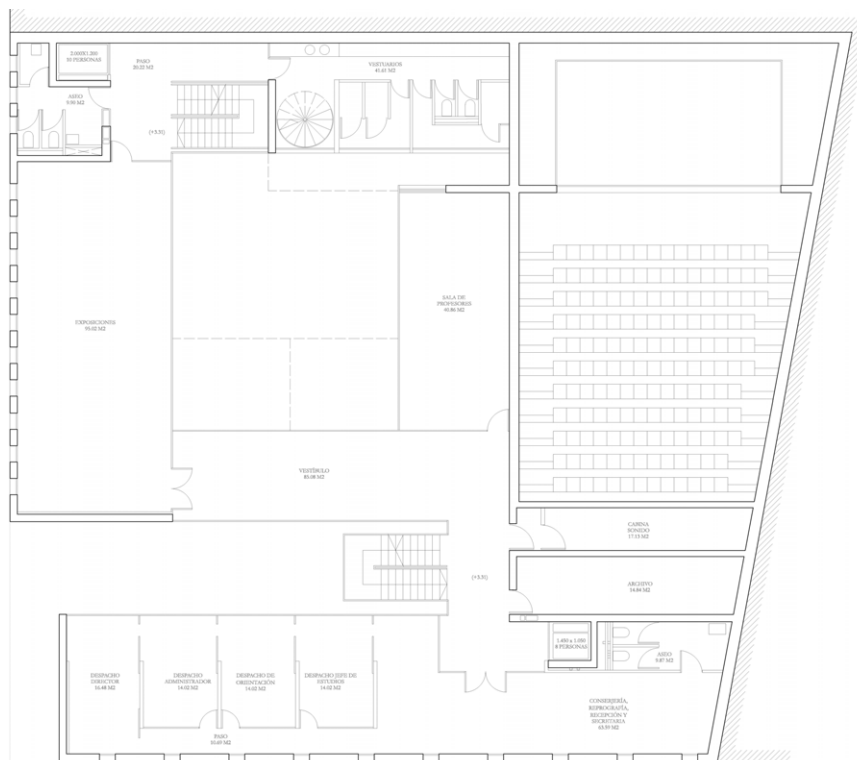
1.7. Planos de arquitectura

A continuación, se aportan las plantas y secciones del edificio a nivel de proyecto básico.

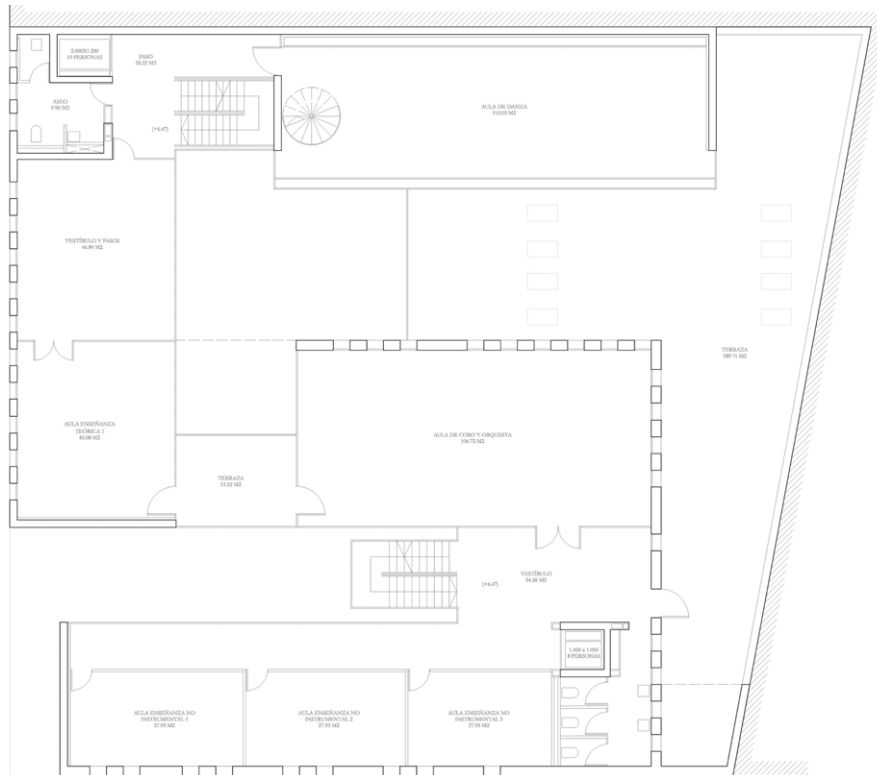
Planta sótano



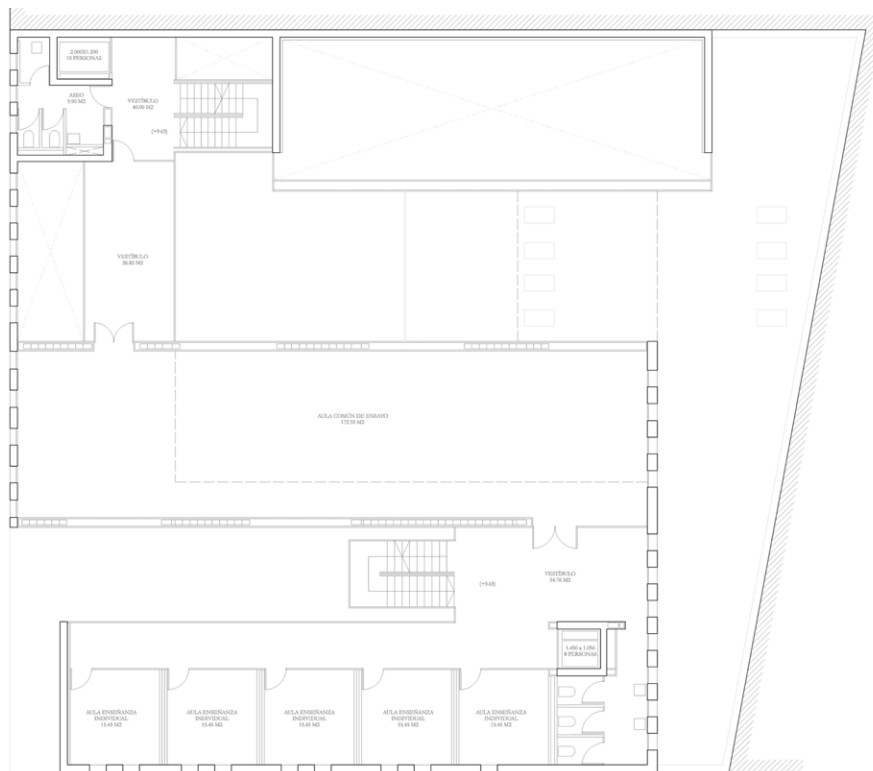
Planta baja



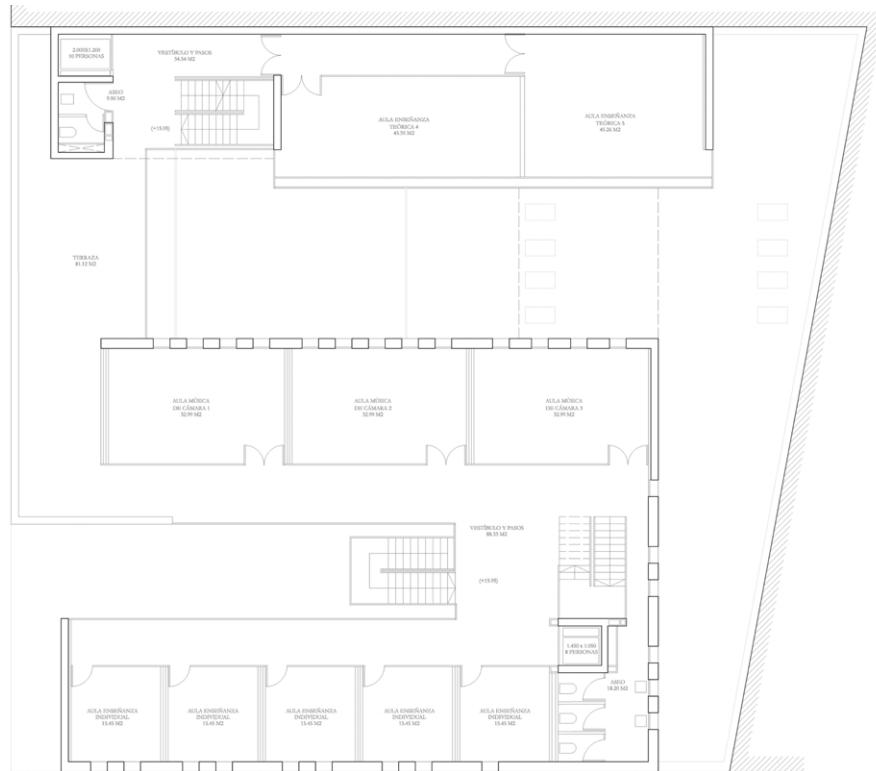
Planta entreplanta



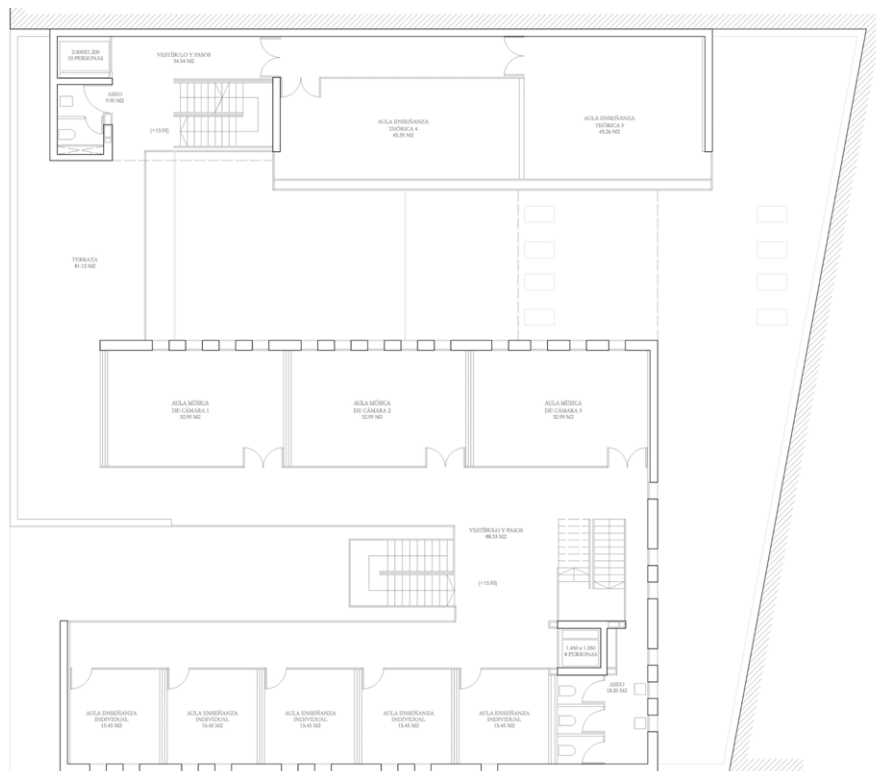
Planta primera



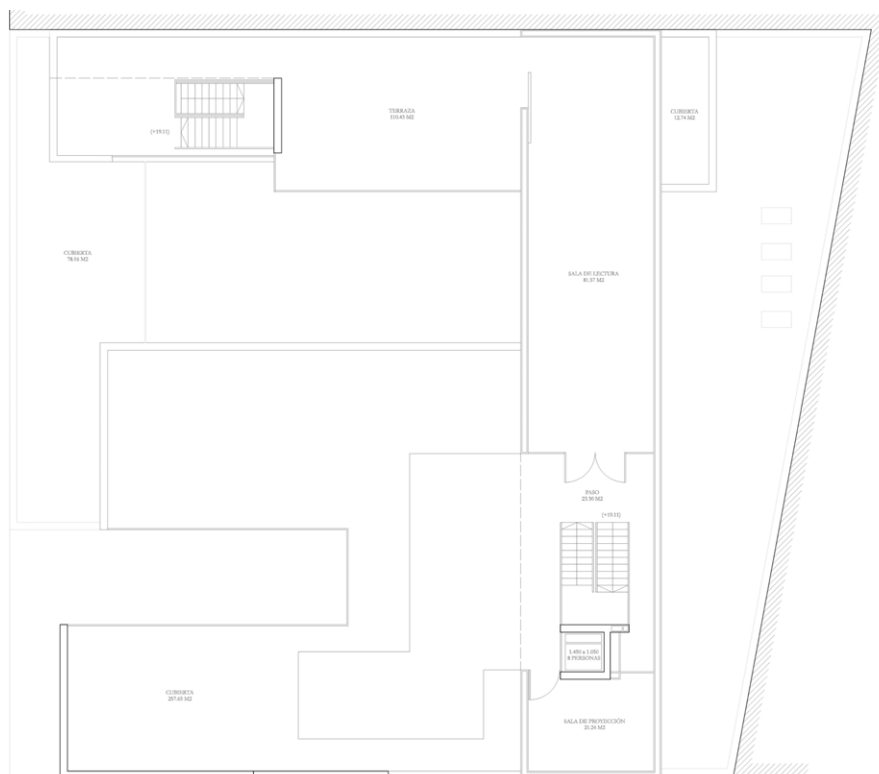
Planta segunda



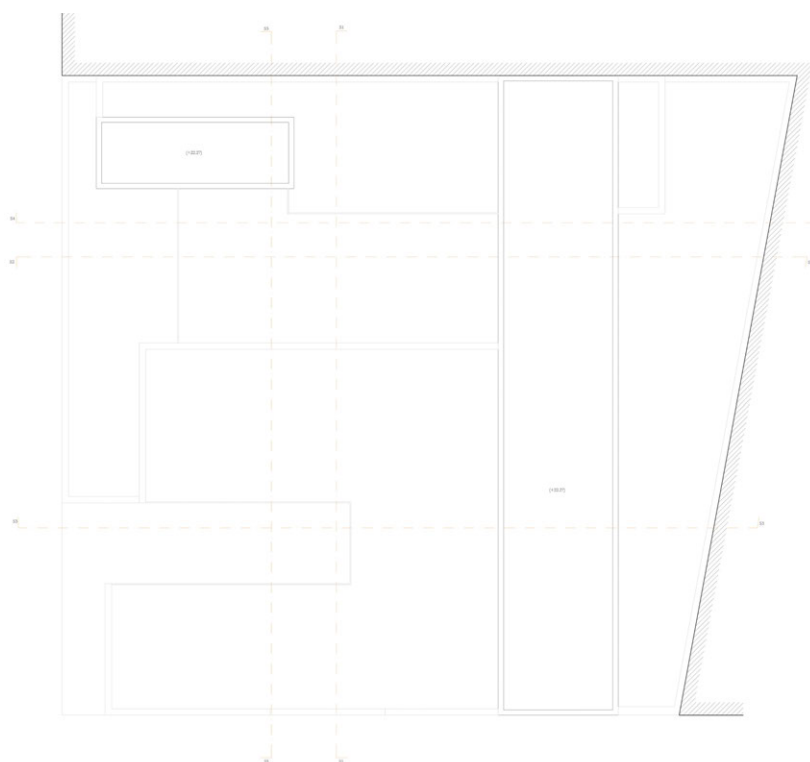
Planta tercera



Planta cuarta



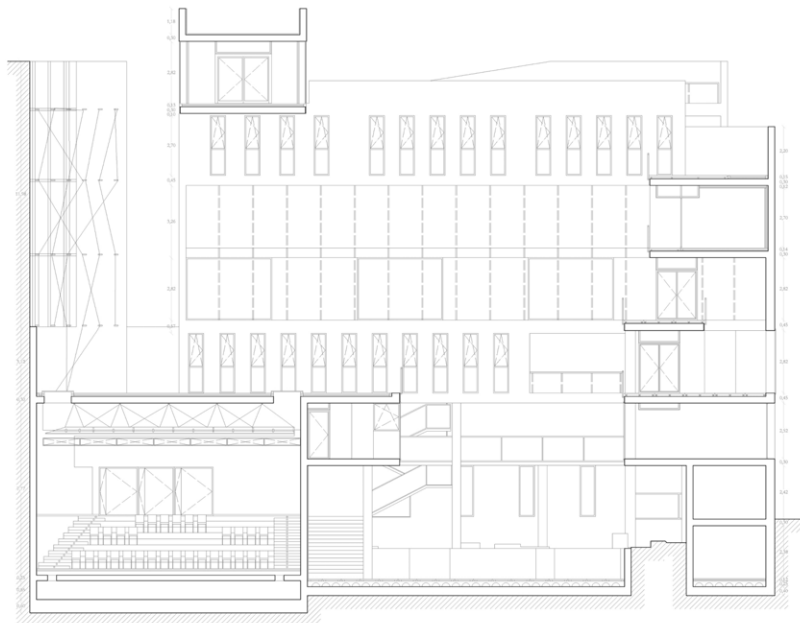
Planta quinta



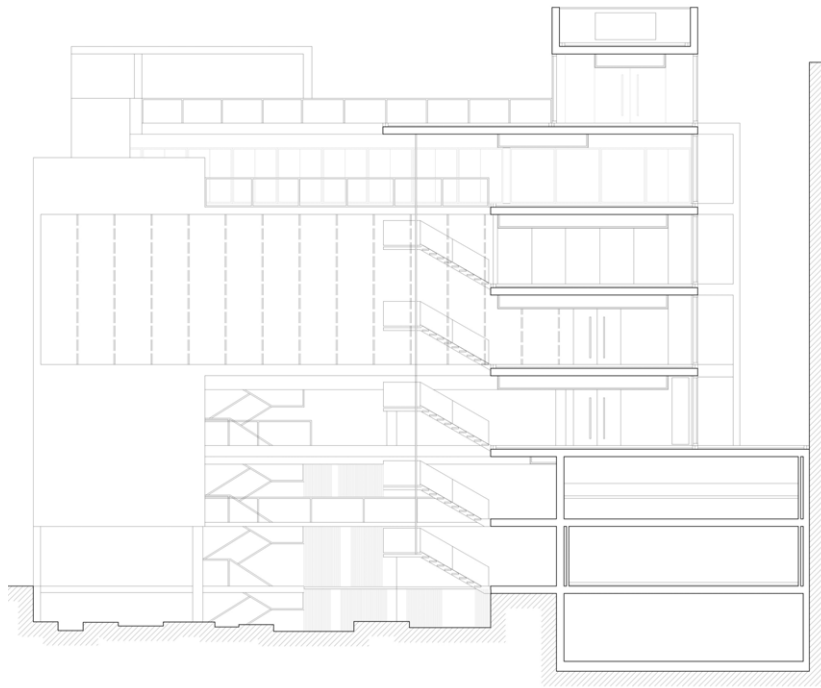
Planta cubierta



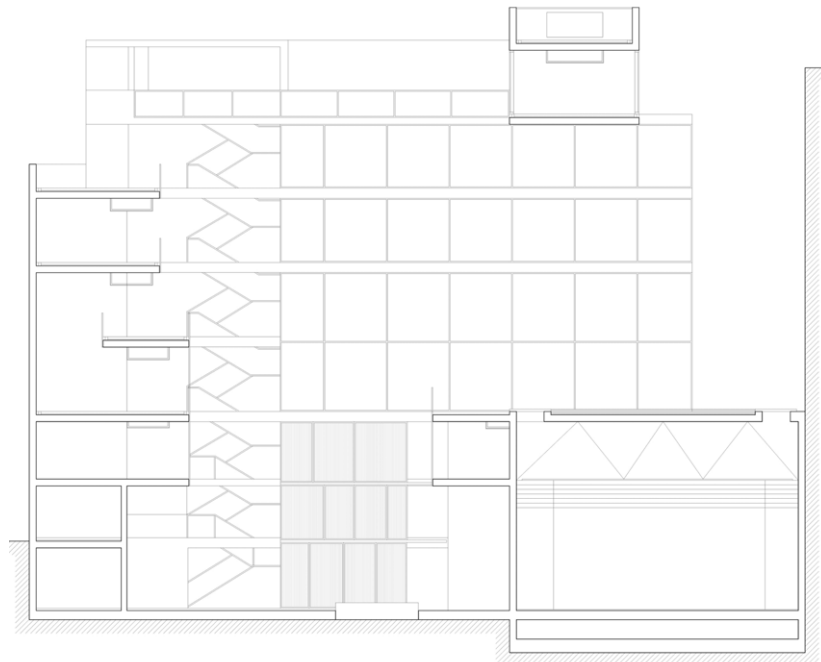
Sección 1



Sección 2



Sección 3



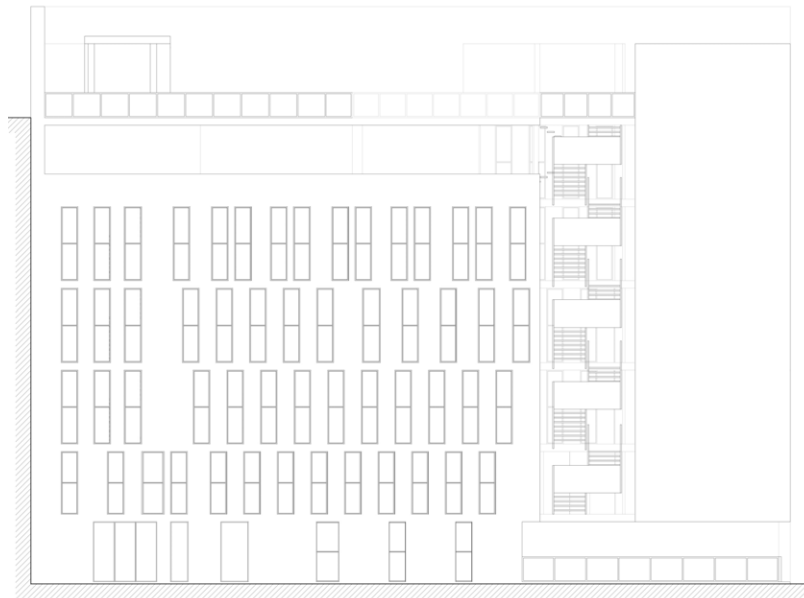
Sección 4



Sección 5



Alzado 1



Alzado 2

1.8. Estrategias de diseño

Las estrategias de diseño irán encaminadas en primer lugar en intentar disminuir el peso propio de la estructura. Al estar diseñada la estructura horizontal del edificio con losas armadas macizas la repercusión del peso propio es muy importante sobre el total de las acciones a resistir. Es por ello que se planteará, dada la posible unidireccionalidad de los módulos superiores, encajar una estructura mixta con dos órdenes de vigas.

A su vez, el empleo de la estructura metálica no es causal, ya que otra estrategia de diseño es intentar disminuir el número de soportes que se localizan en la zona del yacimiento arqueológico. Gracias al empleo de la estructura metálica podemos irnos a luces de 8 metros para situar los soportes.

La decisión de cambiar la estructura íntegra de hormigón por una estructura metálica tiene una clara repercusión visual, ya que a priori va a cambiar el aspecto del edificio. Es por ello que se decide utilizar el empleo de una envolvente a base de paneles GRC para intentar conservar en cierta medida el aspecto original, y al mismo tiempo, disminuir el peso del cerramiento.

2. BASES DEL PROYECTO

2.1. Normativa considerada

La normativa que se debe considerar para el desarrollo de este proyecto será la propia del marco español (CTE, EHE, EAE) así como las propias del ámbito europeo. Concretamente, podríamos señalar como normativa base para el desarrollo de este proyecto:

Normativa Española

- CTE DB-SE - Seguridad Estructural
- CTE DB-SE-A – Seguridad Estructural. Acero
- CTE DB SE-AE - Seguridad Estructural. Acciones en la edificación
- CTE DB SE-C - Seguridad Estructural. Cimientos
- CTE DB SI - Seguridad en caso de incendio
- EHE – Instrucción de Hormigón Estructural
- EAE – Instrucción de Acero Estructural
- Guía de cimentaciones en obras de carretera
- Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera

Normativa Europea

- Eurocódigo 0 - Bases de cálculo de estructuras
- Eurocódigo 1 - Acciones en estructuras
- Eurocódigo 2 - Proyecto de estructuras de hormigón
- Eurocódigo 3 - Proyecto de estructuras de acero
- Eurocódigo 4 – Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón

2.2. Cargas gravitatorias

Para el análisis de las cargas a considerar en el dimensionado de la estructura se ha seguido la normativa vigente en España (CTE-DB-SE-AE), empleando principalmente la Tabla C.3 y la Tabla C.5.

Las acciones se introducen a través de las vigas por reparto de área tributaria simple. Al proyectarse la mayoría de las vigas como biarticuladas el reparto de solicitaciones por hiperestatismo en función de la rigidez no se produce y el modelo es válido.

En el peso propio del forjado se distinguen dos conceptos: por un lado, el conjunto chapa + losa de hormigón, y por otro, la estructura metálica (vigas y correas). En las siguientes tablas se indica el peso de la chapa colaborante ($3,08 \text{ kN/m}^2$), sin embargo, se desarrolla la obtención de este dato en el apartado de estructura horizontal.

Se considera un peso conjunto de solados, acabados y falsos techos de $1,5 \text{ kN/m}^2$ donde además se incluye el peso de la protección ignífuga de la estructura y el peso de las instalaciones.

En general no se considera el peso de la posible tabiquería ligera que pudiera aparecer en las salas más amplias. Sí que se considera el peso de la tabiquería (1 kN/m^2) en los despachos, aulas y cabinas.

En el paquete de cubierta se tiene en cuenta el hormigón de pendiente, el mortero de regularización, roofmate, plots y material de acabado, así como el peso del falso techo, material ignífugo y las instalaciones.

El peso propio de la escalera y su sobrecarga de uso, en el caso de la escalera A (noroeste), se considera que carga la mitad sobre el forjado de la planta inferior y la mitad sobre el núcleo arriostrante. En el caso de la escalera B, se considera que la mitad de su superficie carga sobre el forjado inferior y la otra mitad sobre el forjado de cubierta por medio de tirantes.

Respecto a la carga que producen los ascensores, se considera una carga de 20 kN/m^2 sobre el forjado de cubierta correspondiente.

La sobrecarga de nieve se obtiene de la tabla 3.8 del CTE-DB-SE-AE, considerando que el edificio se encuentra en la provincia de Palma de Mallorca y una altitud cercana a la costa, se obtiene una $S_k = 0,2 \text{ kN/m}^2$.

En aquellas cubiertas accesibles solo para mantenimiento no se consideran simultáneamente esta sobrecarga y la sobrecarga de nieve (se escoge el peor valor resultante).

En aquellas cubiertas accesibles al público se considera la sobrecarga de uso de los espacios que dan directamente a la cubierta.

En función de las cargas consideradas en cada caso, se obtienen las siguientes configuraciones de cargas permanentes y cargas mayoradas superficiales (kN/m^2) para el dimensionado de la estructura.



Planta Sótano (-2,90 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Pasos / Almacenes / Aseos			
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
A2. Almacenes y trasteros	1,50	3,00	4,50
Total	1,43	4,50	6,53
Jardín interior / Porche / Auditorio			
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
C3. Zonas sin obstáculos	1,50	5,00	7,50
Total	1,43	6,50	9,53

Planta Baja (+0,15 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Hall entrada			
Losa de hormigón (35 cm)	1,35	8,75	11,82
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
C3. Zonas sin obstáculos	1,50	5,00	7,50
Total	1,40	15,25	21,35
Vestuarios / Gabinete médico / Pasos / Almacenes			
Losa de hormigón (35 cm)	1,35	8,75	11,82
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
Tabiquería ligera	1,35	1,00	1,35
C1. Zonas con mesas y sillas	1,50	3,00	4,50
Total	1,39	14,25	19,7

Planta Entreplanta (+3,31 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Exposiciones / Sala de profesores / Vestíbulo			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
C3. Zonas sin obstáculos	1,50	5,00	7,50
Total	1,39	10,58	15,03
Despachos / Reprografía / Vestuarios			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
Tabiquería ligera	1,35	1,00	1,35
C1. Zonas con mesas y sillas	1,50	3,00	4,50
Total	1,38	9,58	13,38



Planta Primera (+6,47 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Aulas de enseñanza no instrumental			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
Tabiquería ligera	1,35	1,00	1,35
C1. Zonas con mesas y sillas	1,50	3,00	4,50
Total	1,38	9,58	13,38
Resto de aulas			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
C3. Zonas sin obstáculos	1,50	5,00	7,50
Total	1,39	10,58	15,03
Terraza			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Formación de cubierta	1,35	2,50	3,38
F1. Cubierta accesible de uso público	1,50	5,00	7,50
Nieve	1,50	0,20	0,30
Total	1,41	11,78	16,68
Cubierta no transitable			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Formación de cubierta	1,35	2,50	3,38
G1. Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1,50	1,00	1,50
Nieve	1,50	0,20	0,30
Total	1,41	7,78	10,65

Planta Segunda (+9,68 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Aulas de enseñanza individual			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
Tabiquería ligera	1,35	1,00	1,35
C1. Zonas con mesas y sillas	1,50	3,00	4,50
Total	1,38	9,58	13,38
Aula común de ensayo / Vestíbulos			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
C3. Zonas sin obstáculos	1,50	5,00	7,50
Total	1,39	10,58	15,03

Planta Tercera (+12,79 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Aulas de enseñanza / Cabinas de estudio			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
Tabiquería ligera	1,35	1,00	1,35
C1. Zonas con mesas y sillas	1,50	3,00	4,50
Total	1,38	9,58	13,38
Resto de aulas / Vestíbulos			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
C3. Zonas sin obstáculos	1,50	5,00	7,50
Total	1,39	10,58	15,03

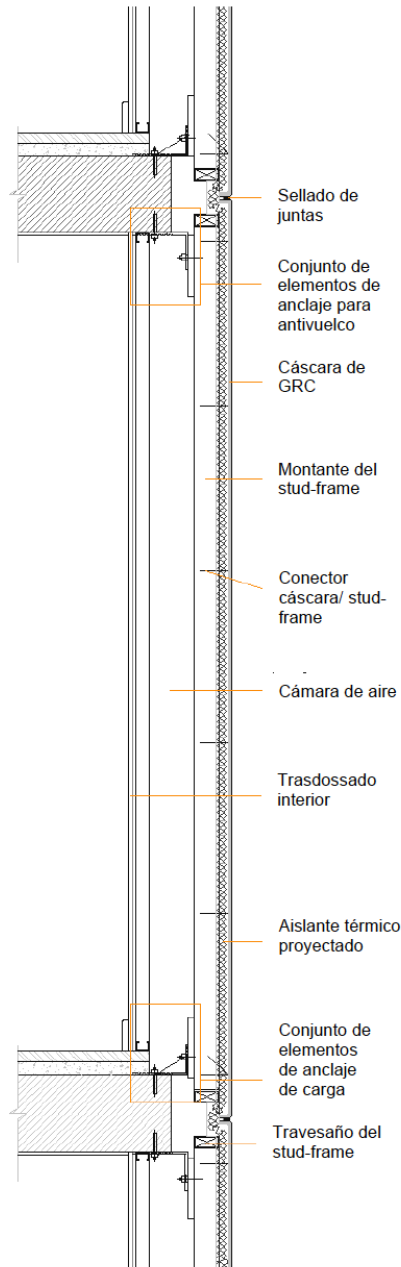
Planta Cuarta (+15,95 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Aulas enseñanza individual / Aulas música de cámara			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
Tabiquería ligera	1,35	1,00	1,35
C1. Zonas con mesas y sillas	1,50	3,00	4,50
Total	1,38	9,58	13,38
Resto de aulas / Vestíbulos			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
C3. Zonas sin obstáculos	1,50	5,00	7,50
Total	1,39	10,58	15,03
Terraza			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Formación de cubierta	1,35	2,50	3,38
F1. Cubierta accesible de uso público	1,50	5,00	7,50
Nieve	1,50	0,20	0,30
Total	1,41	11,78	16,68

Planta Quinta (+19,11 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Salas / Terraza			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Solados, acabados y falsos techos	1,35	1,50	2,03
C3. Zonas sin obstáculos	1,50	5,00	7,50
Total	1,39	10,58	15,03
Cubierta no transitable			
Acción	γ	Qk (kN/m ²)	Qd (kN/m ²)
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Formación de cubierta	1,35	2,50	3,38
G1. Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1,50	1,00	1,50
Nieve	1,50	0,20	0,30
Total	1,41	7,78	10,68

Planta Cubierta (+22,27 m)			
Acción	γ	Gk o Qk	Gd o Qd
Cubierta no transitable			
Chapa colaborante EUROCOL60	1,35	3,08	4,16
Peso propio estructura metálica	1,35	1,00	1,35
Formación pendiente y acabado exterior	1,35	2,50	3,38
G1. Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1,50	1,00	1,50
Nieve	1,50	0,20	0,30
Total	1,41	7,78	10,68

Definidas las cargas superficiales de características y de cálculo por niveles, se definen las cargas lineales a tener en cuenta según la viga considerada.

Dado que el proyecto original está realizado íntegramente en hormigón, el edificio tiene muy masiva. Se quiere conseguir el mismo acabado exterior empleando una estructura de acero, para ello se proyecta una solución de fachada a base de GRC stud-frame (65 kg/m²). Con todo ello se consideran las siguientes cargas lineales.



Detalle de fachada con GRC stud-frame de Planas Ark

Para determinar la carga lineal del cerramiento de vidrio se emplea la Tabla C.2 del CTE-DB-SE-AE (vidrio armado 6 mm espesor). Para el muro cortina del volumen del aula de danza se emplea un peso de $0,75 \text{ kN/m}^2$.

Cargas lineales			
Acción	γ	Gk	Gd
Fachada GRC stud-frame (3 m altura)	1,35	1,95	2,63
Peto de cubierta (1,5 m altura)	1,35	0,98	1,32
Muro cortina (3 m altura)	1,35	2,25	3,04
Cerramiento de vidrio (3 metros altura)	1,35	1,05	1,42

Si se comparan las cargas lineales definidas en la tabla superior con las plantas del proyecto se observa que no existen tramos continuos en los que aplicar de manera directa las cargas descritas. Es por ello que se deberá combinar convenientemente las cargas descritas para cada paño de fachada analizado.

Adicionalmente a las cargas anteriores se tendrán en cuenta sobrecargas lineales en voladizos, barandillas y tabiquerías interiores tal como indica el CTE-DB-SE-AE en su apartado 3.2 y la Tabla 3.3.

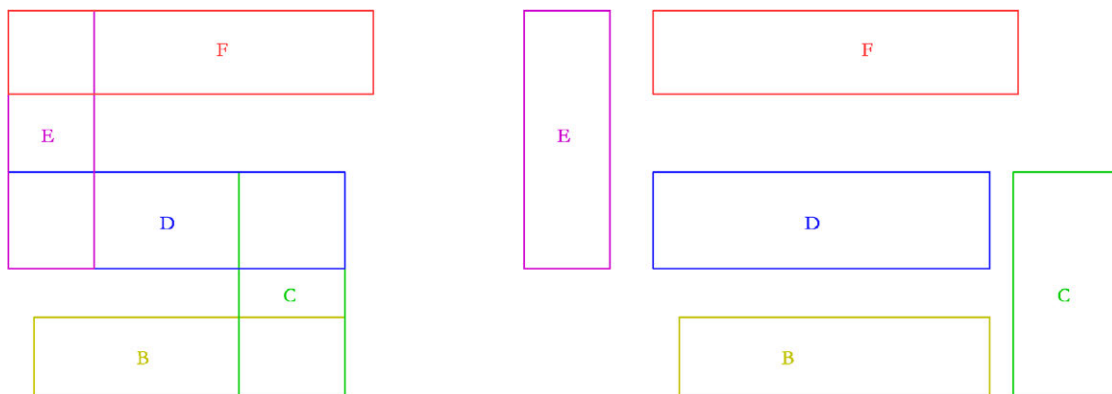
Cargas lineales			
Acción	γ	Q_k	Q_d
Voladizos	1,50	2,00	3,00
Barandillas y tabiquería (categoría uso C3)	1,50	1,60	2,40
Barandillas y tabiquería (resto de zonas de uso)	1,50	0,80	1,20

2.3. Carga de viento

Para poder determinar la acción el viento sobre el edificio es necesario acudir al CTE-DB-SE-AE. Este documento nos permite calcular la presión estática (q_e) como resultado de la presión dinámica del viento (q_b) la cual se ve afectada por el coeficiente de exposición (c_e) y por el coeficiente de eólico o de presión (c_p).

En un edificio con una geometría más simple (un rectángulo) en el que la sección es constante en toda su altura basta con realizar este procedimiento una sola vez (se obtendrían la presión estática a lo largo de toda la altura). Sin embargo, como se puede observar en las plantas y las secciones, el edificio cambia a medida que va creciendo en altura.

Para poder cuantificar la acción del viento sobre las distintas fachadas (tanto de presión como de succión) se ha simplificado la forma del edificio, definiendo una serie de volúmenes que son representativos del conjunto.



Una vez se ha simplificado la forma del edificio, se realiza el cálculo de la presión estática tal y como nos indica el código técnico para cada uno de los volúmenes mostrados en la imagen superior. A continuación, se muestra el proceso de cálculo del volumen B aplicando una hoja de cálculo.

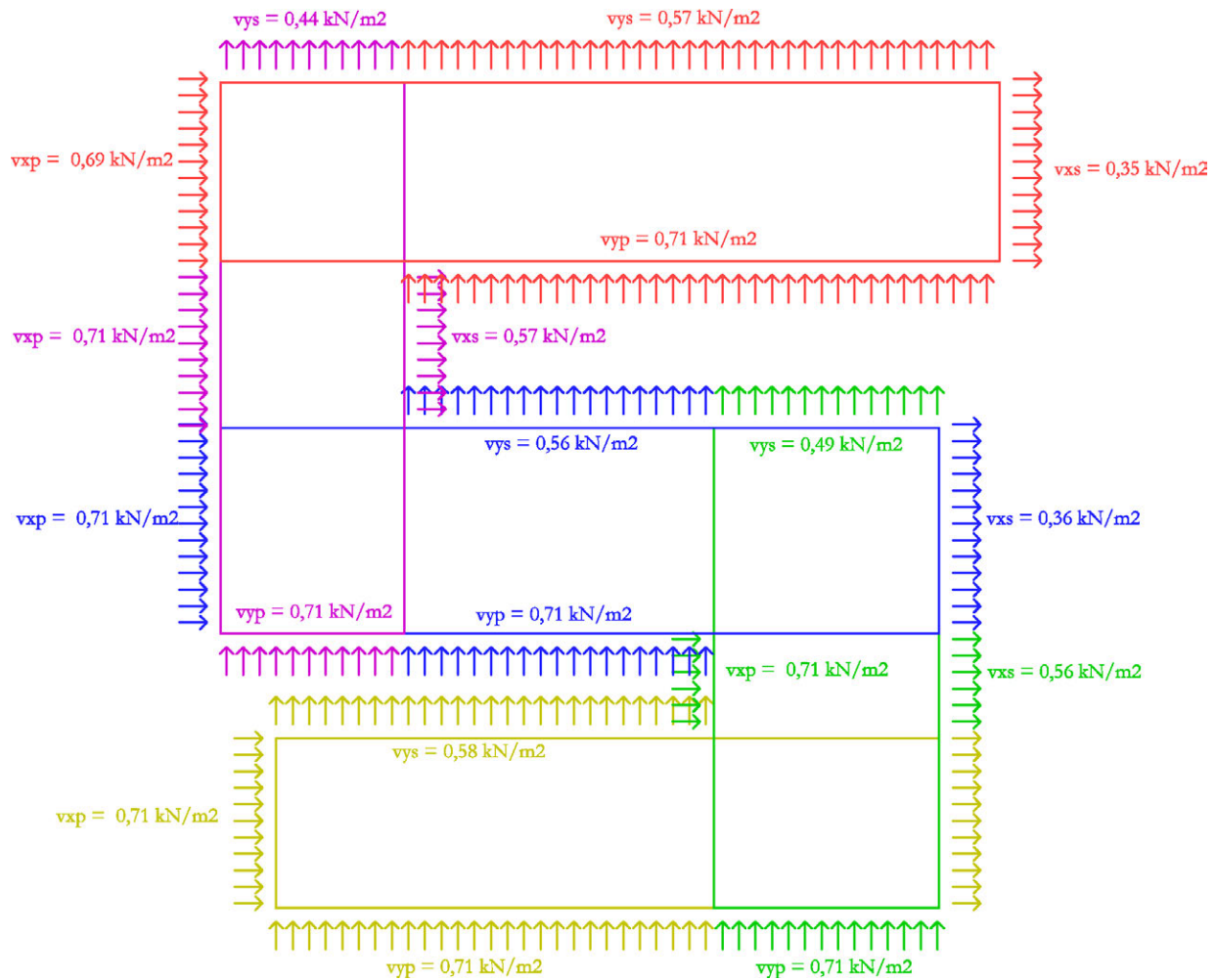
Dado que el edificio se sitúa en Ibiza, la zona a considerar en la Figura D.1 es la C, para la cual se establece una $q_b = 0.52 \text{ kN/m}^2$. En función de la altura del volumen y de sus dimensiones en planta se establece la esbeltez según el plano analizado.

En referencia al c_s , el edificio se encuentra inmerso en la trama urbana de la ciudad de Ibiza, por lo que se ha considerado grado de aspereza IV (Zona urbana en general). En función de la altura de cada forjado considerado se obtienen los diversos coeficientes de exposición.

Para coeficiente eólico la norma diferencia entre presión (c_p) y succión (c_s), los cuales se obtienen en función de la esbeltez a considerar. Con todo ello, concluimos con las siguientes sobrecargas de viento por forjado y dirección:

CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VIENTO [Volumen B]							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Emplazamiento geográfico		Zona C		Ancho en dirección Y	by	6,17	m
Coefficiente de presión dinámica del viento	qb	0,52	kN/m2	Esbeltez en X	ex	0,83	
Altura total del volumen	h	19,96	m	Esbeltez en Y	ey	3,24	
Ancho en dirección X	bx	24,06	m				
COTA DE LOS FORJADOS							
Forjado 1	f1	3,16	m	Forjado 4	f4	12,64	m
Forjado 2	f2	6,32	m	Forjado 5	f5	15,80	m
Forjado 3	f3	9,48	m	Forjado 6	f6	18,96	m
COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN (Ce)							
Zona urbana en general, industrial o forestal		IV					
Forjado 1	Ce1	1,31		Forjado 4	Ce4	1,94	
Forjado 2	Ce2	1,43		Forjado 5	Ce5	2,13	
Forjado 3	Ce3	1,73		Forjado 6	Ce6	2,23	
COEFICIENTES EÓLICO (Cp y Cs)							
Dirección X	Cp	Cs	Cp+Cs	Dirección Y	Cp	Cs	Cp+Cs
	0,80	-0,43	1,23		0,80	-0,65	1,45
PRESIÓN DE VIENTO POR FORJADOS							
	Presión	Succión	Total		Presión	Succión	Total
	kN/m2	kN/m2	kN/m2		kN/m2	kN/m2	kN/m2
Forjado 1 - X	0,54	-0,29	0,84	Forjado 4 - X	0,81	-0,44	1,24
Forjado 1 - Y	0,54	-0,44	0,99	Forjado 4 - Y	0,81	-0,66	1,47
Forjado 2 - X	0,60	-0,32	0,92	Forjado 5 - X	0,88	-0,48	1,36
Forjado 2 - Y	0,60	-0,49	1,08	Forjado 5 - Y	0,88	-0,72	1,61
Forjado 3 - X	0,72	-0,39	1,11	Forjado 6 - X	0,93	-0,50	1,43
Forjado 3 - Y	0,72	-0,59	1,31	Forjado 6 - Y	0,93	-0,76	1,69

Una vez se determinen todas las presiones y succiones se irán combinando en planta en función de la forma real de la sección considerada (se tiene en consideración la esbeltez real del tramo de fachada analizado).



De esta forma se consigue asimilar el comportamiento de la acción del viento sobre el edificio. Sin embargo, la combinación de presiones y succiones que se obtiene daría como lugar una hipótesis muy pésima, ya que parece comprensible que sobre una fachada interior no se produzca una presión de viento similar a una exterior.

Esta idea viene expresada en el Eurocódigo 1 Parte 1-4 (Acciones de viento) en el apartado “7.4.2 Factores de abrigo para muros y vallas”. De manera sencilla, el Eurocódigo nos proporciona una tabla en la que entrando con la separación entre dos fachadas podemos hallar el coeficiente de abrigo Ψ_s . Dicho coeficiente nos indica que porcentaje es el que se debe considerar de la presión previamente calculada. A su vez la curva se puede modificar en función de la relación de solidez entre ambas fachadas. En nuestro caso consideramos que ambos elementos son idénticos (valor igual a 1).

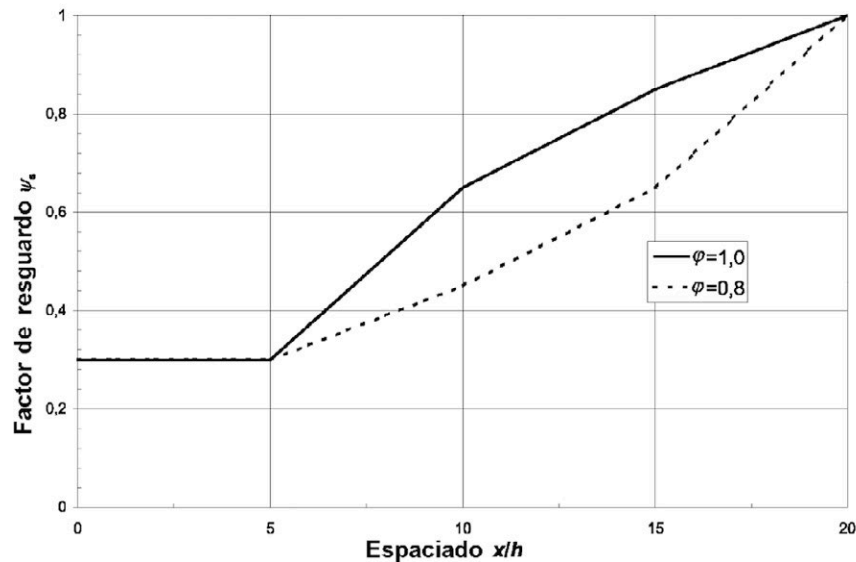
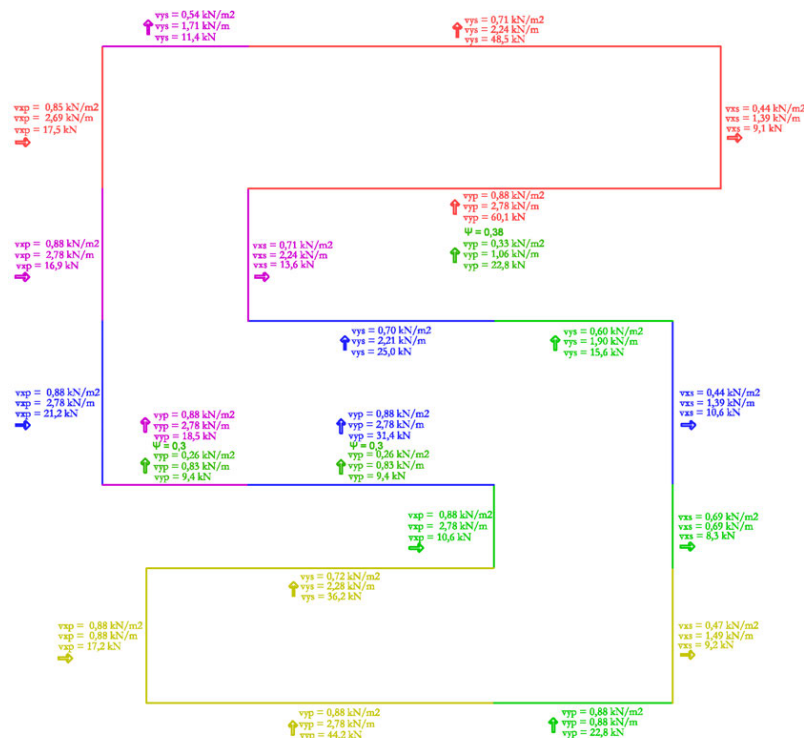


Fig. 7.20 – Coeficiente de abrigo ψ_s para muros y vallas para valores de la relación de solidez ϕ entre 0,8 y 1,0

Una vez corregidas las presiones en las fachadas interiores, seleccionamos las presiones y se multiplican por el área de fachada de la planta analizada para ir obteniendo los axiles concentrados por planta (de succión o presión por planta). La idea de calcular toda la sobrecarga de un paño como un axil nos va a servir para realizar el dimensionado de los núcleos arriostrantes. Sin embargo, se irán calculando al mismo tiempo las sobrecargas lineales a aplicar en los cantos de los forjados, ya que será de esta manera como se modelizará el efecto del viento en el programa SAP2000.



La imagen superior muestra el cálculo realizado para la situación de viento en sentido positivo para el forjado de planta cuarta. Se pueden comprobar todos los cálculos realizados en el Anejo II.1 Combinación de las presiones de viento sobre el modelo real.

A modo de resumen, se han ordenado todos los resultados obtenidos en la tabla que se adjunta a continuación y que será de gran utilidad a la hora de dimensionar los núcleos arriostrantes.

Planta	Sentido positivo						Sentido negativo					
	Presión	Succión	Total	Presión	Succión	Total	Presión	Succión	Total	Presión	Succión	Total
	X kN	X kN	X kN	Y kN	Y kN	Y kN	X kN	X kN	X kN	Y kN	Y kN	Y kN
Entreplanta	8,5	15,9		23,7	22,1		45,3	5,7		11,4	19,2	
	19,4	24,1		19,4	12,7		15,6	3,1		23,6	7,0	
	6,4			3,4	2,9		11,7	7,9		20,9	12,7	
	5,7		101,1	5,8	7,0	138,6		1,1	113,8	2,1	22,1	144,9
	10,6			11,1	19,2			3,2		11,1	6,6	
	1,6			2,4	8,9			15,9		8,2		
	8,9							4,3				
Primera	7,4	14,9		23,8	19,2		40,7	3,7		10,0	4,7	
	11,4	21,4		14,6	11,0		3,6	9,2		13,9	6,4	
	11,2			3,0	6,2		0,7	5,6		24,6	6,2	
	5,0		86,0	5,1	11,2	112,6		0,9	76,3	2,9	13,4	116,8
	9,3			4,9	10,6			4,2		2,0	19,2	
	0,6			3,0				2,7		7,2	6,3	
	4,8							5,0				
Segunda	14,2	7,2		35,6	29,1		14,2	7,2		14,9	38,9	
	13,6	10,9		18,3	19,9		13,6	10,9		48,5	9,3	
	16,9	8,5	107,7	4,5	12,7	194,3	16,9	8,5	107,7	9,6	19,9	200,6
	8,5	6,7		7,6	9,3		8,5	6,7		7,0	29,1	
	13,8	7,4		18,4	38,9		13,8	7,4		10,7	12,7	
Tercera	15,8	8,3		40,2	32,7		15,8	8,3		16,9	44,4	
	15,4	12,3		20,7	22,5		15,4	12,3		54,6	10,3	
	19,0	9,5	121,3	5,1	14,3	219,5	19,0	9,5	121,3	8,6	22,5	224,3
	9,6	7,6		8,6	10,3		9,6	7,6		7,9	32,7	
	15,6	8,2		20,7	44,4		15,6	8,2		12,1	14,3	
Cuarta	17,5	9,1		44,2	36,2		17,5	9,1		18,5	48,5	
	16,9	13,6		22,8	25,0		16,9	13,6		60,1	11,4	
	21,2	10,6	134,2	9,4	15,6	245,3	21,2	10,6	134,2	11,9	25,0	249,2
	10,6	8,3		9,4	11,4		10,6	8,3		8,7	36,2	
	17,2	9,2		22,8	48,5		17,2	9,2		13,3	15,6	
Quinta	24,4	9,5		60,9	49,6		24,4	9,5		26,1	67,4	
	23,2	18,7		31,4	34,4		23,2	18,7		82,7	16,2	
	28,7	14,4	181,4	7,8	21,5	333,6	28,7	14,4	181,4	16,5	34,4	344,6
	14,6	11,6		13,0	16,2		14,6	11,6		11,9	49,6	
	23,7	12,6		31,4	67,4		23,7	12,6		18,3	21,5	
Cubierta	75,0	63,6	138,6	14,1	7,1	21,2	75,0	63,6	138,6	14,1	7,1	21,2
Total	526,2	344,1	870,3	567,1	567,1	1265,1	533,0	340,3	873,3	610,8	690,8	1301,6

Los resultados mostrados en la tabla superior representan la carga que ejerce el viento sobre el edificio cuando actuando en ambas direcciones y ambos sentidos. Como vemos los resultados son prácticamente idénticos, encontrando mínimas diferencias en la zona baja del edificio (donde no existe simetría). Esta situación hace que sea más desfavorable los resultados obtenidos para el viento en sentido negativo. Se tomarán estos datos para dimensionar los núcleos arriostrantes.

2.4. Acción de sismo

La normativa de referencia en España para evaluar la acción del sismo sobre una estructura es la NCSE-02 y ésta define en su Capítulo I el ámbito de aplicación de la norma.

Según el artículo 1.2.2 Clasificación de las construcciones, nuestro edificio estaría considerado de importancia normal, ya que, en caso de sismo, no se trataría de un servicio imprescindible para la sociedad.

Clasificado el edificio, según el artículo 1.2.3. Criterios de aplicación de la Norma, la norma sismorresistente no es obligatoria en aquellas edificaciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,08g. Se verifica en el Anejo 1 que la aceleración sísmica básica que se tiene registrada para la zona de Ibiza es de 0,04g.

Sin embargo, si el edificio tiene más de siete plantas y su aceleración de cálculo a_c es igual o mayor a 0,08g la aplicación de la norma es obligatoria.

Nos encontramos en el caso particular de que nuestro edificio tiene 7 plantas construidas por encima de la rasante, por lo cual se procede a calcular la aceleración de cálculo según los procedimientos descritos en el Capítulo II artículo 2.2. Para realizar dicho cálculo se emplea el uso de una hoja Excel.

En este artículo se define la aceleración sísmica de cálculo, a_c , como $a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$, siendo S el coeficiente de amplificación del terreno, el cual se calcula de manera diferente en función de la aceleración básica, y ρ el coeficiente adimensional de riesgo, el cual es igual a 1,0 en el caso de construcciones de importancia normal.

Aunque se desarrollará más adelante, el terreno de la zona donde se posiciona el edificio podría ser clasificado como un tipo IV por ser un suelo cohesivo blando.

Clasificación del terreno. Coeficiente del terreno

Tipo de terreno	IV	
Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando		
Coeficiente del terreno	C	2,0

En este caso, como $\rho \cdot a_b$ es menor a 0,1g el coeficiente de amplificación del terreno se calculará como $C/1,25$.

Aceleración sísmica de cálculo

Aceleración sísmica de cálculo	ac	0,06	m/s ²
Aceleración sísmica básica	ab	0,04	m/s ²
Coeficiente adimensional de riesgo	ρ	1,0	
	Construcción de importancia normal		
Coeficiente de amplificación del terreno	S	1,60	

Por tanto, como la aceleración sísmica de cálculo no supera los 0,08g, no se aplicará la NCSE-02 a este proyecto de estructura siempre y cuando se consiga una estructura de pórticos bien arriostrados en ambas direcciones.

2.5. Acción térmica y acciones accidentales

En referencia a la acción térmica, se puede observar en la planta que el edificio no contiene elementos continuos de más de 40 metros de longitud (dimensión máxima de 30,5 m). En base a lo anterior, no se considerará la acción térmica.

En referencia a las acciones accidentales, ha quedado justificado en apartados anteriores que no se ha de considerar la acción accidental de sismo. Para tener en cuenta la acción accidental de incendio, será necesario evaluar la capacidad portante de la estructura en situación de incendio durante la fase del dimensionado.

No se considerarán otras acciones accidentales tales como impacto de vehículos al no preverse en el proyecto el tráfico rodado en el interior de la parcela.

2.6. Hipótesis y combinaciones de carga

Determinadas todas las cargas que actúan sobre la estructura debemos analizar la forma en la que se combinan según la situación que se esté valorando.

Las verificaciones a las que se debe someter la estructura se relacionan con su capacidad portante (ELU) y su aptitud al servicio (ELS). Durante el proceso de dimensionado de la estructura se han diferenciado dos etapas diferentes: por un lado, el dimensionado manual, para lo cual se ha tomado una combinación de cargas conservadora, y el cálculo automático con SAP2000, donde se han planteado una mayor amplitud de combinaciones.

En la fase del dimensionado manual solamente se verificará la capacidad portante de la estructura (ELU), mientras que será en la fase del cálculo automático con SAP2000 donde se verificará nuevamente la capacidad portante de la estructura (ELU) además de su aptitud al servicio (ELS), analizando en ambas una mayor combinación de acciones.

Inicialmente lo que debemos plantear son los coeficientes parciales de seguridad que se van a tomar y para ello acudimos a la Tabla 4.1 del CTE-DB-SE. Para las verificaciones en estado límite último tomaremos un $\gamma_G = 1,35$ para las cargas gravitatorias, y un $\gamma_Q = 1,50$ para las cargas variables.

Tipo de verificación	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		Desfavorable	Favorable
Resistencia	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	0,00
Estabilidad		Desestabilizadora	Estabilizadora
	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	0,00

Asimismo, debemos tener en cuenta los coeficientes de simultaneidad (Ψ) y para ello acudimos a la Tabla 4.2 del CTE-DB-SE. Estos coeficientes variarán en función de la acción y la situación que se está teniendo en cuenta.

Tipo de acción	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
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 aparcamiento de vehículos ligeros (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
Cubiertas transitables (Categoría F)	-	-	-
Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0,0	0,0	0,0
Nieve > 1000 m	0,7	0,5	0,2
Nieve ≤ 1000 m	0,5	0,2	0,0
Viento	0,6	0,5	0,0
Temperatura	0,6	0,5	0,0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

El CTE-DB-SE nos indica tres tipos de combinaciones de acciones que debemos realizar para la comprobación de la capacidad portante (ELU):

$$\text{Situación persistente o transitoria} \rightarrow \sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\text{Situación extraordinaria} \rightarrow \sum \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

$$\text{Situación accidental sísmica} \rightarrow \sum G_{k,j} + P + A_d + \sum \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Durante la fase del dimensionado manual solo se ha considerado la situación persistente o transitoria. Se toma como combinación más conservadora la hipótesis de $1,35 \cdot G_{k,j} + \Sigma 1,5 \cdot Q_{k,i}$, sin aplicar coeficientes de simultaneidad a las segundas acciones variable actuantes.

En todos los casos analizados lo determinante es la combinación de carga gravitatoria y sobrecarga de uso, ya que la sobrecarga de nieve es muy baja ($0,2 \text{ kN/m}^2$) y el viento no se tiene en cuenta en el dimensionado de elementos horizontales, ni verticales (se aplicará toda la carga de viento sobre los núcleos arriostrantes).

Durante la fase de dimensionado automático (SAP2000) se ha considerado tanto la situación persistente como la situación extraordinaria. La situación accidental sísmica no es necesario considerarla en base a lo comprobado en el apartado de acción sísmica.

Se presenta en este cuadro resumen las combinaciones consideradas en el cálculo automático para las situaciones antes citadas.

Situación persistente o transitoria $\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$		
$G_d + Q_{dp}$	$G_d + Q_{dp} + N_{d0}$	$G_d + Q_{d0} + V_{xdp} + N_{d0}$
$G_d + V_{xdp}$	$G_d + Q_{d0} + V_{xdp}$	$G_d + Q_{d0} + V_{ydp} + N_{d0}$
$G_d + V_{ydp}$	$G_d + Q_{d0} + V_{ydp}$	$G_d + Q_{d0} - V_{xdp} + N_{d0}$
$G_d - V_{xdp}$	$G_d + Q_{d0} - V_{xdp}$	$G_d + Q_{d0} - V_{ydp} + N_{d0}$
$G_d - V_{ydp}$	$G_d + Q_{d0} - V_{ydp}$	$G_d + Q_{d0} + V_{xd0} + N_{dp}$
$G_d + N_{dp}$	$G_d + Q_{d0} + N_{dp}$	$G_d + Q_{d0} + V_{yd0} + N_{dp}$
$G_d + Q_{dp} + V_{xd0}$	$G_d + Q_{dp} + V_{xd0} + N_{d0}$	$G_d + Q_{d0} - V_{xd0} + N_{dp}$
$G_d + Q_{dp} + V_{yd0}$	$G_d + Q_{dp} + V_{yd0} + N_{d0}$	$G_d + Q_{d0} - V_{yd0} + N_{dp}$
$G_d + Q_{dp} - V_{xd0}$	$G_d + Q_{dp} - V_{xd0} + N_{d0}$	Envolvente ELU (Persistente)
$G_d + Q_{dp} - V_{yd0}$	$G_d + Q_{dp} - V_{yd0} + N_{d0}$	

Nota: El subíndice d hace referencia a acción de cálculo (mayorada). El subíndice p hace referencia a la acción principal, mientras que el subíndice 0,1,2 hace relación al coeficiente de simultaneidad incorporado en la acción.

Con respecto a la verificación de la aptitud al servicio (ELS), el CTE-DB-SE nos indica otros tres tipos de combinaciones de acciones que debemos realizar:

Situación característica $\rightarrow \Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$

Situación frecuente $\rightarrow \Sigma G_{k,j} + P + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

Situación casi permanente $\rightarrow \Sigma G_{k,j} + P + \Sigma \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

A diferencia de las comprobaciones en ELU, las verificaciones en servicio se han realizado íntegramente mediante el cálculo automático. A continuación, se adjunta un cuadro resumen con todas las combinaciones a verificar mediante el programa SAP2000.

Situación característica $\Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$		
$G_k + Q_{kp}$ $G_k + V_{xkp}$ $G_k + V_{ykp}$ $G_k - V_{xkp}$ $G_k - V_{ykp}$ $G_k + N_{kp}$ $G_k + Q_{kp} + V_{xk0}$ $G_k + Q_{kp} + V_{yk0}$ $G_k + Q_{kp} - V_{xk0}$ $G_k + Q_{kp} - V_{yk0}$	$G_k + Q_{kp} + N_{k0}$ $G_k + Q_{k0} + V_{xkp}$ $G_k + Q_{k0} + V_{ykp}$ $G_k + Q_{k0} - V_{xkp}$ $G_k + Q_{k0} - V_{ykp}$ $G_k + Q_{k0} + N_{kp}$ $G_k + Q_{kp} + V_{xk0} + N_{k0}$ $G_k + Q_{kp} + V_{yk0} + N_{k0}$ $G_k + Q_{kp} - V_{xk0} + N_{k0}$ $G_k + Q_{kp} - V_{yk0} + N_{k0}$	$G_k + Q_{k0} + V_{xkp} + N_{k0}$ $G_k + Q_{k0} + V_{ykp} + N_{k0}$ $G_k + Q_{k0} - V_{xkp} + N_{k0}$ $G_k + Q_{k0} - V_{ykp} + N_{k0}$ $G_k + Q_{k0} + V_{xk0} + N_{kp}$ $G_k + Q_{k0} + V_{yk0} + N_{kp}$ $G_k + Q_{k0} - V_{xk0} + N_{kp}$ $G_k + Q_{k0} - V_{yk0} + N_{kp}$ Envolvente ELS (Característica)
Situación frecuente $\Sigma G_{k,j} + P + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$		
$G_k + Q_{k1}$ $G_k + V_{xk1}$ $G_k + V_{yk1}$ $G_k - V_{xk1}$	$G_k - V_{yk1}$ $G_k + N_{k1}$ $G_k + V_{xk1} + Q_{k2}$ $G_k + V_{yk1} + Q_{k2}$	$G_k - V_{xk1} + Q_{k2}$ $G_k - V_{yk1} + Q_{k2}$ $G_k + N_{k1} + Q_{k2}$ Envolvente ELS (Frecuente)
Situación casi permanente $\Sigma G_{k,j} + P + \Sigma \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$		
$G_k + Q_{k2}$	Envolvente ELS (Casi permanente)	

Nota: El subíndice k hace referencia a acción característica (sin mayorar). El subíndice p hace referencia a la acción principal, mientras que el subíndice 0,1,2 hace relación al coeficiente de simultaneidad incorporado en la acción.

2.7. Limitaciones de deformación

En lo referente a las deformaciones límites de la estructura, nos vamos a guiar por lo que indica el CTE-DB-SE en su apartado 4. En este apartado, el código nos establece limitaciones para deformaciones verticales (elementos de forjados, vigas), deformaciones horizontales (desplome del edificio) y limitaciones de frecuencias máximas admisibles (vibraciones).

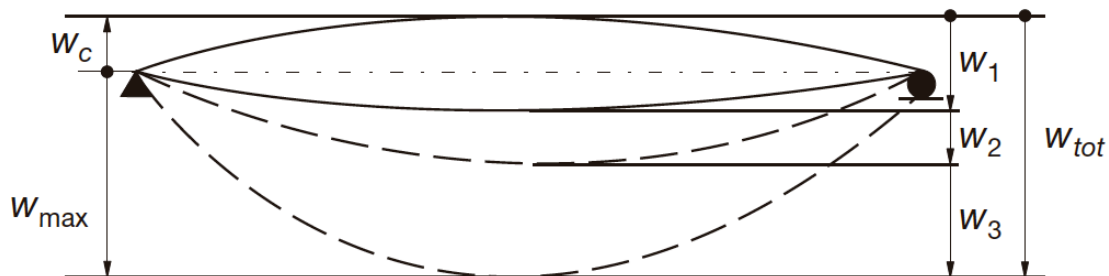
Tal y como se indica en estos apartados, las deformaciones que se miden en la estructura se realizan bajo unas combinaciones de acciones características, es por ello que vamos a estar empleando las situaciones propias de los estados límites de servicio.

Para las deformaciones verticales, se adjunta un cuadro donde aparecen las limitaciones indicadas por la norma:

Criterio		Flecha	Limitación	Combinación de acciones
Integridad	Tabiques o pavimentos frágiles	W_{interg}	L/500	Característica
	Tabiques o pavimentos ordinarios		L/400	
	Resto de casos		L/300	
Confort		W_{conf}	L/350	Característica
Apariencia		W_{apar}	L/300	Casi permanente

Nota: En forjados se considera L a la luz entre apoyos, en voladizos L es dos veces la luz del voladizo.

Tanto el CTE-DB-SE en su punto 4.3.3, como la EAE en el artículo 37 se remiten a estas limitaciones, por tanto, son las que van a regir las limitaciones del proyecto. La figura que se adjunta a continuación se puede localizar en el artículo 37 de la EAE y es bastante aclaratoria en cuanto a los conceptos que se manejan en este apartado.



Siendo:

W_c	Contraflecha
W_1	Flecha inicial bajo la totalidad de las cargas permanentes
W_2	Componente diferida de la flecha bajo cargas permanentes
W_3	Flecha debida a la acción de las sobrecargas
W_{tot}	Flecha total ($W_1 + W_2 + W_3$)
$W_{máx}$	Flecha total aparente descontando contraflecha ($W_{tot} - W_c$)
W_{activa}	Flecha activa ($W_2 + W_3$)

Estas limitaciones de flecha que aparecen en el cuadro superior se relacionan siempre con la flecha activa, que es aquella que medimos cuando se introducen en la estructura las sobrecargas de uso, despreciando las flechas iniciales que tuviera la estructura como consecuencia de la totalidad de las cargas permanentes.

Esta situación se verifica perfectamente en estructuras de hormigón ya que las deformaciones iniciales son poco significativas, sin embargo, la EAE indica que para estructuras mixtas si debe tenerse en cuenta la componente diferida de la flecha bajo cargas permanentes.

Es por ello que en nuestro proyecto vamos a trabajar con las mismas limitaciones de deformación para toda la estructura, sin embargo, vamos a medir las deformaciones en la estructura mixta incorporando la parte diferida de las cargas permanentes, y no incorporándola en las losas de planta baja.

Por último, como se puede verificar en las plantas, existen zonas del edificio con una constitución diáfana, donde se aplicará una limitación $L/300$, y otras zonas con cierta compartimentación a base de tabiques ordinarios, donde se aplicará una limitación $L/400$.

Para las deformaciones horizontales, el CTE-DB-SE indica que deben realizarse dos comprobaciones: una comprobación global donde se mide el desplome total del edificio, cuya limitación

se establece en $L/500$, y otra comprobación local donde se mide el desplome local planta a planta de la estructura, con una limitación de $L/250$.

Finalmente, en referencia a las vibraciones, se verificará durante el proceso de dimensionado de los elementos estructurales horizontales que se cumplen los límites impuestos por el CTE, EAE y EHE.

Para el caso particular de las losas de hormigón se aplicarán los límites descritos en la EHE en su artículo 51. Estos límites coinciden con los impuestos en el CTE-DB-SE. Se adjunta la tabla 51.2.a

Estructura	Frecuencia [Hz]
Gimnasios o palacios de deporte	$> 8,0$
Salas de fiesta o conciertos sin asientos fijos	$> 7,0$
Salas de fiesta o conciertos con asientos fijos	$> 3,4$

En el caso de la estructura mixta se aplicarán los límites descritos por la EAE en su artículo 38. Se adjunta la tabla 38.2.

Estructura	Frecuencia [Hz]
Gimnasios o palacios de deporte	$> 8,0$
Salas de fiesta o conciertos sin asientos fijos	$> 7,0$
Salas de fiesta o conciertos con asientos fijos	$> 3,4$
Oficinas, centros comerciales	$> 3,0$

2.8. Resistencia al fuego

Para poder establecer la resistencia al fuego de la estructura hemos de acudir al CTE-DB-SI en su apartado 6. Empleando la tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales, se puede obtener de manera fácil la resistencia “suficiente” en función del uso del sector y la altura de evacuación.

Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante altura de evacuación del edificio		
		≤ 15 m	≤ 28 m	> 28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

Sin embargo, si consideramos el tipo de edificio que estamos analizando y la forma que tiene, es muy probable que nos convenga aplicar el Anejo B del mismo documento básico. Este anejo está dedicado al cálculo del tiempo equivalente de exposición al fuego, de tal forma que se pueden obtener valores de resistencia al fuego en minutos que pueden ser superiores o inferiores a los de la tabla anteriormente mostrada. La variación de estos valores se produce por la incidencia directa de la geometría de los espacios analizados.

A nivel volumétrico, y analizando los contenidos del anejo B, el edificio se podría dividir básicamente en 3 conjuntos: un primer conjunto sería el de la planta bajo rasante, un segundo conjunto estaría comprendido por los niveles desde planta baja hasta la planta tercera (altura de evacuación descendente inferior a 15 m) y el tercer conjunto por las plantas cuarta a cubierta (altura de evacuación descendente superior a 15 m e inferior a 28 m).

A continuación, se analizará un caso concreto de los distintos sectores (Planta primera, Aula de enseñanza teórica 1 + Vestíbulo y pasos) en los que se han organizado las plantas y finalmente se mostrará una tabla comparativa con los resultados obtenidos.

Lo primero que debemos hacer es obtener todas las dimensiones del sector analizado, así como la altura libre de la planta y la altura media de los huecos. Estamos analizando un sector del edificio donde la estructura propuesta es a base de perfiles de acero protegido.

DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	73,17	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	115,7	m2	Perímetro	P	53,40	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	391,60	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						

Uno de los coeficientes que afecta al resultado final es el coeficiente de ventilación W_f que se determina en función de la forma y el tamaño del sector. Además de las relaciones entre A_v/A_f (el valor obtenido no podrá ser inferior a 0,025 ni superior a 0,25) y la relación entre A_h/A_f hay que determinar el coeficiente $b_v = 12.5 (1+10\alpha_v - \alpha_v^2) \geq 10$.

COEFICIENTE DE VENTILACIÓN					
Relación entre A_v/A_f	α_v	0,25	Altura sector	H	3,00 m
Relación entre A_h/A_f	α_h	0	Coef. aberturas	O	0,20
Coeficiente b_v	b_v	42,97	Coef. ventilación	W_f	0,82

Por otro lado, debemos calcular el valor de cálculo de la densidad de carga de fuego, para lo cual aplicamos los valores obtenidos de las tablas B.2, tabla B.3, tabla B.4 y tabla B.5.

DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	575,44	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	$\delta n1$	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	$\delta n2$	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	$\delta n3$	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	$\delta q1$	115,7	1,26	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	$\delta q2$	Comercial, Aparcamiento, Hospitalario, Pública Concurrencia	1,25						

Finalmente, solo necesitaríamos fijar el coeficiente de conversión en función de las propiedades térmicas de la envolvente del sector k_b y el coeficiente de corrección según el material estructural k_b que se obtiene de la tabla B.1.

TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO					
Coef. conversión	kb	0,07	Densidad de carga de fuego	qfd	575,44 MJ/m ²
Coef. ventilación	wf	0,82	Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	34 min
Coef. corrección	kc	1,00			

Con la misma sistemática, se van analizando planta a planta los distintos sectores (ver cálculos en III.2. Tiempo equivalente de exposición al fuego), obteniéndose los siguientes resultados:

Sector	Av m ²	Af m ²	Ah m ²	At m ²	H m	h m	P m	Wf	qfd MJ/m ²	ted min	CTE min	Valor mínimo adoptado min
S1	23,76	119,46	0	394,00	2,62	2,62	59,19	0,984	867,74	60	120	114
S2	6,08	285,1	6,24	1228,13	9,10	2,62	72,30	1,578	1030,83	114	120	
S3	46,41	119,46	0	416,49	3,00	3,00	59,19	0,819	578,49	34	90	
S4	72,3	115,7	0	391,60	3,00	3,00	53,40	0,819	575,44	34	90	
S5	49,68	49,8	0	189,66	3,00	3,00	30,02	0,819	521,99	30	90	
S6	13,05	50,82	0	192,93	3,00	3,00	30,43	0,819	522,82	30	90	
S7	85,11	202,17	0	672,84	3,00	3,00	89,50	0,819	645,58	38	90	
S8	73,17	115,7	0	391,60	3,00	3,00	53,40	0,819	575,44	34	90	
S9	128,13	115,08	0	528,30	6,16	6,16	48,40	0,660	574,94	27	90	
S10	89,97	109,4	0	351,40	3,00	3,00	44,20	0,819	570,33	33	90	
S11	28,14	107,27	0	395,92	3,00	3,00	60,46	0,819	568,61	33	90	38
S12	28,14	107,27	0	395,92	3,00	3,00	60,46	0,819	568,61	33	90	
S13	45,4	195,06	0	803,52	6,16	3,00	67,11	0,685	639,81	31	90	
S14	3,15	17,43	0	91,38	3,00	3,00	18,84	1,019	495,73	36	90	
S15	28,14	107,27	0	395,92	3,00	3,00	60,46	0,819	568,61	33	90	
S16	25,13	78,03	0	300,96	3,00	3,00	48,30	0,819	544,89	32	90	
S17	67,35	115,07	0	375,37	3,00	3,00	48,41	0,819	574,93	33	90	
S18	67,35	115,07	0	375,37	3,00	3,00	48,41	0,819	862,40	50	120	
S19	28,14	107,27	0	395,92	3,00	3,00	60,46	0,819	852,91	49	120	
S20	106,7	114,53	0	394,39	3,00	3,00	55,11	0,819	861,74	50	120	61
S21	3,45	8,35	0	51,80	3,00	3,00	11,70	0,819	524,92	31	120	
S22	34,47	168,7	0	551,18	3,00	3,00	71,26	0,926	927,65	61	120	

Para entender los resultados es importante pensar en que el edificio se configura como un conjunto de estancias que están en contacto directo con un patio interior, y que la mayor parte de ese contacto se hace a través de grandes superficies acristaladas.

Con el mismo criterio comentado al inicio de dividir el edificio en 3 conjuntos, finalmente se decide prescribir una resistencia R115 para el nivel del sótano, un R40 para toda la estructura comprendida entre la rasante y la planta tercera, y un R65 para la estructura de planta cuarta a cubierta.

Para determinar la cantidad de pintura que deberíamos aplicar a los perfiles si queremos conseguir las resistencias calculadas, se puede aplicar tablas que proporcionan los fabricantes de pinturas. Simplemente necesitamos la masividad del perfil que queremos revestir, saber por cuantas caras puede atacarle el fuego y en función de esos valores se obtiene una cantidad de pintura para una resistencia X.

Aplicaremos en este proyecto las tablas proporcionadas por la empresa Pinturas Baten S.L, por lo que se adjuntan sus tablas en el Anejo I. Tablas y fichas técnicas.

2.9. Características del terreno

Según se indicó en la descripción general del edificio, éste se sitúa en una parcela de 29x30 m (aprox. 960 m²) en la isla de Ibiza. La cota de referencia se sitúa en la Avenida de España, con lo que todas las cotas expresadas tanto en la memoria como en los planos se deberán medir a dicho punto.

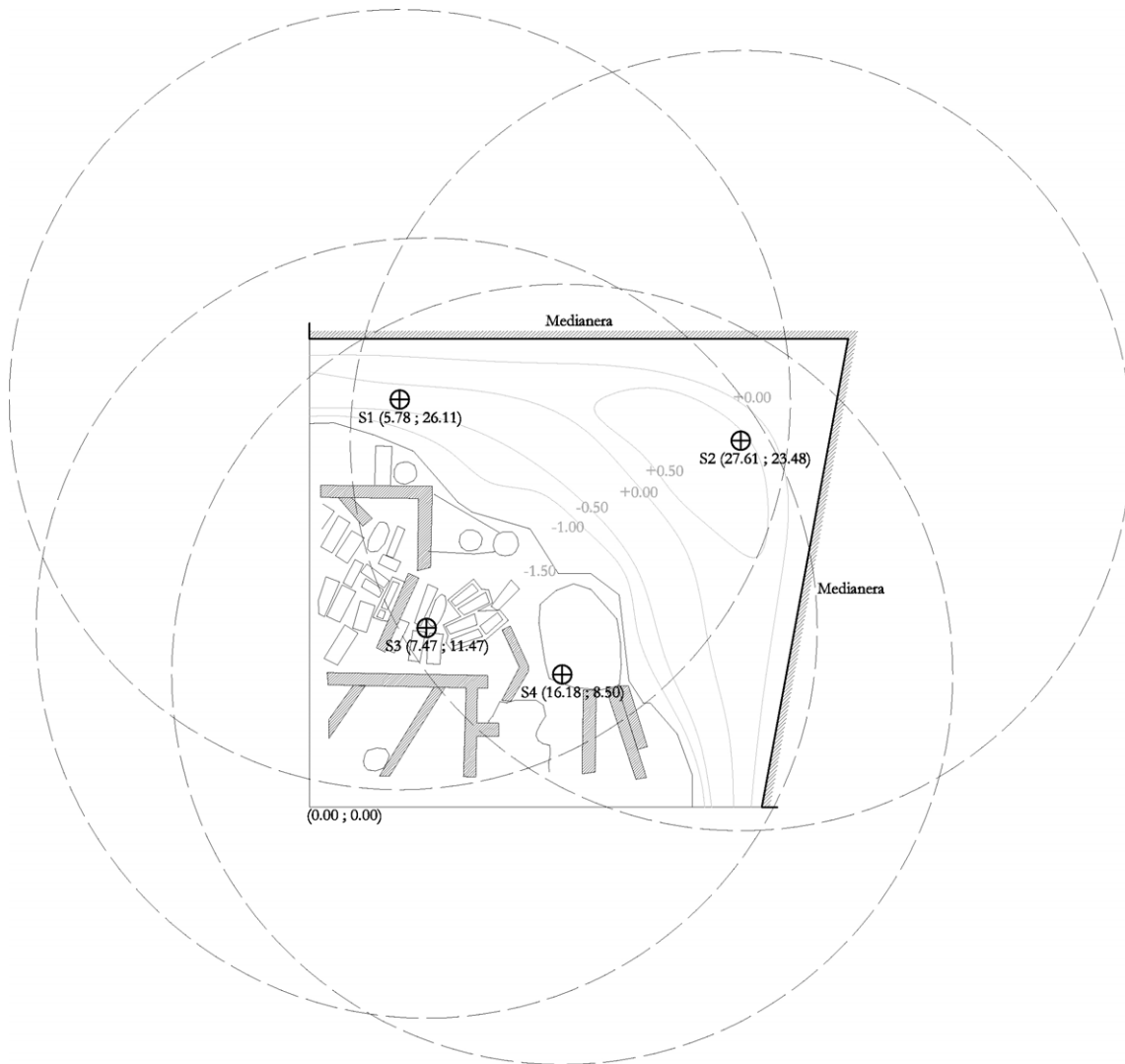
Como elementos de contorno se destaca la proximidad de la parcela a la costa, la existencia de dos medianeras y la situación del yacimiento arqueológico. Tras una inspección visual de los edificios medianeros, se observan que todos tienen entradas a garajes (situadas en el Carrer de Lleó y la Vía Púnica). Estos elementos de contorno son imprescindibles para plantear un correcto estudio geotécnico.

Primeramente, hablaremos de la planificación de la campaña de reconocimiento del terreno. Tomando como elemento normativo el CTE-DB-SE-C, catalogamos el edificio como un tipo de construcción C-2 (Construcciones entre 4 y 10 plantas) según la tabla 3.1. Seguidamente, y a falta de mayor información que nos proporcionará el informe geotécnico, según la tabla 3.2 describimos la parcela como un terreno T-2 (Terrenos intermedios).

La obtención de los parámetros anteriores es básica para poder establecer el número mínimo de sondeos a prescribir para caracterizar la parcela. Empleando las tablas 3.3 y 3.4 del mismo documento observamos que la máxima separación entre sondeos es de $D_{\max} = 25$ m con una profundidad aproximada $P = 25$ m. Teniendo en cuenta que el código nos indica que el número mínimo de sondeos a realizar es de 3, y distribuyendo los sondeos con una separación máxima de 25 m en la planta (ver plano adjunto) se concluye que serán necesarios 4 sondeos.

Asimismo, tras observar informes geotécnicos realizados en la zona del proyecto, se decide ampliar la profundidad de los mismos hasta los 30 metros. Al mismo tiempo, estos informes de referencia nos sirven para saber qué tipos de muestras pedir (A, B o C) y sobre qué profundidades aproximadas.

Con lo anterior, se adjunta un plano previo a la excavación de la parcela, donde se indican las curvas de nivel del mismo, la posición de las medianeras y los puntos donde se deberán realizar los sondeos.



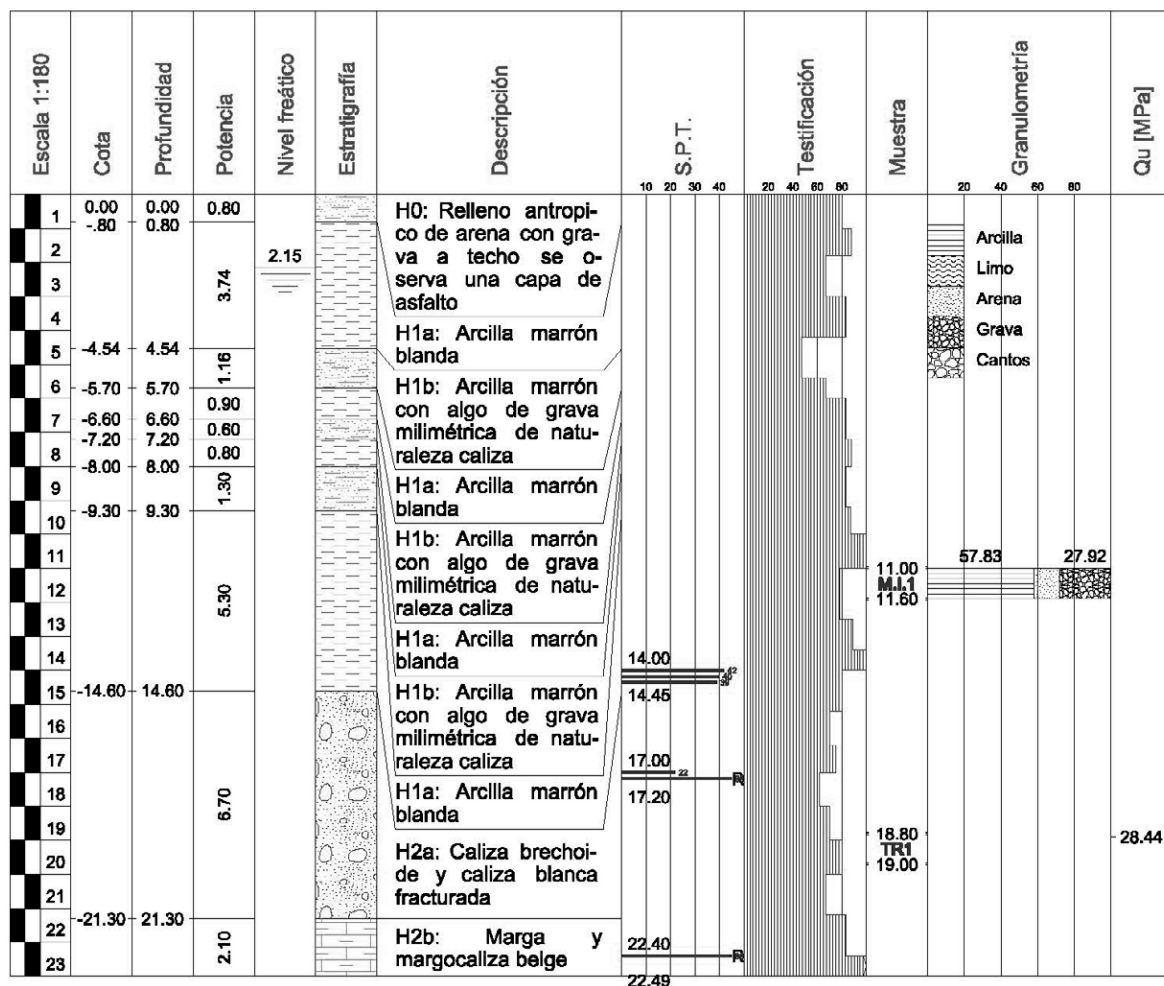
En la siguiente tabla se presenta la profundidad máxima de los sondeos, así como las cotas de referencia para cada toma de muestra prescrita.

Punto de estudio	Profundidad (m)	Cota de referencia	Toma de muestras (prof. m.)	Tipo de muestra (C.T.E.)	SPT (Prof. m.) UNE 102800:92
S1/S2/S3/S4	30,00	+ 0,00	M.I. (0,8 – 1,4)	A	
			Lefranc (2,15 - 2,75)	A	
			M.I. (4,50 – 5,10)	A	
			M.I. (5,70 – 6,30)	A	
			M.I. (6,60 – 7,20)	A	
			M.I. (8,00 – 8,60)	A	
			M.I. (9,30 - 9,90)	A	
			M.I. (12,30 – 12,90)	A	
					SPT (Puntaza) (14,60 -15,20)
			TR (16,00 – 16,30)	B	
					SPT (Puntaza) (17,60 -18,20)
			TR (19,00 – 19,30)	B	
					SPT (Puntaza) (20,60 -21,20)

Al mismo tiempo, se prescriben los ensayos de laboratorio para cada una de las muestras inalteradas (M.I.) que se obtendrán de los diversos sondeos.

Punto de muestreo	S1/S2/S3/S4		
Muestras	M.I.	Muestra de agua	TR
Granulometría por tamizado - UNE 103-100	X		
Límites de Atterberg - UNE 103-103	X		
Sulfatos solubles - Anejo 103-103	X		
Compresión simple en suelo - UNE 103-400	X		
Densidad aparente - UNE 103-301	X		
Ensayo agua EHE básico - Anejo EHE.5		X	
Corte directo - UNE 103-401/98	X		
Compresión simple en roca - UNE 22950-1/90			X

Como resultado de los sondeos realizados en la parcela, se obtiene el siguiente gráfico en el que se observa la existencia de nivel freático a - 2,15 m de profundidad y la existencia del nivel resistente a partir de la cota - 14,60 m de profundidad.



SPT (Standard Penetration Test); Qu (Resistencia a compresión uniaxial); M.I. (Muestra inalterada); TR (Testigo de roca); M (Muestra en bolsa estanca); NF (Muestra de agua freática)

En base a la información obtenida de los sondeos, se observa la presencia de una gran cantidad de estratos de espesores variables de tipo arcilloso en su mayoría. Además de esto, la presencia del nivel freático hace inviable la opción de una cimentación directa, por lo que se prescribe el empleo de cimentación profunda (pilotes / micropilotes).

Como elementos perimetrales se emplearán muros pantalla (a pesar de la existencia de sótanos en dos de las 4 medianeras) debido a la presencia del agua y de la poca resistencia del terreno. Se estudiará detenidamente la profundidad hasta la que se deben llevar las pantallas para cortar o disminuir en la medida de lo posible el caudal del agua circulante en la parcela, evitando futuras subpresiones en el fondo de la excavación o incluso la aparición de agua en el yacimiento arqueológico como consecuencia de la posición del nuevo edificio.

En función de las decisiones anteriores, y dado que las cargas se transmitirán al terreno por rozamiento y efecto punta, no será necesaria la realización de una losa de hormigón armado como elemento de cimentación. Se proyectará la construcción de una solera drenante y se dispondrán bombas que drenen el caudal de agua que pudiera acumularse bajo la misma directamente a la red de saneamiento. Se decide optar por esta solución debido a la poca diferencia entre el nivel máximo del nivel freático (-2,15 m) y el fondo de la excavación (aprox. -3,15 m). El dimensionado de las bombas se realizará en otro capítulo ajeno a este documento.

Con el objeto de organizar los datos obtenidos del informe geotécnico, se adjunta la siguiente tabla donde podemos observar los parámetros que caracterizan a cada uno de los estratos en función de si se tratan de terrenos granulares o cohesivos. Dichos parámetros serán necesarios para el dimensionado de los pilotes y los muros pantalla (obtenidos del informe geotécnico y del CTE-DB-SE-C).

Estrato	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	CTE-DB-SE-C
Relleno antrópico (0.00 – 0.80)	Peso específico aparente	γ'	17	kN/m ³	Tabla D.27
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	25	°	
Arcilla marrón blanda (0.80 – 4.54)	Nº de golpes	N _{SPT}	20	-	Tabla D.23
	Resistencia a compresión simple	q _u	127	kN/m ²	
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	29	MN/m ²	Tabla D.24
	Módulo de Poisson	ν'	0,40		
	Peso específico aparente	γ'	19	kN/m ³	Tabla D.27
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	24	°	
	Permeabilidad	K	10 ⁻¹⁰	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K ₃₀	25	MN/m ³	Tabla D.29
Arcilla marrón con algo de grava (4.54 – 5.70)	Nº de golpes	N _{SPT}	30	-	Tabla D.23
	Resistencia a compresión simple	q _u	180	kN/m ²	
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	52	MN/m ²	Tabla D.24
	Módulo de Poisson	ν'	0,30		
	Peso específico aparente	γ'	21	kN/m ³	Tabla D.27
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	30	°	
	Permeabilidad	K	10 ⁻⁹	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K ₃₀	36	MN/m ³	Tabla D.29



Estrato	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	CTE-DB-SE-C
Arcilla marrón blanda (5.70 – 6.60)	Nº de golpes	N_{SPT}	21	-	
	Resistencia a compresión simple	q_u	131	kN/m ²	Tabla D.23
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	31	MN/m ²	
	Módulo de Poisson	ν'	0,40		Tabla D.24
	Peso específico aparente	γ'	20	kN/m ³	
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	25	°	Tabla D.27
	Permeabilidad	K	10^{-10}	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K_{30}	26	MN/m ³	Tabla D.29
Arcilla marrón con algo de grava (6.60 – 7.20)	Nº de golpes	N_{SPT}	35	-	
	Resistencia a compresión simple	q_u	210	kN/m ²	Tabla D.23
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	64	MN/m ²	
	Módulo de Poisson	ν'	0,30		Tabla D.24
	Peso específico aparente	γ'	21	kN/m ³	
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	30	°	Tabla D.27
	Permeabilidad	K	10^{-9}	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K_{30}	42	MN/m ³	Tabla D.29
Arcilla marrón blanda (7.20 – 8.00)	Nº de golpes	N_{SPT}	25	-	
	Resistencia a compresión simple	q_u	150	kN/m ²	Tabla D.23
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	40	MN/m ²	
	Módulo de Poisson	ν'	0,40		Tabla D.24
	Peso específico aparente	γ'	20	kN/m ³	
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	28	°	Tabla D.27
	Permeabilidad	K	10^{-10}	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K_{30}	30	MN/m ³	Tabla D.29
Arcilla marrón con algo de grava (8.00 – 9.30)	Nº de golpes	N_{SPT}	45	-	
	Resistencia a compresión simple	q_u	270	kN/m ²	Tabla D.23
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	88	MN/m ²	
	Módulo de Poisson	ν'	0,30		Tabla D.24
	Peso específico aparente	γ'	21	kN/m ³	
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	30	°	Tabla D.27
	Permeabilidad	K	10^{-9}	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K_{30}	54	MN/m ³	Tabla D.29
Arcilla marrón blanda (9.30 – 14.60)	Nº de golpes	N_{SPT}	42	-	
	Resistencia a compresión simple	q_u	150	kN/m ²	Tabla D.23
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	40	MN/m ²	
	Módulo de Poisson	ν'	0,40		Tabla D.24
	Peso específico aparente	γ'	20	kN/m ³	
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	28	°	Tabla D.27
	Permeabilidad	K	10^{-10}	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K_{30}	30	MN/m ³	Tabla D.29
Caliza brechoide y caliza blanca fracturada (14.60 – 21.30)	Nº de golpes	N_{SPT}	Rechazo	-	
	Resistencia a compresión simple	q_u	2000	kN/m ²	Tabla D.23
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	4000	MN/m ²	
	Módulo de Poisson	ν'	0,30		Tabla D.24
	Peso específico aparente	γ'	22	kN/m ³	
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	35	°	Tabla D.27
	Permeabilidad	K	10^{-2}	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K_{30}	300	MN/m ³	Tabla D.29



Estrato	Parámetro	Símbolo	Valor	Unidad	CTE-DB-SE-C
Marga y margocaliza beige (21.30 – 30.00)	Nº de golpes	N_{SPT}	Rechazo	-	
	Resistencia a compresión simple	q_u	5000	kN/m ²	Tabla D.23
	Módulo de elasticidad efectivo	E'	8000	MN/m ²	
	Módulo de Poisson	ν'	0,30		Tabla D.24
	Peso específico aparente	γ'	22	kN/m ³	
	Ángulo de rozamiento a corto plazo sin drenaje	φ	40	°	Tabla D.27
	Permeabilidad	K	10^{-2}	m/s	Tabla D.28
	Módulo de balasto	K_{30}	400	MN/m ³	Tabla D.29

2.10. Materiales y durabilidad

Respecto a los materiales empleados en el proyecto, se especifican las características del acero a emplear para los perfiles laminados, el acero para las armaduras de los elementos de hormigón armado, y el propio hormigón (diferenciando el de los elementos sobre rasante y el hormigón de los elementos de cimentación).

En los cuadros referentes al hormigón se incluyen características necesarias para definir una estrategia de durabilidad adecuada para el elemento estructural. Este procedimiento se realiza empleando la EHE'08 donde a través del capítulo 7 (Durabilidad) se determinan las características específicas de los hormigones de los forjados y del de los elementos en contacto con el terreno.

ACERO LAMINADO S275JR		
	$t \leq 16\text{mm}$	$16 \leq t \leq 40\text{mm}$
Resistencia característica, f_{sy} (MPa)	275	265
Resistencia de cálculo, f_{sd} (MPa)	261,9	252,4
Resistencia a rotura, f_{su}	410	
Módulo de deformación longitudinal, E_s (Mpa)	210.000	
Módulo de deformación transversal, G (MPa)	81.000	
Coeficiente de Poisson, ν	0,3	
Coeficiente de dilatación térmica, α (°C ⁻¹)	$1,2 \cdot 10^{-5}$	
Densidad, ρ (kg/m ³)	7.850	
Protección frente a corrosión	C1, galvanizado en caliente	
Protección frente a incendio	Mediante revestimientos	

ACERO PARA ARMADURAS B500S	
Resistencia característica, f_{yk} (MPa)	500
Resistencia a rotura, f_u (MPa)	550
Módulo de deformación longitudinal, E (MPa)	200.000
Alargamiento de rotura (%)	≥ 12

HORMIGÓN EN FORJADOS MIXTOS	
Designación, consistencia, tamaño máximo de árido, ambiente	HA-25 B/20/I
Cemento	CEM II 32,5N
Recubrimiento mínimo, $r_{\min}$ (mm)	15
Recubrimiento nominal, r_{nom} (mm)	25
Resistencia característica compresión, f_{ck} (MPa)	25
Resistencia de cálculo, f_{cd} (MPa)	16,67
Resistencia media a compresión, f_{cm} (MPa)	33
Resistencia media a tracción, f_{ctm} (MPa)	2,56
Máxima relación agua/cemento	0,65
Mínimo contenido de cemento (kg/m^3)	250
Tamaño máximo del árido	20
Máxima abertura de fisura permitida, $W_{\max}$	0,4
Vida útil (años)	50
Control del hormigón	Estadístico

HORMIGÓN EN ELEMENTOS A LA INTemperie	
Designación, consistencia, tamaño máximo de árido, ambiente	HA-30 B/20/IIIa
Cemento	CEM II/B-V 32,5N
Recubrimiento mínimo, $r_{\min}$ (mm)	25
Recubrimiento nominal, r_{nom} (mm)	35
Resistencia característica compresión, f_{ck} (MPa)	30
Resistencia de cálculo, f_{cd} (MPa)	20
Resistencia media a compresión, f_{cm} (MPa)	38
Resistencia media a tracción, f_{ctm} (MPa)	2,90
Máxima relación agua/cemento	0,50
Mínimo contenido de cemento (kg/m^3)	300
Tamaño máximo del árido	20
Máxima abertura de fisura permitida, $W_{\max}$	0,2
Vida útil (años)	50
Control del hormigón	Estadístico

HORMIGÓN EN CIMENTACIÓN	
Designación, consistencia, tamaño máximo de árido, ambiente	HA-25 B/20/IIa
Cemento	CEM II/A 32,5N
Recubrimiento mínimo, $r_{\min}$ (mm)	20
Recubrimiento nominal, r_{nom} (mm)	30
Resistencia característica compresión, f_{ck} (MPa)	25
Resistencia de cálculo, f_{cd} (MPa)	16,67
Resistencia media a compresión, f_{cm} (MPa)	33
Resistencia media a tracción, f_{ctm} (MPa)	2,56
Máxima relación agua/cemento	0,60
Mínimo contenido de cemento (kg/m^3)	275
Tamaño máximo del árido	20
Máxima abertura de fisura permitida, $W_{\text{máx}}$	0,3
Vida útil (años)	50
Control del hormigón	Estadístico

Nota: En los elementos en contacto contra el terreno el recubrimiento aumenta a 70 mm.

Los coeficientes de seguridad parciales de los materiales son 1,05 para el acero estructural, 1,15 para el acero de armaduras y 1,50 para el hormigón.

3. DIMENSIONADO

3.1. Estructura horizontal mixta

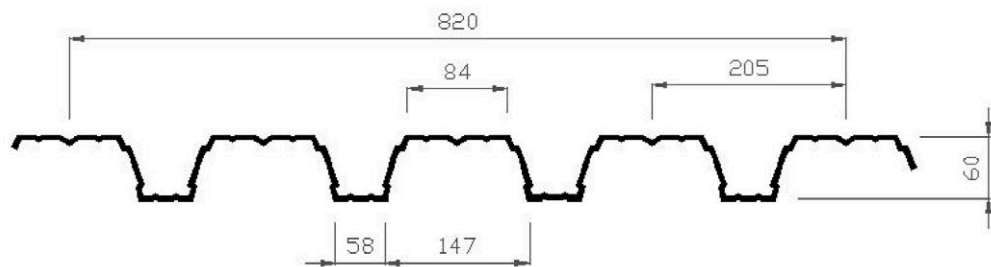
Tal y como se ha visto en el apartado de alternativas y solución adoptada, la estructura horizontal se pretende resolver a través de un forjado mixto. Uno de los aspectos importantes que existen a la hora de plantear el forjado es la disposición de las vigas y las correas. En nuestro caso, dada la planta se ha optado por disponer dos órdenes estructurales, un primer orden corresponde a las vigas, que irán en la dirección de las fachadas y unidas entre pilares, y a continuación, un segundo orden de correas perpendicular a las anteriores.

En la solución de forjado mixto, la separación entre correas tiene unas distancias tabuladas en función del espesor de la chapa colaborante que estemos empleando, la carga de explotación a soportar y las condiciones de apoyo de la chapa. En consecuencia, es primordial determinar la separación máxima entre correas nada más comenzar esta fase del dimensionado.

Como solución inicial, se pretende emplear un canto de 16 cm para el conjunto, disponiendo una chapa de 60 mm y una capa de hormigón de 100 mm. La justificación del empleo de esta sección radica en la experiencia previa, ya que durante el curso se han realizado proyectos con condicionantes similares al que nos encontramos en este edificio, viendo que esa es una solución que puede encajar bien.

La chapa colaborante empleada es la Eurocol60 con un espesor de 0,75 mm cuyas características geométricas son:

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS



Peso Propio perfil + hormigón Kg./m ²																
Espesor losa (cm)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Volumen dm ³ /m ²	67	77	87	97	107	117	127	137	147	157	167	177	187	197	207	217
Espesor Chapa (mm.)	0,75	170	194	218	242	266	290	314	338	362	386	410	434	458	482	506
	1,00	173	197	221	245	269	293	317	341	365	389	413	437	461	485	509
	1,20	175	199	223	247	271	295	319	343	367	391	415	439	463	487	511

Empleando un canto de 16 cm se obtendría un peso propio característico de 3,08 kN/m². Este dato ya se había tenido en cuenta desde el comienzo del trabajo, incluyéndose la carga del peso propio del forjado en el conjunto de cargas gravitatorias.

Las chapas se disponen simplemente apoyadas sobre las correas y cubriendo la distancia de dos vanos. Eso nos aporta cierta capacidad resistente en el apoyo central, con lo que se pueden aumentar un poco la separación entre correas.

LOSA (cm)								
LUZ (m)	10	11	12	13	14	16	18	20
2.00	1150	1296	1442	1589	1737	2033	2331	2630
2.20	984	1109	1236	1362	1490	1745	2002	2260
2.40	854	964	1075	1186	1297	1521	1746	1972
2.60	752	849	947	1046	1144	1343	1542	1742
2.80	669	756	844	932	1020	1198	1398	1598
3.00	600	679	759	838	918	1019	1128	1236
3.20	543	615	684	756	827	926	1035	1144
3.40	495	552	609	666	723	822	931	1040
3.60	454	501	548	595	642	741	850	959
3.80	419	456	493	530	567	666	775	884
4.00	389	416	443	470	497	596	705	814
4.20	364	381	398	415	432	531	640	749
4.40	343	350	357	364	371	470	579	688
4.60	324	321	318	315	312	411	520	629
4.80	307	294	281	268	255	354	463	572
5.00	292	270	248	226	204	303	412	521

Tal y como nos indica el fabricante, con el espesor de losa que hemos dispuesto y la configuración de chapa apoyada que cubre dos vanos de correas, podríamos alcanzar una separación máxima entre correas de 2,80 m. Al mismo tiempo, se debe verificar que la sobrecarga de explotación que va a soportar la chapa es de 1198 daN/m^2 ($11,75 \text{ kN/m}^2$).

En el apartado de cargas gravitatorias se calcula que la mayor combinación de cargas del proyecto sería de $16,68 \text{ kN/m}^2$ (incluyendo el peso propio de la estructura metálica y el peso propio de la chapa + hormigón). Si descontamos ambos pesos propios tendríamos una sobrecarga máxima de cálculo de $11,17 \text{ kN/m}^2$. Con ello se verifica que siempre que no se supere la distancia de 2,80 m la chapa resiste.

En consecuencia, con esta distancia máxima y la forma de la planta, se realiza un encaje de los dos órdenes de vigas. El perfil que emplearemos será un IPE y se calculará en todos los casos como viga biapoyada, ya que, debido a la gran cantidad de apeos existentes en la estructura y la forma especial de los pórticos dispuestos, no se puede verificar que realmente se puedan ejecutar nudos rígidos. Tomaremos esta situación de la estructura totalmente articulada como un punto de partida y, a medida que vayamos avanzando en el diseño del edificio, se irán modificando pequeños aspectos del mismo con la finalidad de conseguir la estabilidad del edificio.

Se procede a explicar ahora los conceptos teóricos empleados, así como la normativa utilizada para el dimensionado de todas las vigas y correas del proyecto. Con todo lo que se explica a continuación, se ha realizado una hoja Excel para agilizar el proceso de cálculo. Dada la gran cantidad de casos estudiados, se adjuntan 3 casos completos (viga 3; viga de borde de forjado cubierta; viga 54; caso típico de borde muy cargado; correa 206; correa muy cargada del aula de danza) desarrollados al apartado III. 6. Vigas mixtas.

Igualmente se puede consultar los perfiles resultantes de este primer dimensionado en el apartado II.2. Verificación de vigas mixtas.

Para exponer el proceso de cálculo tomaremos como ejemplo el dimensionado de una correa interior (planta cuarta, 20B'-20E', n° de referencia 50). Inicialmente se plantean los parámetros básicos de los materiales empleados (HA-25 y S275JR), las condiciones geométricas de la chapa empleada y las condiciones geométricas del perfil empleado. Empleando las cargas que ya se habían definido para el forjado en el que se localiza la correa, se determina la carga lineal actuante en ELU y en ELS. Ambas combinaciones serán necesarias para el dimensionado del perfil.

DIMENSIONADO VIGAS MIXTAS											
MATERIALES EMPLEADOS											
Resistencia característica del hormigón	fck	25	Mpa	Coef. de equivalencia elástico a plazo ∞	nEI, ∞	20,02					
Resistencia de cálculo del hormigón	fcd	16,67	Mpa	Coef. de equivalencia plástico	npl, ∞	18,49					
Módulo de elasticidad a 28 días	Ec,28	31,5	Gpa	Tipo de acero		S275					
Módulo de elasticidad a plazo infinito	Ec, ∞	10,5	Gpa	Límite elástico del acero	fyk	27,5	kN/cm				
Coef. de equivalencia elástico a 28 días	nEI,2	6,67		Tensión de cálculo	fyd	26,2	kN/cm				
	8					2					
DATOS GEOMÉTRICOS CHAPA COLABORANTE											
Esp. Hormg	Hh	100,0	mm	Alt. Perno	hsc	125	mm	Ancho de onda superior		121,0	mm
Esp. Chapa	ech	0,075	mm	Ancho Inferior onda		58,0	mm	Ancho entre ondas		147,0	mm
				Anch.medio		90,0	mm				
Alt. Onda	hp	60,0	mm	onda	bo		mm	Sep. entre ondas	s,onda	205,0	mm
DATOS GEOMÉTRICOS VIGA											
Perfil	IPE 300		Luz vano izq	Ldrc	2,67	m	Sección			Vano isostático	
Longitud viga	L	5,95	m	Intereje	s	2,66	m	Tipo de viga		Interior	
Luz vano drch	Liz	2,64	m	Área tributaria	At	15,80	m ²	Tipo de vano		Isostático	
	q										
DEFINICIÓN DE CARGAS Y SOLICITACIONES											
	Superfici al	Linea l	Superficial	Line al	Reducción de sobrecargas					Si	
	qk	qkm	qd	qdm							
C. lineal permanente	Glk	0,00		0,00	Coef. de simultaneidad Q1	C1 - Zonas con mesas y sillas	0,7	0,7	0,6		
C. lineal variable	Qlk	0,00		0,00	Coef. de simultaneidad Q2	Ninguna	0	0	0		
Peso propio	G0	4,08	10,83	14,6	M(-) izq		M (-)	0	kN.m		
Cargas muertas	G1	2,50	6,64	8,96	M(+) vano		M (+)	157,24	kN.m		
Variable 1	Q1	3,00	7,97	11,9	M (-) drcha		M (-)	0,00	kN.m		
Variable 2	Q2	0,00	0,00	0,00	Cortante izq		Vdizq	105,71	kN		
Total		9,6	25,43	35,5	Cortante drcha		Vddrc h	105,71	kN		
				3							

A continuación, se determina el ancho efectivo beff según lo establecido en el EC4 artículo 5.4.1.2. Con la determinación del ancho efectivo se concluye cual es el área de hormigón que nosotros podemos considerar para establecer el equilibrio entre el bloque de compresiones y el bloque de tracciones del perfil mixto. Este ancho efectivo está en función de la longitud del vano que cubre la viga, así como de la separación de los conectores (en el caso de existir 2 conector sobre el ala superior de la viga).

Como se puede observar en la tabla inferior, el ancho efectivo no es un valor fijo ya que, debido al fenómeno de fluencia del hormigón, ese ancho variará a lo largo del tiempo (disminuyendo). Eso tiene una relación directa con la capacidad resistente que podemos estimar del perfil mixto. Es por ello, que para los cálculos será determinante hallar el ancho efectivo a tiempo infinito.

ANCHO EFECTIVO (EC3)						
Distancia entre conectores externos	b0	88,00	mm	Distancia desde el perno al límite lateral drch	be2	mm
Máx. ancho capa de compresión a izq	b1	1283,5	mm	Ancho eficaz	beff	1487,5 mm
Máximo ancho capa de compresión a drch	b2	1283,5	mm	Sección homogeneizada a M+ (28)	beq,28	223,0 mm
Distancia entre puntos de momento nulo	Le		mm	Sección homogeneizada a M+ (∞)	beq, ∞	74,3 mm
Distancia desde el perno al límite lateral izq	be1		mm	Sección homogeneizada a M-	As,eq	mm

Con todos los parámetros geométricos determinados, se pasa a verificar la resistencia del perfil. Para la comprobación de la flexión, se establece un equilibrio entre la capacidad a compresión de la capa de hormigón dispuesta y la capacidad a tracción del perfil empleado. Se deberá verificar la posición de la fibra neutra, así como que no se sobrepasa la capacidad de ninguno de los dos bloques (se movilizará tanto hormigón como se pueda en función del área de acero). Se debe evitar traccionar el hormigón o emplear parte del perfil para resistir a compresión ya que la función de la sección mixta es disponer el material en la zona donde mejor se comporta (en el caso de las secciones mixtas en flexión positiva, en los extremos donde existe momento sí que será necesario disponer armadura en la capa de hormigón).

Al mismo tiempo, se deberá verificar que el perfil es capaz de soportar el cortante solicitado y que éste no supera nunca el 50% de la capacidad a cortante del perfil. El motivo de limitar la capacidad a cortante del perfil metálico es que por encima del 50% se produciría interacción momento-cortante, con lo que no podríamos contar con toda la capacidad a flexión calculada anteriormente.

COMPROBACIONES FLEXIÓN / INTERACCIÓN MY-VZ							
Resist. a compresión hormigón	Nc,Rd,tot	2107,3	kN	Área del alma	Av	1978,06	mm2
Momento solicitado	Mpl,Ed	157,2	kN·m	Resistencia a cortante	τRd	158,8	N/mm2
Resist. a compresión del perfil	Npl,Rd	938,42	kN	Cortante resistido por el perfil	Vpl,Rd	314,1	kN
Resist. a flexión del perfil	Mpl,Rd	353,28	kN·m	Cortante solicitado por la sección	Ved	105,7	kN
Bloque Comprimido vs Bloque traccionado		Cumple				No hay interacción	
Flexión resistida vs Flexión solicitada		Cumple					

Como se puede observar en el cuadro superior, la flexión solicitada es muy inferior a las capacidades del bloque comprimido y el traccionado. Como veremos a continuación, los perfiles calculados se determinan principalmente por deformación.

Para el cálculo de la deformación, hay que determinar las condiciones constructivas de la viga analizada. Por lo general, se ha propuesto una construcción no apeada, aunque en algunos casos donde los perfiles cubren grandes luces se ha considerado conveniente disponer puntales hasta que se alcance la resistencia del hormigón a 28 días, eliminando la flecha inicial. Este procedimiento es interesante ya que se consiguen disminuir entre 2 y 3 calibres los perfiles calculados (aunque solo lo hemos empleado en contados casos).

Se verifica la deformación del conjunto en tres momentos diferentes: la deformación en la fase de montaje del perfil, donde solo podemos contar con la inercia del perfil de acero, la deformación tras la



construcción (flecha activa), tomando para ello la inercia mixta a 28 días, y, por último, la deformación a tiempo infinito (flecha casi permanente), tomando para ello la inercia mixta a tiempo infinito.

COMPROBACION DEFORMACIÓN LIMITE									
Tipo de construcción				Construcción no Apeada		Inercia necesaria del perfil			
						5.730			
I perfil	Ia	7999	cm4	I a 28 días	I28	45434	cm4	I a infinito	I∞
EI perfil	EI	1679	kN/m2	EI a 28 días	EI28	95411	kN/m2	EI a infinito	EI∞
	a	8			8				
Flecha montaje (montaje, EIviga)	δg	0,01	m	Flecha tras la construcción (activa, EI∞)	δ0	0,0055	m	Flecha casi permanente (EI∞)	δ2
	0	42							
Deformación	L/?	419		Deformación	L/?	1074		Deformación	L/?
	?								
Limitación		300	Cumple	Limitación		300	Cumple	Limitación	300
									Cumple

Una vez hemos verificado que el perfil dispuesto cumple resistencia y deformación, pasamos a calcular los pernos necesarios para obtener una conexión total. Para ello, se plantea primero los parámetros geométricos y mecánicos del perno empleado. Tras tantear los pernos necesarios en un par de vigas con condicionantes diversos, se tomará como perno base el de diámetro 22 (conector dúctil), disponiendo 1 o 2 conectores según sea necesario. La altura de los conectores será de 125 mm, cumpliendo el recubrimiento mínimo de hormigón hasta el exterior y cumpliendo la altura mínima que debe elevarse el conector por encima de las grecas de la chapa.

Los cálculos a realizar en este apartado estarán fundamentados en lo dispuesto en el EC4 artículo 6.6.3.1. Lo primero que se hace es determinar la resistencia mínima del conector Pr_d , la cual viene determinada por el área de hormigón efectiva o por el perfil metálico dispuesto. Se tomará la mínima capacidad de los dos. En los casos donde los perfiles son muy pequeños, esta capacidad viene determinada por el perfil, mientras que en los casos donde se emplean un perfil muy grande, la resistencia mínima del conector la determina la capa de hormigón.

Adicionalmente, se deberá calcular una reducción de la capacidad de conexión. Es decir, no podemos suponer que el conector dispuestos va a ser capaz de resistir a cortante toda su capacidad. Para ello el EC4 hace referencia a la determinación del parámetro K_t , donde se ponen en relación la forma de la onda donde se aloja el conector y la altura del propio conector. Este parámetro tomará valores que estará limitado por lo dispuesto en la Tabla 6.2 del EC4.

PERNOS: RESISTENCIA Y REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD POR CONEXIÓN									
RESISTENCIA DE LOS PERNOS									
				Resistencia del conector 1	Prd 1	109478,2	kN		
		1,2							
Factor de seguridad	Y _v	5		Resistencia del conector 2	Prd 2	99607,4	kN		
Resistencia característica del conector	f _{ck}	350	N/mm ²						
		2		Resistencia mínima del conector	Prd _{min}	99607,4	kN		
			N/mm ²						
Resistencia última del conector	f _u	450	2	REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD POR CONEXIÓN A TRAVÉS DE CHAPA					
Diámetro del conector	d	22	mm	Nº de conectores	nc	2			
Altura del conector	h _c	125	mm	Método de unión		Soldados			
	h _c /	5,6							
Relación altura/diámetro conector	d	8		Reducción de resistencia en vigas paralelas a los nervios	kt	0,70			
				Reducción de resistencia en vigas perpendiculares a los nervios	kt	0,70			
Alfa	α	1							

Según los resultados obtenidos de los dimensionados analizados, las correas se dispondrán siempre con dos conectores (ya que cubren una gran cantidad de superficie de hormigón) mientras que las vigas (al ser de borde) suelen salir dimensionadas con un solo conector.

Determinado el conector, es necesario disponer armado de rasante. Existe una cierta capacidad de resistencia a rasante por el conjunto de hormigón, y se determina una vez más en función de los parámetros geométricos de la capa de hormigón y del perfil. En función de la longitud de la viga analizada, se puede determinar en nº de conectores que tendremos, ya que su posición está determinada por la separación de las ondas.

La armadura de rasante se dispondrá con la misma separación de las ondas, formándose una biela de compresiones a 45°. En función de esto, podemos estimar una resistencia de rasante por metro y a partir de ahí estimar la cuantía de acero necesaria para resistir el rasante solicitado. Se tomará como armadura básica un redondo de diámetro 12. Como se puede leer en los planos, normalmente se dispone 1 o 2 armaduras del 12 y con eso es suficiente.

Finalmente, se verifica si con los conectores dispuestos el grado de conexión que obtenemos es total o parcial. Para ello basta con establecer la relación entre la resistencia total (nº de conectores por su resistencia) entre la resistencia total que se necesita. En todos los casos diseñados se ha establecido una conexión total.

CÁLCULO ARMADURA RASANTE										
CÁLCULO DEL RASANTE			ARMADURA DE RASANTE				GRADO DE CONEXIÓN			
			Separación entre armaduras							
Longitud crítica	Lcri	2,98	m	de rasante	sf	205	mm	Conectores necesarios	n	14
Rasante mínimo resistido por el forjado mixto	V1, Rd	1409,0	kN	Ángulo biela comprimida	α	45	°	Resistencia necesaria por conector	Prd	1409,0
			Resistencia de rasante por metro							
Conectores por onda		28			Ved	473,	kN/m	Conectores dispuestos	nf	28
Resistencia necesaria por conector	Prd	50,32	N	Cuantía de acero necesaria	Asf	63	m	Resistencia por conector dispuesto	Prd	1952,16
Resistencia por conector seleccionado		69,72	N	Armadura a disponer por onda	/2	121	mm2	Grado de conexión	η	1,39
Resistencia total de los conectores dispuestos	Prdtot	1952,16				2	12			

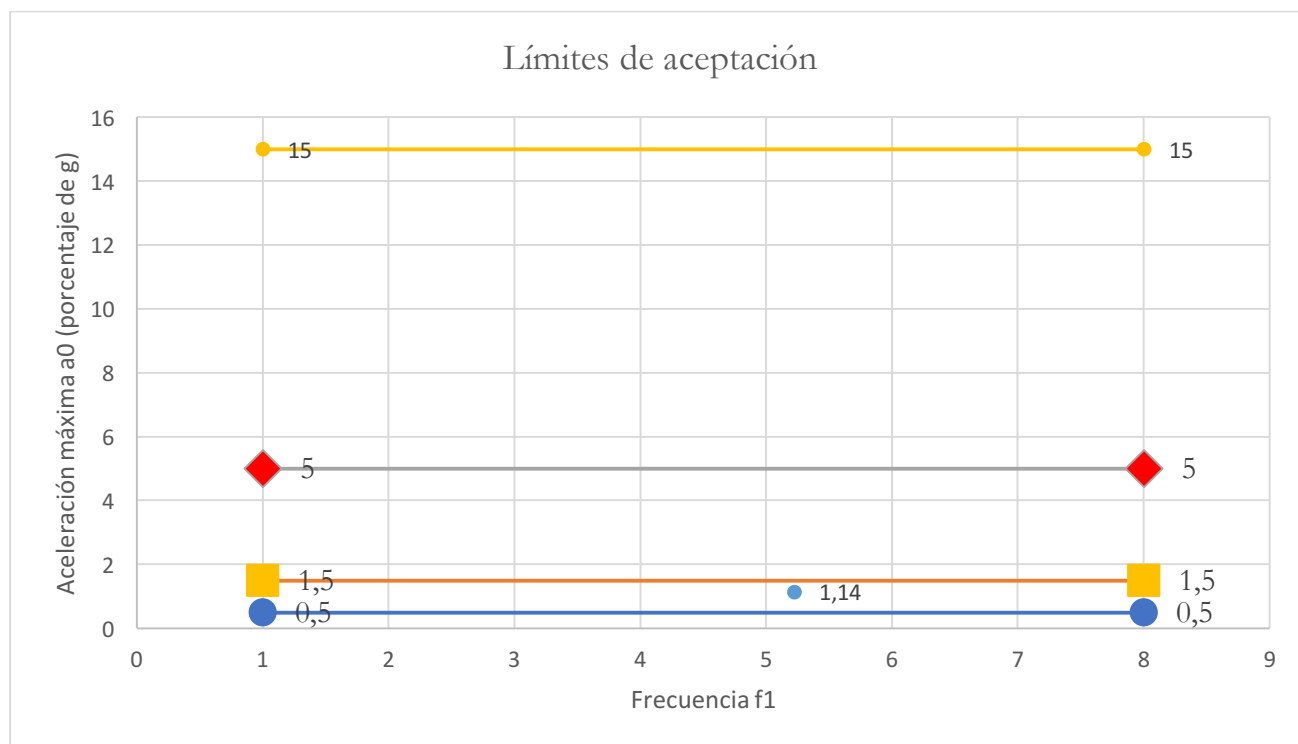
un límite de 3,4 Hz (Estadios, locales de concierto o espectáculo con asiento fijo) y por último, el aula de danza donde sí que se prevé una mayor actividad en movimiento tendremos un límite de 7,0 Hz (Salas de fiesta y locales sin asiento).

En la mayor parte de los casos esta verificación se cumplía siempre sin problemas, sin embargo, en el aula de danza esta comprobación hizo necesaria aumentar la rigidez de la sección, pasando de un IPE360 a un IPE450 si se quería cumplir con la frecuencia fundamental mínima.

Además del cálculo de la frecuencia, según lo expuesto en el CTE-DB-SE-A 7.2.2.3, calcularemos la aceleración máxima. Para ello, suponiendo un impulso de 67 NS y determinando la masa vibrante eficaz, se consiguen una aceleración en % de la aceleración de la gravedad.

Con ello, se consigue caracterizar el amortiguamiento de la estructura al poner en relación la aceleración máxima a_0 y la frecuencia f_1 empleando la figura 7.1 del mismo artículo del CTE. Se ha programado una pequeña gráfica en la hoja Excel para verificar de manera visual en que situación nos encontramos en cada caso analizado y como va afectando al conjunto los cambios que se realizan.

COMPROBACIÓN VIBRACIONES											
CÁLCULO DE LA FRECUENCIA				Masa	m	CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN MÁXIMA					
				lineal	v	44,4978	kN/m				
EI a infinito	EI	∞	61596	kN/m	Frecuencia	f1	5,22	Hz	Impulso	I	67 NS
Longitud viga	L		5,95	m	Uso	Oficinas, centros comerciales		Masa vibrante eficaz	M	17739,05	kg
				kN/m	Límite				a		
Masa superficial	mf	8,38	2		frecuencia		3	Hz	Aceleración máxima	0	1,14 %g
											Amortiguamiento del 3%
Cumple											



Como se puede observar en los planos, las secciones que resultan de este tipo de estructuras son extremadamente esbeltas y tiene una particularidad: la parte resistente a tracción (acero) está directamente expuesta al fuego. Es por ello que, además de ser necesario el aplicar un tratamiento ignífugo a los perfiles, es necesario disponer una cantidad de armado mínimo en la zona de las ondas de la chapa grecada para resistir en situación de incendio. La chapa es un elemento milimétrico con el que no se puede contar en caso de incendio, por lo que, si no disponemos armadura contaríamos únicamente con el hormigón trabajando a tracción.

Para este cálculo, la temperatura de la armadura se obtendrá en función del recubrimiento que dispongamos (todo el nervio de hormigón de la onda) y del tiempo de exposición que se prescriba. Tal y como habíamos visto en el apartado de resistencia al fuego, se habían calculado tiempos reducidos gracias a un cálculo afinado, sin embargo, en este caso se fijará siempre una resistencia a 90 minutos. Con esta decisión, se tiene un margen de seguridad adicional para el cálculo de la armadura a disponer específica de incendio, mientras que con el tiempo reducido que se había calculado se dispondrán los revestimientos justos.

Según lo expuesto en el EC4, se calcula el factor Φ en función de los factores a_0 , a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , a_5 , que nos servirá para determinar una resistencia en minutos (en función de los factores anteriores y la superficie expuesta al fuego).

Esa resistencia inicial en minutos, se verá disminuida como consecuencia de la temperatura alcanzada en el incendio por la armadura, obteniéndose un factor de reducción de la resistencia final. Con todo ello, y en una situación de estado límite de servicio, con las cargas descritas pasa a verificarse la resistencia a momento de la estructura sin armadura específica para incendio.

Finalmente se obtiene siempre una cuantía necesaria a disponer. Como esta cuantía es variable según la carga que disponemos, se ha establecido un armado base de un redondo del 8 que se verá reforzado allí donde sea necesario (ver planos).

COMPROBACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN INCENDIO									
Alt. Hormigón	h1	10	0 mm	Superficie expuesta	Lr	256,5 mm	Factor a4	a	mm
Alt. onda	h2	60	mm	Tipo de hormigón		Normal weight concrete	Factor a5	a	
Anch. onda inferior	l1	58,	0 mm	Factor a0	a0	-28,8 min	Factor Φ	Φ	0,42 -
Anch. onda superior	l2	12	1,0 mm	Factor a1	a1	1,55 m	Resistencia al fuego respecto del aislamiento térmico	ti	129,6 min
Anch. entre ondas	l3	14	7,0 mm	Factor a2	a2	-12,6 min	Resistencia al fuego requerida	tr	90 min
Área	A	53	70 mm ²	Factor a3	a3	0,33 m		Cum	
								ple	
ARMADO DE INCENDIO EN POSITIVOS									
Dist. Perp. 1	u1	42,	5 mm	Factor c0	c0	1342 °C	Temperatura del armado positivo	θ	s 477 °C
Dist. Perp. 2	u2	62,	9 mm	Factor c1	c1	-256 °C	Temperatura inferior interpolación		500 °C
Dist. Perp. 3	u3	60	mm	factor c2	c2	-235 °C .m	Temperatura superior interpolación		600 °C
Ángulo exterior del alma con la horizontal	α	62	°	Factor c3	c3	-5,3 °C.mm	Reducción inferior interpolación		0,78
Indicador de la posición en la costilla	z	2,4	mm [^]	Factor c4	c4	1,39 °C/°	Reducción superior interpolación		0,47
Resistencia al fuego	R	90	min	Factor c5	c5	-1267 °C.mm	Reducción de resistencia final		0,85
COMPROBACIÓN EN SITUACIÓN DE INCENDIO									
Carga superficial	qd	1,7	kN/	Momento de	M		Área necesaria de armado a		
	m	8	m	incendio M(-) izq	(-)	0 kN.m	fuego	a	36,93 mm ²
Peso propio	G	4,0	kN/	Momento de	M			u	
	0	8	m ²	incendio M(+) vano	(+)	1,57 kN.m	Cuánta de armado	*	16,06 kN
Cargas muertas	G		kN/	Momento de	M(-)		Cuánta de armado reducida por temperatura	u	18,89 kN
	1	2,5	m ²	incendio M (-) drcha	)	0,00 kN.m			
Carga variable 1	Q	3,0	kN/						
Coefficiente de simultaneidad Q1	Ψ	1	0,7	Intereje	b	0,205 m	Armadura dispuesta en la sección		21,9 kN
	1			Canto útil de la sección	d	0,1 m		1	8
Carga variable 2	Q	0,0	kN/					Cum	
Coefficiente de simultaneidad Q2	Ψ	2	0	Momento reducido	μ	0,05		ple	
	2				w	0,05			

Para completar la sección, es necesario disponer un armado superior en la capa de hormigón. Este armado no tiene importancia a nivel de flexión, no lo incluimos en los cálculos, sin embargo, es el que garantiza que se produzca el efecto diafragma en el forjado. Se armará por tanto con un mallazo mínimo continuo que vendrá determinado por lo expuesto en el EC4 artículo 3.4.3 (0,2% para construcción no apeada). Como disponemos de una capa de compresión de 100 mm (descontando el nervio) bastaría con disponer un mallazo de redondos del 10 cada 200 mm.

3.2. Losa de hormigón armado

La losa de hormigón armado es un elemento con poca repetición dentro del proyecto, limitándose su presencia a al forjado de planta baja. Dado que en este proyecto se está haciendo hincapié en la estructura metálica y mixta, se ha decidido dimensionar las losas directamente realizando un análisis en el programa SAP2000.

Previo a dicho análisis, es necesario realizar un predimensionado del canto de la losa. Para ello, basándonos en el artículo 50 EHE'08 y empleando la tabla 50.2.2.1a podemos estimar un canto inicial para dimensionar en SAP.

Se distinguen dos losas en planta baja. La primera, a la que llamaremos Losa A, se localiza en la entrada principal y cuenta con una zona volada de 2,5 metros de luz y una luz interior máxima entre apoyos continuos de 10 metros.

En el caso de la segunda losa, Losa B, tiene una forma más regular en L y contiene al núcleo de comunicaciones y los camerinos. La mayor luz que se puede medir en esta losa también es entre apoyos continuos separados 10 metros.

Por lo tanto, entrando en la tabla con losa continua apoyada y como elemento débilmente armado obtendríamos una relación $L/30$, lo que significaría para diez metros ($10/30 = 0,33$ m) tener una $d = 33$ cm. Sumando recubrimientos ambas losas deberían de tener un canto de entre 35 y 40 cm.

En base a este canto, y a las cargas descritas para ambas losas se realiza el dimensionado y armado de las mismas mediante las solicitaciones obtenidas en SAP2000 (ver 5.4 Losa de hormigón armado).

3.3. Estructura vertical metálica. Soportes

En estructura metálica el cálculo de los soportes está directamente relacionado con situaciones de pandeo ya que trabajamos con piezas muy esbeltas que, por lo general, suelen estar sometidas a grandes cargas. En función del diseño de los nudos (rígidos, semirrígidos o articulados) someteremos a los perfiles a situaciones de mayor o menor excentricidad (penalizando aún más la situación de pandeo).

Aunque los nudos se desarrollarán en capítulos posteriores, desde el momento de la conceptualización de la estructura se ha decidido que tanto las vigas como las correas se unan por medio de nudos articulados, ya que no se tiene la certeza de que se pueda verificar situaciones reales de nudos rígidos en esta estructura tan irregular y con tantos apeos (explicación ampliada en 4.7 Uniones de acero).

En base a la decisión de articular toda la estructura (lo cual tiene una repercusión directa sobre la estabilidad horizontal del edificio) se ha seguido el siguiente procedimiento de dimensionado de los soportes basándonos en el documento CTE-DB-SE-A.

Inicialmente se ha realizado un proceso de asignación de superficies tributarias para cada uno de los pilares del proyecto. Dicha superficie se asigna en función de la dirección de las vigas y correas de cada planta (reparto isostático). Como ya veremos en el proceso de verificación, los resultados obtenidos a nivel de solicitaciones son prácticamente los calculados de manera manual, existiendo pequeñas divergencias debido a las traslaciones de carga que se producen por la presencia de los arriostramientos.



Debido a la geometría cambiante del proyecto, es difícil realizar un proceso simplificado para la asignación de la superficie tributaria, ya que un mismo pilar tiene una superficie cambiante en altura. Además de lo anterior, las cargas también varían por plantas en función del uso, por lo que obtener axiles por planta se convierte en un proceso complejo si además tenemos en cuenta la gran cantidad de apeos existentes. Es un proceso que se debe realizar de manera minuciosa.

Para ello se ha trabajado con una hoja Excel en el que se van tratando los datos anteriormente citados, sirviendo dicha hoja como un documento básico para poder dimensionar de manera secuencial todos los soportes del proyecto.

So po rte	Bajada de cargas (kN)								Superficie (m2)												Carga lineal (longitud)								Carga puntual											
	S ót an o	B aj a	Ent repl ant	Pr im er	Se gu nd	T er ce ra	C u ar ta	Q ui nt	P. ar aj	C. ar aj	Ent repl ant	C. ar aj	Pr im er	C. ar aj	Se gu nd	T er ce ra	C. u ar ta	C. u ar ta	Q ui nt	Cu bi ert	C. ar aj	P. ar aj	Ent repl ant	Pr im er	Se gu nd	T er ce ra	C. u ar ta	Q ui nt	Cu bi ert	P. ar aj	Ent repl ant	Pr im er	Se gu nd	T er ce ra	C. u ar ta	Q ui nt	Cu bi ert			
P1	1	1							1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2	5	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	4	4	91,	68	45	23	0	0	0	7	5	0	05	0	05	0	05	0	05	0	0	0	0	2,0	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	8	8							6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	8																			
P2	4	4					1		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2,0	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04	3,5	0	0	40,	23	40	22	8,	1	0		
	4	4	380	33	27	22	5	0	0	7	1	0	01	0	01	0	01	0	01	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	3	0	0	26	,3	,7	,1	4	5	0	
	6	6	,0	4	2	7	6	0	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	7																			
P3	2	2					5		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	2,3	2,36	2,36	2,36	2,36	2,36	0	0	0	18,	9	13	13	5,	2	0		
	6	6	219	18	13	96	2	0	0	7	6	0	36	0	36	0	36	0	36	0	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	0	37	58	,5	,7	1	4	0		
	3	3							6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	6																			
P4	4	4					8		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3,2	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	4,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	2	2	359	29	21	15	8	0	0	7	3	0	53	0	45	0	53	0	53	0	0	0	5	5	5	5	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	3	3	,4	4	6	2	7	0	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6																			
P5	4	4					9		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	4,5	4,56	4,56	4,56	4,56	4,56	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6	6	377	28	27	18	9	0	0	7	5	0	95	0	0	4	5	9	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	7	7	,4	0	1	7	4	0	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6																			
P6	1	1					2		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	4,9	4,98	4,98	4,98	4,98	4,98	4,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2	2	100	79	78	52	6	0	0	7	12	5	12	5	0	0	16	5	6	5	0	0	8	8	8	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	0	0	,9	3	1	8	2	0	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6	6																			
P7	1	1					4		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	7,6	6,25	5,15	5,15	5,15	5,15	6,04	0	28,	14	21	21	2	3	48			
	5	5	141	96	57	6	3	0	0	7	6,2	5,	18	5,	0	0	16	5,	6	5	0	0	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	6	6	1,2	,9	,8	8	5	9	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	8	8																			
P8	1	1					4		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	3,7	2,66	3,76	3,76	3,76	3,76	6,04	0	28,	14	21	21	2	3	48			
	3	3	992	87	83	62	0	6	0	7	0	0	8	0	0	12	5,	2	5,	9	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	4	4	,5	1	8	5	9	9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	8	8																			
P9	6	6					1		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	4,2	4,19	4,46	4,46	4,46	4,46	4,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	7	7	662	49	43	29	7	0	0	7	0	0	13	0	0	3	5	9	0	0	0	0	6	6	6	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	7	7	,5	6	6	4	8	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6																			
P10	1	1					0		1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	6,4	6,56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4	4	122	0	0	0	0	0	0	7	0	0	59	0	0	5	0	5	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	5	5	,5	0	0	0	0	0	6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	6																			

La imagen superior es un extracto de la hoja desarrollada, y debido a sus dimensiones solo se muestra los diez primeros pilares analizados. De manera muy sencilla y ordenada se consigue computar las cargas superficiales (peso propio, cargas muertas y sobrecargas de uso), lineales (cerramientos) y puntuales (debido al aumento puntual de carga que producen los arriostramientos).

Obtenidas las cargas, el proceso de dimensionado al que nos enfrentamos consiste en analizar una situación de compresión simple con pandeo. Es importante destacar que el viento no se ha tenido en consideración en el proceso de dimensionado de los soportes, ya que se modelará en el programa SAP2000 introduciéndolo en el canto de los forjados. Analizaremos las consecuencias de esta decisión en el proceso de verificación de los soportes.

En función de la situación de isostatismo general de la estructura, no parece determinante el empleo de perfiles especiales, por lo que se decide utilizar soportes HEB (muy comunes en estructuras metálicas). La principal característica de estos perfiles es que son muy robustos, sin embargo, existen diferencias entre sus inercias referidas a los ejes Y-Y' y el Z-Z'. A nivel de pandeo veremos que esta situación va a ser restrictiva, sin embargo, al no existir grandes excentricidades no es algo por lo que debamos pensar en otro perfil en esta fase del proyecto.

En lo que se refiere a las características geométricas del tramo estudiado, es interesante tener en cuenta cuáles son los perfiles escogidos para el soporte de planta alta y de planta baja analizado, así como las vigas que acometen a los nudos superior e inferior del soporte analizado. Teniendo en cuenta las longitudes y las inercias de cada uno de los soportes (en sus correspondientes ejes inerciales) se pueden establecer los coeficientes de rigidez EI/L de cada uno de los tramos. Con todo ello, se puede aplicar la formulación descrita en el artículo 6.3.2.5 del CTE-DB-SE-A para determinar los coeficientes de distribución superior e inferior (η_{1y} ; η_{2y}) así como el coeficiente de reparto β_y .

En esta fase de dimensionado inicial no tiene mucho sentido afinar tanto, pues por una parte no disponemos en muchos casos de toda la información necesaria para calcular estos coeficientes (puede que no tengamos todas las vigas dimensionadas ni ajustadas o incluso no sepamos cuál es el pilar superior). Es por ello que, para avanzar y tener un primer esquema de pilares, se decide emplear un coeficiente $\beta_y = 1$ y $\beta_z = 1$ (no viéndose perjudicado ni beneficiado nuestro pilar por la configuración geométrica). Por tanto, la longitud de pandeo L_{ky} y L_{kz} serán directamente las del pilar analizado.

Seguidamente se calcularán las características y parámetros de pandeo propios del perfil empleado. Como ya se ha comentado, los perfiles abiertos tienen mayores problemas a pandeo en su eje débil, mientras que los perfiles cerrados presentan un comportamiento más estable. Para determinar los diversos parámetros se ha aplicado la formulación descrita en el artículo 6.3.2, el artículo 6.3.2.1 y el artículo 6.3.2.5 del CTE-DB-SE-A.

De las características propias del perfil escogido se obtienen la inercia I_y y I_z , y en función del área del perfil se determinan los radios de giro i_y e i_z . En base a los radios de giro y las longitudes de pandeo se determina la esbeltez mecánica del perfil λ_y y λ_z , así como la esbeltez reducida al dividir los resultados anteriores entre la esbeltez de Euler (que depende del tipo de acero empleado en el perfil). En nuestro caso estaremos trabajando con acero S275JR por lo que $\lambda_E = 86,81$.

Gracias a los parámetros anteriores, junto con las curvas de pandeo y los coeficientes de imperfección en y y z (dependen del tipo de perfil y son valores tabulados) se obtiene primeramente el coeficiente ϕ_y y ϕ_z , y posteriormente los coeficientes de pandeo χ_y y χ_z . Estos coeficientes son fundamentales ya que afectan directamente a la capacidad resistente del perfil con respecto a un determinado eje. Es por ello que en nuestro dimensionado seleccionaremos siempre la menor de las capacidades resistentes resultante de aplicar los dos coeficientes de pandeo anteriores. Una vez determinado lo anterior, solamente bastaría con comparar el axil calculado anteriormente para el tramo correspondiente al pilar analizado y ver si estamos por debajo del 100% de la capacidad del perfil en pandeo o si por el contrario necesitamos subir el calibre del mismo.

Adicionalmente, es interesante también comprobar que estamos dentro de los límites de esbeltez (Artículo 6.3.1 Tabla 6.3) y cuál es la separación máxima para que no se produzca el pandeo lateral (Artículo 6.3.3.2).

Para agilizar el proceso de dimensionado se ha realizado una hoja Excel en la que se incluyen los procedimientos explicados en los párrafos anteriores. A continuación, se muestran los resultados obtenidos para el pilar P14 en su tramo de planta baja.

DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
Soporte		P14	Planta			Baja		Axil		Nd	1511,1 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Soporte	HE 200 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 200 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI			EI	11961,6	kN.m2	Coeficiente EI			EI	4206,3	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	3785	/m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	1331	/m
S. superior	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	S. superior	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI soporte superior			EIsup	0	kN.m2	Coeficiente EI soporte superior			EIsup	0	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Lsup			K1y	0	/m	Coeficiente de rigidez EI/Lsup			K1z	0	/m
V.sup.izq	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	4,00	V.sup.izq	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	4,00
Coeficiente EI viga superior izq			EIsup	0	kN.m2	Coeficiente EI viga superior izq			EIsup	0	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/L11			K11y	0	/m	Coeficiente de rigidez EI/L11			K11z	0	/m
V.sup.drch	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	7,50	V.sup.drch	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	4,00
Coeficiente EI viga superior drch			EIsup	0	kN.m2	Coeficiente EI viga superior drch			EIsup	0	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/L12			K12y	0	/m	Coeficiente de rigidez EI/L12			K12z	0	/m
S. inferior	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	S. inferior	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI soporte inferior			Elinf	0	kN.m2	Coeficiente EI soporte inferior			Elinf	0	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Linf			K2y	0	/m	Coeficiente de rigidez EI/Linf			K2z	0	/m
V.inf.izq	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	4,00	V.inf.izq	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	4,00
Coeficiente EI viga inferior izq			Elinf	0	kN.m2	Coeficiente EI viga inferior izq			Elinf	0	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/L21			K21y	0	/m	Coeficiente de rigidez EI/L21			K21z	0	/m
V.inf.drch	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	7,50	V.inf.drch	Ninguna	Acero	S275	Longitud (m)	4,00
Coeficiente EI viga inferior drch			Elinf	0	kN.m2	Coeficiente EI viga inferior drch			Elinf	0	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/L22			K22y	0	/m	Coeficiente de rigidez EI/L22			K22z	0	/m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coeficiente de distribución nudo superior			η1y	1,00	Coeficiente de distribución nudo superior			η1z	1,00		
Coeficiente de distribución nudo inferior			η2y	1,00	Coeficiente de distribución nudo inferior			η2z	1,00		
Coeficiente de beta			βy	1,00	Coeficiente de beta			βz	1,00		
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λy	37,00	Coef. pand. z	χz	0,8		
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λz	62,40	Comp.Pa nd.y	Nb,R d,y	1934,5	kN	
Inercia I	Iy	5696000	mm4	Esb. red. λy®	0,43		Comp.Pa	Nb,R	1581,1	kN	

Inercia z	Iz	2003000	mm ⁴	0,72	nd.z	d,z	Resist.	Nb,R	1581,1	kN
Radio de giro y	iy	85,4	mm	0,21	Comp.	d	C.Crít.Eul	Ncr,y	11822,7	kN
Radio de giro z	iz	50,6	mm	0,34	Coef.	er.y	C.Crít.Eul	Ncr,z	4157,4	kN
Esbeltez de Euler	λE	86,81		0,6	Coef. ϕ_y	er.z	T.Crít.Eul	ocr,y	1513,8	2
Curva de pandeo y	a			0,8	Coef. ϕ_z	T.Crít.Eul	er.y	ocr,z	532,3	2
Curva de pandeo z	b			0,9	Coef. ϕ_z	er.z				

LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)										
LÍMITES DE ESBELTEZ					MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL					
Límite inferior esbeltez reducida	Hay que considerar pandeo				Área	A	3425	mm ²		
Límite superior admisible esbeltez reducida					Inercia lateral	I	10001721	mm ⁴		
	Principal Secundaria				Radio de giro lateral	if,z	54	mm		
	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Esbeltez de Euler	λE	86,81			
	2,6	3,9	2,5	4						
Esbeltez reducida y	Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y	Lcy,m	1094	mm		
Esbeltez reducida z	Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y	Lcy,m	3816	mm		

COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)										
Pandeo dominante	Pandeo en el eje X				Resistencia a compresión con pandeo	Nb,R	d	1581,1	kN	
Relaciones longitudes de pandeo	Lky/L	kz	1,00		Índice de aprovechamiento			95,6	%	
Relaciones radios de giro		iy/iz	1,69					Cumple		
Axil de compresión de cálculo	Ned		1511,1	kN						

Finalmente, tras realizar un primer dimensionado de los soportes y analizar los resultados, se decide emplear perfiles cerrados en cajón para aquellos soportes en los que se obtuvieron calibres superiores al HEB200 por un motivo constructivo: intentar asemejar el ancho del pilar con el ancho de las vigas y las correas.

Igualmente, y motivado por una decisión constructiva, se decide que los soportes se lleven a la obra con una dimensión igual a dos plantas por lo que se analizan las cargas existentes en los siguientes intervalos: planta sótano-planta entreplanta, planta primera- planta segunda, planta tercera-planta cuarta, y, por último, planta quinta. En función del mayor de los axiles se dimensiona el perfil común a las dos plantas. De igual modo los perfiles van disminuyendo (en función de las cargas) desde la planta sótano a la planta quinta.

Dado que en el proyecto se cuenta con 62 pilares, y se han analizado 7 plantas para cada pilar, se cuenta al menos con unas 400 hojas Excel (desde el pilar P48 al P62 se van apeando en distintas plantas). Con la intención de no generar más documentación de la necesaria, y siendo este proceso un cálculo sistemático, se decide situar en el Anejo III.7 Soportes el desarrollo completo de 3 pilares: el P13 (pilar interior), el P29 (pilar con un tramo de 3 plantas y gran esbeltez) y el P53 (pilar apeado que no llega a cimentación). Igualmente se pueden observar los resultados obtenidos por planta, así como las secciones dispuestas para todos los pilares en Anejo II.2 Verificación de soportes metálicos.

3.4. Arriostramientos

Las estructuras deben disponer de mecanismos de control frente a acciones horizontales tales como el viento o el sismo. En nuestro caso, al tratarse de una estructura metálica, la disposición de núcleos arriostrantes es algo crucial para poder verificar la estabilidad global del edificio (nudos articulados).

Tras estudiar las diversas plantas que componen el conjunto, se proponen ciertos puntos donde se colocarán núcleos arriostrantes. Por lo general se ha tratado de ubicar en puntos donde las diagonales tengan continuidad en altura (desde la cimentación hasta la cubierta), aunque esta situación no se ha cumplido siempre. En algunos casos, se debe trasladar el esfuerzo de las diagonales a otros núcleos, por lo que se verificará la capacidad del diafragma rígido. En otros casos, el traslado hasta otros núcleos no es posible, por lo que se transfiere los esfuerzos hasta los pilares, y de estos a la cimentación.

Para realizar el dimensionado de estos elementos partimos de los datos obtenidos en el estudio de la acción de viento, donde habíamos concluido con un cuadro resumen de las cargas puntuales por plantas producidas por la sobrecarga de viento sobre las distintas fachadas.

Los arriostramientos, que se proyectan como 2 UPN en diagonal (back-to-back), se calcularán a tracción, pues se entiende que cuando el viento cambia de sentido (y por tanto comprime el arriostramiento) entra a trabajar en tracción el perfil dispuesto en el sentido contrario.

El axil horizontal que representa a la carga de viento (q_{hd}) se equilibrará mediante una diagonal de acero, la cual forma un cierto ángulo con respecto al plano horizontal. Esto tiene un doble efecto sobre la estructura: por un lado, el axil a considerar para el dimensionado del perfil aumenta (q_{id}), por otro lado, se produce una componente vertical (q_{vd}) que se traduce en un aumento puntual de la carga axil en el soporte al cual se une el arriostramiento.

La siguiente tabla muestra a modo de resumen los incrementos de axiles en cada soporte y por planta (datos extraídos del cálculo manual de los arriostramientos, ver cálculos en Anejo III.8 Arriostramientos)

Soporte	Incremento de carga puntual (kN)						
	Entreplanta	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Cubierta
P1	0	0	0	0	0	0	0
P2	40,26	23,3	40,04	22,7	48,11	77,69	0
P3	18,37	9,58	13,52	13,71	15,17	25,63	0
P4	0	0	0	0	0	0	0
P5	0	0	0	0	0	0	0
P6	0	0	0	0	0	0	0
P7	28,65	14,94	21,09	21,38	23,65	39,96	48,85
P8	28,65	14,94	21,09	21,38	23,65	39,96	48,85
P9	0	0	50,4	64,4	62,61	98,95	0
P10	0	0	0	0	0	0	0
P11	40,26	23,3	40,04	22,7	48,11	77,69	0
P12	18,37	9,58	13,52	13,71	15,17	25,63	0
P13	24,81	15,56	30,06	38,41	37,34	59,01	6,35
P14	0	0	0	0	0	0	0
P15	24,11	12,58	17,75	17,99	19,91	33,63	0
P16	48,92	28,14	47,81	56,4	57,25	92,64	63,41
P17	0	0	0	0	0	0	0
P18	0	0	0	0	0	0	0



Soporte	Incremento de carga puntual (kN)						
	Entreplanta	Primera	Segunda	Tercera	Cuarta	Quinta	Cubierta
P19	0	0	0	0	0	0	0
P20	0	0	0	0	0	0	0
P21	0	0	0	0	0	0	0
P22	41,82	26,22	0	0	0	0	0
P23	46,68	29,27	56,55	72,26	70,25	0	0
P24	0	0	0	0	0	0	0
P25	0	0	0	0	0	0	0
P26	46,68	29,27	21,09	21,38	23,65	39,96	11,95
P27	41,82	26,22	0	0	0	0	0
P28	46,68	46,59	81	97,04	97,67	0	0
P29	0	17,32	24,45	24,78	27,42	0	0
P30	0	0	0	0	0	0	0
P31	46,68	29,27	0	0	0	0	11,95
P32	30,47	19,1	0	0	0	0	0
P33	0	0	0	0	0	0	0
P34	0	12,25	17,29	17,53	19,39	32,77	0
P35	0	12,25	17,29	17,53	19,39	32,77	0
P36	17,07	8,9	12,57	12,74	14,09	23,81	29,11
P37	38,69	22,45	38,76	46,2	46,62	75,22	34,64
P38	30,47	19,1	0	0	0	0	0
P39	17,07	8,9	12,57	12,74	14,09	23,81	29,11
P40	38,69	22,45	38,76	46,2	46,62	75,22	34,64
P41	0	0	0	0	0	0	0
P42	23,49	12,25	17,29	17,53	19,39	32,77	0
P43	23,49	12,25	17,29	17,53	19,39	32,77	0
P44	0	0	0	0	0	0	48,85
P45	0	0	0	0	0	0	0
P46	0	0	0	0	0	0	0
P47	0	0	56,55	72,26	70,25	111,02	11,95
P48	0	24,9	48,11	61,48	59,77	94,46	0
P49	0	0	48,11	61,48	59,77	94,46	0
P50	0	24,9	48,11	61,48	59,77	94,46	0
P51	0	0	48,11	61,48	59,77	94,46	48,85
P52	0	0	0	0	0	0	0
P53	0	0	0	0	0	0	0
P54	0	0	50,4	64,4	62,61	98,95	0
P55	0	0	0	0	0	0	0
P56	0	0	77,64	93,64	93,9	150,98	11,95
P57	0	0	0	0	0	0	0
P58	0	0	0	0	0	0	0
P59	0	0	0	0	0	0	0
P60	0	0	0	0	0	0	0
P61	0	0	0	0	0	0	0
P62	0	0	0	0	0	0	0
P63	0	0	0	0	0	0	0
P64	0	0	0	0	0	0	0
P65	0	0	0	0	0	0	0
P66	0	0	0	0	0	0	0
P67	0	0	0	0	0	0	0
P68	0	0	0	0	0	0	0
P69	0	0	0	0	0	0	57,06
P70	0	0	0	0	0	0	0

Al estar dimensionando en tracción, el axil resultante en la dirección del arriostramiento (qid) se toma para compararlo con la máxima resistencia a tracción del UPN. Sin embargo, la comprobación de resistencia debe ir acompañada en este caso de una comprobación del desplazamiento que se produce en la cabeza del soporte. Dicho desplazamiento viene acompañado de un alargamiento del perfil dispuesto en diagonal, que se puede cuantificar. El desplazamiento horizontal por planta no podrá superar $h/250$ ni $h/500$ en el caso del desplazamiento total del edificio tal como indica el CTE-DB-SE.

Para poder realizar este procedimiento de manera fluida, se ha desarrollado una hoja Excel aplicando los conceptos anteriormente explicados. Como ejemplo se presenta parte del cálculo desarrollado para el arriostramiento A20-A26 (plantas quinta y cuarta), que actúa en el eje X y es continuo desde la planta baja hasta la cubierta. Para cada una de las plantas se desarrolla una hoja de cálculo específica, donde se descompone la fuerza del viento y se calculan las fuerzas en la dirección. A medida que se va descendiendo en altura se va incrementando el axil a resistir ya que a la fuerza del viento se le incrementa el axil resistido por el arriostramiento de la planta superior.

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS													
Referencia	A20-A26	Planta		Quinta	Dirección		X						
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS													
EJE Y-Y					EJE Z-Z								
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo	29,4		
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43		
CARGAS DE VIENTO													
Carga de viento perpendicular a fachada				qhk	34,7	kN			Viento en la dirección del arriostramiento		qid	59,68	kN
Carga de viento perpendicular a fachada				qhd	52,0	kN			Incremento de axil en el soporte		qvd	105,76	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA													
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1		kN			Índice de aprovechamiento		20,7		%
Axil solicitado				59,7		kN			Cumple				
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO													
Tensión del arriostramiento			σ	54,3	N/mm2		Longitud que se alarga el arriostramiento			ΔL	1,7	mm	
Tensión máxima			σmax	261,90	N/mm2		Desplazamiento horizontal cabeza soporte			δ	1,9	mm	
			Cumple					Límite desplazamiento CTE			δCTE	12,64	mm
Módulo de deformación del acero			E	210000	N/mm2					Cumple			
Deformación unitaria del arriostramiento			ε	0,0003									
Deformación unitaria máxima			εmax	0,0012									
			Cumple										

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A20-A26	Planta		Cuarta	Dirección		X				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y					EJE Z-Z						
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo	29,4
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	25,9	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	44,63	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	38,9	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	79,10	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1 kN		Índice de aprovechamiento				36,2 %	
Axil solicitado				104,3 kN						Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento			σ	94,8	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento			ΔL	2,9	mm
Tensión máxima			σmax	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte			δ	3,3	mm
			Cumple			Límite desplazamiento CTE			δCTE	12,64	mm
Módulo de deformación del acero			E	210000	N/mm2				Cumple		
Deformación unitaria del arriostramiento			ε	0,0005							
Deformación unitaria máxima			εmax	0,0012							
			Cumple								

Finalmente se genera un cuadro resumen donde podemos ver ordenados todos los resultados, pudiendo verificar tanto la resistencia como la estabilidad local y global.

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO						A20-A26	
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitación		Despl. Local	Despl. Total
Quinta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	59,68 kN		1,91 mm	31,88 mm
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	104,31 kN		3,33 mm	29,98 mm
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	127,43 kN		4,07 mm	26,64 mm
Segunda	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	148,32 kN		4,74 mm	22,57 mm
Primera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	166,87 kN		5,33 mm	17,83 mm
Entreplanta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	181,47 kN		5,80 mm	12,50 mm
Baja	3,16 m	UPN 80	288,1 kN	209,5 kN		6,69 mm	6,69 mm
				Límite desplazamiento total		44,24 mm	Cumple

En el Anejo III.8 Arriostramientos se han incluido dos ejemplos desarrollados por completo de núcleos arriostrantes que van desde la cimentación hasta la cubierta, uno en el eje X y otro en el eje Y. Además del desarrollo de estos dos ejemplos, se han añadido los cuadros resúmenes como el arriba mostrado de todos los núcleos arriostrantes dispuestos en el proyecto (con el fin de poder verificar y comparar los resultados obtenidos en el cálculo automático en SAP2000).

Como se puede observar en los resultados adjuntos en el Anejo III, no existe a priori una relación de perfiles que podamos agrupar por plantas, ya que en unos casos necesitaremos desde un UPN80 hasta un UPN160 en planta baja (la planta con mayor solicitación). Esto es debido en parte que no existe una homogeneidad en el número de núcleos por plantas, dividiéndose los esfuerzos en mayor o menor medida. Al mismo tiempo, los resultados obtenidos deben de ser tratados con mucha precaución ya que no representan fielmente la geometría del edificio. Debido a la geometría tan cambiante se hace indispensable modelar correctamente el viento y ver los efectos del mismo sobre la estabilidad horizontal del edificio (ver explicación ampliada en 5.2 Estabilidad horizontal).

En cualquier caso, tomaremos los resultados obtenidos como un punto de partida para la asignación de secciones en el programa SAP2000 e iremos aumentando los perfiles con el objetivo de conseguir la estabilidad horizontal.

3.5. Celosías

Como se puede observar en los planos presentados, se ha proyectado dos celosías tipo Pratt para resolver la estructura principal del auditorio. Concretamente se proponen celosías con luces de 12,54 m (eje J) y 11,39 m (eje T) respectivamente.

A nivel geométrico encontramos ciertos condicionantes que nos marcarán la modulación de las celosías. Por un lado, podemos observar que las correas del forjado de cubierta están separadas cada 2,80 metros (máxima separación resistida por la chapa seleccionada). Esto nos marca una primera pauta para los módulos, ya que debemos intentar que las correas transmitan directamente la carga a los nudos, evitando la flexión en los cordones (lo que incrementaría mucho el coste material y económico de la misma).

Como se podrá observar en los cálculos adjuntos (ver anejo III.9. Celosías), se va a predimensionar la celosía con un canto $h/10$, por lo que respectivamente tendríamos unos cantos mínimos de 1,25 m y 1,15 m. Se decide entonces trabajar con el mismo canto para ambas celosías y que, en combinación con la separación de correas, nos sirvan para proyectar una estructura simétrica. Se define un canto de 1,40 metros, módulos de 1,40 m y diagonales a 45° .

Las cargas que deberán soportar son las ya comentadas para la cubierta no transitable y, adicionalmente, la celosía J funcionará como celosía de apeo de los pilares P53 y P54. A continuación, se explicarán las diferencias que se encuentran a la hora del dimensionado entre ambas celosías (a nivel de cargas y de geometría).

Otro elemento común a ambas estructuras es que se construirán a base de perfiles HEB para los cordones y 2UPN en cajón para diagonales y montantes. Los cordones se dimensionarán con un ancho igual o superior al de los montantes y diagonales para disponer del espacio suficiente para la realización de las uniones soldadas. Se pretende que las celosías lleguen a la obra en 2 partes estando ya previamente soldados los montantes y las diagonales. Con ello solamente deberíamos realizar un empalme para unir las celosías y la verificación de los nudos según el artículo 8.9 del CTE-DB-SE-A.

A nivel de cálculo, se dimensionarán por separado cordones, montantes y diagonales para dos celosías canónicas de 8 módulos de $1,40 \times 1,40$ y luego se verificará mediante el programa SAP2000 la aptitud de las mismas con los resultados obtenidos del cálculo manual. Para los cálculos que se muestran a continuación se ha seguido las condiciones explicitadas en el CTE-DB-SE-A.

Para el dimensionado de los cordones, debemos tener en cuenta que en la flexión uno de los dos cordones estará comprimido, por lo que el proceso de dimensionado es el mismo que realizaríamos en un pilar: compresión con pandeo. La longitud que tomaremos para el cálculo será la distancia entre correas (2,80 m). Aplicando los procedimientos ya explicados en el dimensionado de soportes se determina los coeficientes de pandeo en el eje Y y Z del perfil y se determina la resistencia a compresión con pandeo del perfil (tomando la más restrictiva).

De igual forma, los montantes son elementos que van a trabajar a compresión con pandeo, limitando su altura a la altura de la celosía. El procedimiento de cálculo es el mismo que el anterior. La carga que utilizaremos como sollicitación será directamente la que transfiere una de las correas interiores a un montante (en este caso particular, dada la modulación, son todas iguales). Nótese que la carga en el montante extremo será la mitad, con lo que podríamos disminuir la sección de ese montante, sin embargo, optaremos siempre por dimensionarlos todos con la misma sección.

Respecto a la diagonal, aquí podemos encontrarnos en un caso de tracción o compresión con pandeo en función del tipo de celosía que estemos diseñando. En este caso, las celosías son tipo Pratt, por lo que las diagonales siempre trabajaran a tracción (se optimiza el material). Para dimensionar, se toma la diagonal más solicitada, que estará en el centro del vano donde se localiza el mayor momento para la celosía. Realizando un corte por una de las diagonales centrales y estableciendo la sumatoria de momentos en ese punto se determina el momento máximo. Dividiendo el momento anterior por la

distancia perpendicular entre el montante y la diagonal se consigue hallar el axil de tracción de la diagonal analizada.

Finalmente, y dado que estamos ante un elemento con una luz considerable, se realiza una comprobación de la deformación que tendría la celosía en función de los perfiles determinados. Para ello se calcula el momento de inercia del conjunto a través de Steiner y se halla la flecha máxima desarrollada, tomando como límite $L/300$.

Dimensionado de la celosía J

Aplicando los conceptos anteriores se ha desarrollado esta celosía, que presenta la particularidad de tener dos cargas puntuales provenientes de los pilares apeados P53 (932 kN) y P54 (472 kN). Ambas cargas han sido extraídas de la bajada de cargas realizadas para los soportes.

Además, a nivel geométrico, podemos observar que si dimensionamos la celosía con módulos de 1,40 x 1,40 m nos saldría una celosía de 9 módulos (siendo el último menor a 1,40). Como una primera aproximación obviaremos esta cuestión y trabajaremos con una celosía canónica de 8 módulos, realizando una comprobación posterior en el programa SAP2000 con la geometría real.

Aplicando los conceptos de dimensionado explicados en párrafos anteriores, vemos que la celosía va a salir dimensionada en función del montante donde queda aplicada la carga de 932 kN más la propia de la correa (87,5 kN). Se obtiene un montante 2UPN160, por lo que se decide emplear a su vez un 2UPN160 para las diagonales (siendo este el perfil óptimo para resistir la tracción en la diagonal más solicitada). Para los cordones, emplearemos un HEB160 para dejar algo de margen en los laterales de las alas y realizar la soldadura. Hágase notar que no es necesario el HEB160 por resistencia, estaríamos cumpliendo con un HEB100.

Por último, se comprueba que con los perfiles empleados se consigue una deformación de $L/684$ (18,3 mm), cumpliendo el límite de $L/300$ (41,8 mm). Se verificará la deformación real a través del modelo de SAP2000.

Con la finalidad de no adjuntar una gran cantidad de cuadros (la hoja Excel desarrollada para el dimensionado de celosías tiene un tamaño considerable) se han añadido los cálculos en el anejo III.9. Celosías. En dicha hoja se puede verificar que el proceso arriba explicado es el empleado para el dimensionado, así como que se ha hecho uso del CTE-DB-SE-A.

Dimensionado de la celosía T

A diferencia de la celosía anterior, estamos en un caso canónico de 8 módulos de 1,40 x 1,40. Además, no existen cargas exteriores de pilares apeados, por lo que simplemente debemos hacer frente a las cargas puntuales sobre nudos de 87,5 kN (43,75 kN sobre los nudos externos).

En este caso, el dimensionado general viene determinado en función de la diagonal, donde se requiere emplear un 2UPN140. Por tanto, se dispondrán diagonales y montantes 2UPN140 y cordones de HEB140 para disponer de espacio suficiente al realizar las uniones soldadas.

Con estos perfiles, se calcula que se obtendría una deformación de $L/671$ (16,9 mm), cumpliendo holgadamente la limitación de $L/300$ (37,9 mm). Al igual que en el caso anterior, se verificará la aptitud de los perfiles escogidos y la deformación real en el modelo de SAP2000.

Una vez más, se adjuntan los cálculos realizados en la hoja Excel desarrollada en el anejo III.9. Celosías.

3.6. Muros de hormigón armado

Al igual que ocurría con las losas macizas, los muros de hormigón armado aparecen en el proyecto de manera puntual en la planta sótano. Es por ello que se ha decidido realizar un análisis y dimensionado con las solicitaciones obtenidas del programa SAP2000.

El muro que se va a analizar es el que actúa de elemento delimitador del auditorio y que sirve de apoyo para los pilares P7, P17, P19, P26 y P31 (ver análisis y dimensionado en 5.8 Muros de hormigón armado).

3.7. Uniones de acero

En el presente capítulo se presentan los 4 tipos de uniones que se han proyectado para el edificio de estructura metálica. Siendo ésta una estructura de nudos articulados en la mayor parte de los casos, se han generado uniones muy sencillas de calcular y ejecutar.

Distinguiremos las uniones atornilladas de chapa lateral, utilizada en las uniones donde se transmite únicamente el cortante (uniones viga-correa, viga-pilar y para los arriostramientos); uniones atornilladas de chapa frontal (uniones viga-pilar pertenecientes al pórtico rígido) para transmitir cortante y momento; empalmes (para las vigas de grandes luces y las celosías) y la unión soldada de las diagonales y montantes de las celosías.

Previo al desarrollo pormenorizado de la teoría aplicada para el cálculo de cada una de las uniones es importante subrayar que, a pesar de estar proyectando una estructura mixta, en ninguno de los casos siguientes se ha contabilizado la contribución del hormigón en el diseño de los nudos. Se trataría entonces de un diseño de nudos en estructura metálica, por lo que se entiende que, en la realidad, la capacidad real de los nudos estará muy por encima de los resultados obtenidos.

La normativa empleada para el diseño de las uniones se basa en aspectos del CTE-DB-SE-A, la Instrucción de Acero (EAE) y los eurocódigos de Acero (EC3). Para cada caso se comentará los aspectos tomados de las respectivas normativas.

3.7.1. Unión atornillada A: Chapa lateral

Esta unión está pensada para transmitir el cortante de una viga principal a otra secundaria o un pilar en los casos en los que estamos proyectando una estructura con nudos articulados. Dado que esas han sido las condiciones que hemos definido desde el inicio, podemos afirmar que esta unión es la más repetida del proyecto.

Debido a su importancia se ha considerado conveniente calcular todas las uniones posibles de la misma. Para explicar la metodología empleada sería conveniente pensar en las situaciones en las que se va a definir una unión de este tipo: uniones viga-pilar y correa-viga. En el primer caso el único requisito geométrico que tenemos es el del espacio disponible del alma de la viga. En el segundo existen más variantes, pudiendo encontrar situaciones donde la correa es más pequeña que la viga (el caso más común), situaciones donde correa y viga tienen el mismo canto y, por último, situaciones donde la correa tiene mayor canto que la viga. La explicación de una situación tan extraña como que una correa tenga mayor canto que la viga a la que va a transmitir sus esfuerzos radica en la geometría de la estructura. Si analizamos las plantas, las correas por lo general cubren luces de entre 5,50 a 7,5 metros, sin embargo, las vigas toman luces variadas en función de la colocación de los pilares. Encontraremos la situación descrita en zonas donde existan dos pilares muy próximos (sobre los 4 metros) y en su mitad acometa una correa. Es por ello que, basándonos en los motivos antes comentados, se ha procedido a calcular las uniones de chapa lateral de todos los perfiles de la serie IPE empleados en el proyecto, ya que estas tienen una solución única. Con respecto a las uniones correa-viga, se han dimensionado 2 ejemplos de cada una de las tres combinaciones posibles.

Para el dimensionado de esta unión se ha realizado una hoja de Excel propia y se puede consultar los cálculos realizados en el Anejo III.10. Uniones atornillos A: Chapa lateral. Dada la cantidad de hojas generadas para el caso de la unión viga-pilar, se adjuntan 3 ejemplos de los 17 perfiles calculados (IPE-200, IPE-300, IPE-400). En el caso de las uniones correa-viga se adjuntan los cálculos de los 6 casos analizados.

Para la selección de los casos analizados se han tenido en cuenta criterios tales como analizar la unión de las correas más solicitadas y más comunes como pueden ser los perfiles IPE270, IPE300 e IPE330 acometiendo a perfiles de mayor canto o menor canto. Los casos de coincidencia de perfiles son menos comunes y se han seleccionado los más solicitados.

A continuación, se explicará los conceptos que se deben de tener en cuenta para el dimensionado de esta unión y que son la base con la que se ha generado la hoja de cálculo propia. Tomaremos como ejemplo el dimensionado del perfil IPE 240 (unión viga-pilar).

El diseño de la unión tiene como punto de partida el espacio disponible en sentido vertical en el alma de la viga que va a transferir el esfuerzo. En función del perfil analizado, tomaremos como altura máxima de la chapa lateral la altura entre acuerdos de las alas del perfil.

Dado que se pretende alcanzar una solución que sea compatible con todas las situaciones de cargas analizadas para un mismo perfil, dimensionaremos las uniones con la carga máxima determinada para cada perfil. Tomaremos los valores que resultan de la verificación de las vigas a través del programa SAP2000, cuyos resultados se han tabulado de manera ordenada y se pueden observar en II.2. Verificación de vigas mixtas.

A partir de dicha información, se ha generado el siguiente cuadro adjunto en el que se define la referencia de la viga analizada, el calibre del perfil y el cortante solicitado por la viga.

Referencia	Perfil	Cortante kN	Referencia	Perfil	Cortante kN	Referencia	Perfil	Cortante kN
202	IPE-80	16,8	254	IPE-200	49,6	76	IPE-360	172,1
78	IPE-100	18,9	59	IPE-220	66,5	74	IPE-400	146,2
77	IPE-120	38,4	47	IPE-240	63,2	69	IPE-450	178,5
22	IPE-140	24,6	19	IPE-270	84,9	224	IPE-500	291,4
81	IPE-160	33,5	12	IPE-300	117,4	218	IPE-550	236,3
58	IPE-180	39,7	236	IPE-330	107,9			

Hay que resaltar que, basándonos en el artículo 56 de la EAE, el cortante solicitado en la unión V_{jEd} no podrá ser menor a un tercio del cortante plástico del perfil, por lo que se realiza una comprobación inicial para ver si el cortante V_{Ed} cumple o no este criterio.

DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL									
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL									
Perfil seleccionado	IPE		Altura	h	240	m	Radio de acuerdo	r	15
	240						Altura entre		
Acero empleado	S275		Anchura	b	120	m	acuerdos	d	190,4
								Av	cm
Límite elástico	f_y	275	Espesor del ala	t_f	9,8	m	Área de cortante	z	19,1
									2
Tensión rasante resistente	τ_{yd}	151,2	Espesor del alma	t_w	6,2	m			
Límite elástico	f_u	430	Altura entre alas	h_w	4	m			
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN									
Cortante solicitado	V_{Ed}	63,2	Resistencia del tornillo	F_v, R_d	62,8	kN	Nº de columnas		2
	V_{plR}		solicitado				dispuestas		
Cortante plástico resistido	V_{plR}	288,8	Nº de tornillos mínimos		1,5		Tornillos totales		4
Cortante solicitado por la unión	V_{jEd}	96,3	Nº de tornillos dispuestos por columna		2			Cumpl	
								e	

En el diseño de la chapa lateral influye mucho la métrica del tornillo empleado. Inicialmente seleccionaremos la métrica y la cantidad de tornillos en función de su capacidad a corte por rosca. A continuación, se distribuyen los tornillos en el espacio disponible para la chapa lateral respetando las distancias mínimas a borde y entre tornillos en dirección paralela y perpendicular al esfuerzo. Podemos encontrar dichas disposiciones constructivas tanto en la EAE (art. 58.4) como en el EC8 (art. 3.5) existiendo pequeñas diferencias entre ellos. Las tendremos las dos en cuenta y las iremos empleando en función de la situación analizada.

Finalmente, la verificación de la unión se basará en cuatro comprobaciones: rotura de los tornillos, aplastamiento de la chapa, desgarro del perfil y fallo en la soldadura

Primeramente, se verifica en función de los esfuerzos obtenidos en los tornillos que no se supera la máxima capacidad a cortante por rosca. Al mismo tiempo se calcula el máximo cortante resistido por la unión que será producto de poner en relación cortante solicitado por la unión V_{jEd} , la capacidad a cortante de los tornillos F_{vRd} y el mayor cortante solicitado en un tornillo F_{vEd} determinado en la distribución de esfuerzos.

1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS						
	F_{vEd}	F_{vRd}			Cortante solicitado por la unión	V_{jEd} 96,3 kN
Tornillo 1	44,97		62,80	Cumple	Cortante resistido por los tornillos	F_{vRd} 62,80 kN
Tornillo 2	44,97		62,80	Cumple	Mayor cortante solicitado por un tornillo	F_{vEd} 44,97 kN
Tornillo 3	28,03		62,80	Cumple	Máximo cortante resistido por la unión	V_{jRd1} 134,4 kN
Tornillo 4	28,03		62,80	Cumple		Cumple

Respecto al aplastamiento de la chapa, se determinará en función de lo establecido en el artículo 58.6 de la EAE (muy similar a lo expuesto en el EC). La resistencia $F_{b,Rd}$ será producto de los factores alfa y beta (en función de la geometría de la unión), la resistencia a tracción del material de la pieza, el diámetro del tornillo, el espesor de la chapa más delgada (alma o chapa lateral) y el coeficiente de seguridad γ_{M2} .

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA								
		0,6				Fb,R	k	
Factor α1	α1	5	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	3,7	Resistencia de la chapa	d	55,29 N	
Comprobación 1 (fub/fu)		2,3	Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	44,97 N	
Comprobación 2 (1)		1	Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	7	Fb,Rd≥FvEd	Cumpl e		
		0,6		f	N/mm		k	
Comprobación 3 (e1/3d0)		5	Límite elástico fu	u	430 2	Cortante solicitado por la unión	VjEd	96,3 N
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)		1,9				Máximo cortante resistido por la unión	VjRd	k
		7	Diámetro del tornillo	d	16 mm	2	118,4 N	
Factor k1	k1	2,5	Espesor de la chapa más delgada	t	6,2 mm		Cumpl e	

Igualmente, se estudiará la resistencia a desgarro del alma como de la chapa lateral en función de lo establecido en el artículo 58.5.1 de la EAE. Se medirá en mm² la superficie que habría que romper para que se produjera el desgarro en función de una serie de patrones de rotura que especifica la norma.

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL											
Desgarro perfil 1	Veff,Rd1	172,1	kN	Desgarro chapa 3	Veff,Rd3	232,9	kN	Desgarro del perfil	Veff,Rd3	144,4	kN
Superficie vertical	Anv	954,8	mm2	Superficie vertical	Anv	1540	mm2	Cortante solicitado	VjEd	96,3	kN
Superficie transversal	Ant	161,2	mm2	Desgarro chapa 4	Veff,Rd4	277,6	kN				Cumple
Desgarro perfil 2	Veff,Rd2	144,4	kN	Superficie vertical	Anv	1540	mm2				
Superficie vertical	Anv	954,8	mm2	Superficie transversal	Ant	260	mm2				

Por último, se calcula la resistencia de la soldadura y se compara con el cortante V_{jEd} . Este no suele ser un elemento restrictivo, y además con pequeños incrementos en la garganta de soldadura (que viene en función de los espesores de las piezas a soldar) se incrementa considerablemente la resistencia de la misma. Como se puede verificar en el cuadro inferior, dicha resistencia pone en relación la longitud del cordón (en nuestro caso los bordes longitudinales de la chapa), el espesor del cordón y la resistencia a

tracción del material empleado en la soldadura (mayor resistencia que el propio acero de los perfiles empleados).

4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA									
Longitud cordón	l	190	mm	Espesor chapa máxima	t _{max}	10	mm	Resistencia de la soldadura	F _{w,Rd} 311,22 kN
Espesor chapa mínima	t _{min}	6,2	mm	Garganta mínima	a _{min}	3,5	mm	Cortante solicitado	V _{jEd} 96,3 kN
Garganta máxima	a _{max}	4,34	mm	Garganta seleccionada	a	3,5	mm		Cumple

Comparando los resultados obtenidos, podemos verificar por una parte que no existe ningún valor de los determinados que sea inferior al cortante de la unión, y por otro, se ve que componente es más limitativa de la unión. Esto es interesante ya que nos permite rediseñar la unión en función de nuevos condicionantes.

CONFIGURACIONES DE ROTURA					
Rotura del tornillo	V _{jRd1}	134,4	kN	Fallo de la soldadura	V _{jRd4} 311,22 kN
Aplastamiento de la chapa	V _{jRd2}	118,4	kN	Modo de fallo:	118,4 kN
Desgarro del perfil	V _{jRd3}	144,4	kN	Aplastamiento de la chapa	

Con todo ello, se obtendría una unión compuesta por 4TR16 en 2 filas y 2 columnas, con las separaciones arriba indicadas, que sería capaz de soportar la mayor solicitación calculada para un perfil IPE240 para nuestra estructura.

La relación de tornillos empleados en las uniones calculadas para cada calibre de viga son las siguientes (ver distribución en planos de detalles de uniones):

Perfil	Tornillería	Perfil	Tornillería	Perfil	Tornillería
IPE80	3TR12	IPE200	6TR12	IPE360	6TR16
IPE100	3TR12	IPE220	6TR12	IPE400	8TR16
IPE120	4TR16	IPE240	4TR16	IPE450	8TR16
IPE140	4TR12	IPE270	6TR16	IPE500	10TR16
IPE160	4TR12	IPE300	6TR16	IPE550	10TR16
IPE180	4TR12	IPE330	6TR16		

Para los casos de unión correa-viga donde la viga tiene un canto igual o superior a la correa, la única consideración extra que deberíamos hacer es medir el desarmillado en sentido horizontal y vertical en la correa, ya que está debe introducirse lo máximo posible dentro del alma de la viga. Con ello, se perderá algo de altura disponible para la chapa lateral, y las distribuciones de tornillos que habíamos realizado anteriormente puede que no nos funcionen.

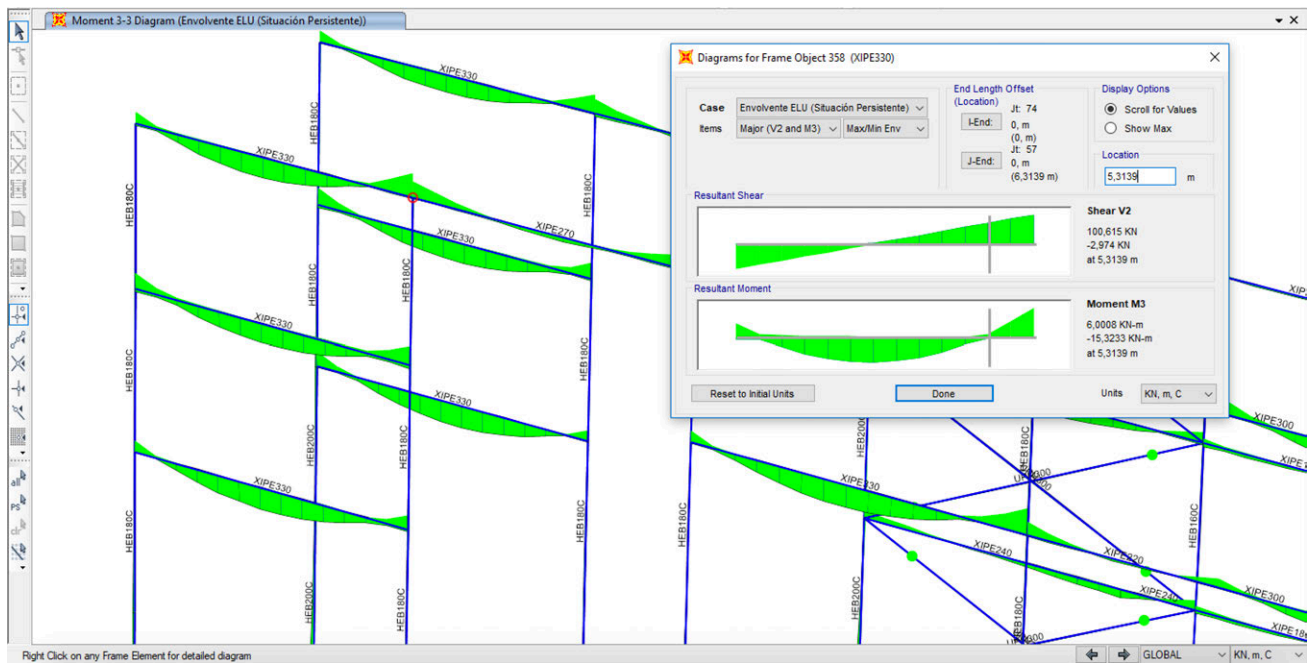
Para el caso particular en el que la correa tiene mayor canto que la viga esta limitación de altura es aún mayor si cabe, pues además del desarmillado superior, la altura de la chapa también queda limitada en su parte inferior pues el ala inferior de la viga quedará por encima del ala inferior de la correa. Además, la correa no se podrá introducir en el alma, generándose una mayor excentricidad. Con todo ello, las soluciones tienden a tener una mayor cantidad de columnas de tornillos, menos filas por el espacio disponible, y se emplean tornillos de métricas superiores a las de los casos previamente analizados.

3.7.2. Unión atornillada B: Chapa frontal

La unión atornillada de chapa frontal se empleará en aquellos casos en los que, además de transmitir el cortante, sea necesario transferir el momento entre viga y pilar. Por tanto, será la unión que emplearemos en los nudos rígidos de los pórticos 20 y 26 (ver justificación pórticos rígidos en Análisis en SAP2000).

Al igual que en casos anteriores, para explicar la metodología empleada se presentará la hoja Excel desarrollada para el cálculo de las uniones de chapa frontal. Se han calculado 6 uniones, tres por pórtico. A continuación, expondremos la unión del punto F20 (IPE330), de la planta cubierta, mientras que las otras 5 se podrán consultar en el Anejo III.12. Chapa frontal.

Lo primero que debemos advertir es que, dada la necesidad de que los nudos del pórtico rígido se comporten rigidamente (y no como uniones semirrígidas), la unión de la chapa frontal no se realizará en el encuentro con el soporte, sino con un tramo inicial de viga que vendrá soldado al soporte desde el taller. En función de la gráfica de momentos, se escogerá el punto más adecuado para realizar la unión. Este punto se escogerá intentando encontrar unas solicitaciones equivalentes a las mínimas marcadas por el artículo 56 de la EAE.



La imagen superior es una captura de las solicitaciones de la unión que se va a mostrar a continuación. A modo de resumen, se han tabulado las solicitaciones tomadas a 1 metro del encuentro con el pilar para el caso expuesto y los otros 5 calculados:



Referencia	Planta	Perfil	Cortante (kN)	Momento (mkN)
F20	Cubierta	IPE330	73,7	27,9
T26	Cubierta	IPE360	88,4	60,9
J20	Quinta	IPE270	49,9	36,3
Z26	Cuarta	IPE140	16,9	5,5
B'20	Primera	IPE220	39,8	11,5
J26	Primera	IPE450	73,9	24,9

Para empezar a analizar la unión F20 (IPE330) lo primero que debemos hacer es plantear las características geométricas de los perfiles a unir, así como las solicitaciones de la unión. A partir de ahí, se escoge la métrica del tornillo en función del cortante solicitado y sabiendo que vamos a plantear una chapa frontal con 6 tornillos (2 columnas 3 filas). En función del tornillo, tendremos que respetar las distancias a borde, distancias mínimas por utillaje y la separación entre ejes de tornillos.

DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA FRONTAL												
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL												
Perfil seleccionado		IPE										
		330		Altura	h	330	m	Radio de acuerdo	r	18	m	
Acero empleado		S275										
				Anchora	b	160	m	Altura entre acuerdos	d	271	m	
Límite elástico	fy	275	N/m									
Tensión rasante			m2	Espeor del ala	tf	11,5	m	Área de cortante	Avz	30,8	2	
resistente	tyd	151,2	N/m									
			m2	Espeor del alma	tw	7,5	m	Módulo resistente plástico y-y	Wpl,		cm	
			N/m						y	804	3	
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	307	m					
SOLICITACIÓN DE LA UNIÓN												
Cortante solicitado	Ved	73,7	kN	Cortante solicitado por la unión	VjEd	2	kN	Momento plástico resistido	Mpl,		mk	
Cortante plástico resistido	VplR								rd	210,6	N	
	d	465,7	kN	Momento solicitado	Mple	27,9	mk	Momento solicitado por la unión	Mplj		mk	
					d		N		Ed	105,3	N	
DETERMINACIÓN DEL PERNO NECESARIO												
Brazo de palanca medio	Zme	318,5	mm	Resistencia mínima de los tornillos	Ft,rd	82,6	kN	Resistencia del tornillo solicitado	Ft,R	176,4	kN	
					min				d			
Nº de tornillos dispuestos		6		Tornillo		M20			Cum			
Momento solicitado	Mplj								ple			
	Ed	105,3	mkN	Tipo de tornillo		10.9						
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO												
Tornillo		M20		Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	98	kN	Distancia entre tornillos habitual	p	60	m	
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,Rd	90,2	kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	27	m	
Límite elástico del tornillo			N/m			171,		Distancia mínima entre tornillos			m	
	fub	1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,Ck	5	kN	dirección esfuerzo	p1	49	m	
Diámetro nominal	d	20	mm				N.	Distancia mínima al borde perp.			m	
Diámetro del taladro	d0	22	mm	Par de apriete EC3	Mt	617	m	Esfuerzo	e2	33	m	
				Coeficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4		separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	53	m	
Área bruta	A	314	mm2	Resistencia a deslizamiento	Fs,Rk	62,4	kN	Distancia a pared por utillaje	m	45	m	
Área resistente	As	245	mm2	Resistencia a deslizamiento								
Capacidad a tracción	Ft,Rd	176,4	kN	ELU	Fs,Rk	54,9	kN					
				Distancia al borde habitual	e	40	m					

Con los datos anteriores podemos dibujar la geometría de la chapa, determinando los parámetros bp, ex y mx (entre otros) los cuales necesitaremos para plantear las configuraciones de rotura en la flexión de la chapa.



CARACTERÍSTICAS DE LA CHAPA FRONTAL					
Ancho total de la placa	b	230	mm	Distancia horizontal tornillo-borde	e 45 mm
Borde lateral-tornillo		45	mm	Distancia horizontal entre tornillos	w 140 mm
Separación tornillos		140	mm	Distancia horizontal total	bp 230 mm
Altura total de la placa	h	430	mm	Distancia vertical tornillo-borde	ex 45 mm
Borde superior-tornillo		45	mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	mx 38,22 mm
Tornillo-ala superior (CS)		45	mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	m2 38,22 mm
Espesor ala		11,5	mm	Distancia horizontal tornillo-borde (F2)	e 45 mm
Ala superior-tornillo (CI)		45	mm	Distancia horizontal tornillo-soldadura (F2)	m 60,6 mm
Distancia entre tornillos		217	mm		
Tornillo-ala inferior (CS)		45	mm		
Espesor ala		11,5	mm		
Cuelgue chapa		10	mm		

Se determina la resistencia de los tornillos evaluando por filas las resistencias a momento flector y el comportamiento a medida que se van sumando filas. Posteriormente, se realiza la determinación de la resistencia de las alas y el alma del perfil a momento flector. Por último, realizamos la misma operación con los cordones de soldadura dispuestos, que variarán (su garganta) según el espesor de la chapa.

RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS					
Fila 1			Fila 3		
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd1	352,8 kN	Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd3	352,8 kN
Brazo de palanca	Z1	369,25 mm	Brazo de palanca	Z3	50,8 mm
Momento resistido	Mrd1	130,3 N	Momento resistido	Mrd3	17,9 N

Fila 2			Sumatoria de momentos		
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd2	352,8 kN	Momento resistido	Mrd	mk
Brazo de palanca	Z2	267,75 mm	Momento resistido	Mrd	mk
Momento resistido	Mrd2	94,5 N	Momento resistido F1+F2+F3	Mrd	242,6 N

RESISTENCIA EN ALA Y ALMA DEL PERFIL					
Momento plástico resistido	Mpl,r	mk	Capacidad total de todos los tornillos	Ft,r total	1058, 4 kN
Brazo de palanca entre resultante alas	Zalas	318,5 mm	Limita la capacidad de los tornillos		
Valor límite de las resultantes	Fc,fb, rd	661,1 kN	Máxima compresión solicitada en 1 tornillo	Ft,Ed	82,6 kN

MOMENTO RESISTIDO POR LA SOLDADURA					
Espesor del ala	tf	11,5 mm	Espesor mínimo	tmi	7,5 mm
Espesor del alma	tw	7,5 mm	Garganta máxima	x	5,25 mm
Espesor de la chapa	tp	15 mm	Garganta mínima	n	4,8 mm

Soldadura Chapa-ala			Garganta propuesta		
Espesor máximo	tma	x 15 mm	Longitudes efectivas		
Espesor mínimo	tmin	11,5 mm	Cordón superior ala	Lef	
Garganta máxima	ama	x 8,05 mm	superior	f1	148 mm
Garganta mínima	ami	n 4,8 mm	Distancia al punto de rotación	Z1	328,5 mm
Garganta propuesta	a	6 mm	Cordón inferior ala	Lef	
			superior	f2	46,25 mm
			Distancia al punto de rotación	Z2	308,5 mm
				Lef	
			Cordón alma	f3	135,5 mm
			Distancia al punto de rotación	Z3	227 mm

Resistencia de las soldaduras		
Resistencia soldadura ala superior superior	Fwrd1	207,8 kN
Momento resistido ala superior superior	Mwrd1	68,3 N
Resistencia soldadura ala superior inferior	Fwrd2	129,9 kN
Momento resistido ala superior inferior	Mwrd2	40,1 N
Resistencia soldadura alma	Fwrd3	317,1 kN
Momento resistido alma	Mwrd3	72,0 N
Resistencia a tracción total	FwRd	654,7 kN
Momento resistido total	MwRd	180,3 N

APLASTAMIENTO DE LA CHAPA					
Factor α_1	α_1	0,68	Factor k_1	k_1	2,50
Comprobación 1 (fub/fu)		2,3	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)		4,0
Comprobación 2 (1)		1	Comprobación 2 (2,5)		2,5
Comprobación 3 (e1/3d0)		0,68	Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)		7,21
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)		1,87	Límite elástico fu	fu	430 N/mm2
			Diámetro del tornillo	d	20,0 mm
			Espesor de la chapa más delgada	t	15,0 mm
			Resistencia de la chapa	Fb,Rd	175,9 kN

Se realiza el análisis de los modos de fallos por filas según los patrones circulares y no circulares y se analiza la resistencia del T-stub. Se necesita una resistencia mínima del T-stub y esta se va a ir modificando a medida que variemos la separación entre los tornillos, distancias a borde o incluso el espesor de la chapa. Por lo general se observa que se mejora el comportamiento cuando se aumenta la distancia bp (separación horizontal entre columnas de tornillos).

FLEXIÓN PARA LA CHAPA FRONTAL									
Fila 1			Fila 2			COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Modos de fallo circular	leff,c	p	Modo de fallo circular (2//m)	leff,cp	380,8 mm	Espesor de la chapa frontal	tp	15	m
2//mx		240,1	Modo de fallo no circular (α m)	leff,nc	333,3 mm	Gap	g	5	m
//mx + w		260,1	Valor de α (según tabla)	α	5,5	Incremento de longitud X	x	22,	m
//mx + 2e		210,1	$\lambda_1 = m/(m+e)$	λ_1	0,57	Longitud básica	Lb	57,	m
Modos de fallo no circulares	leff,n	c	$\lambda_2 = m2/(m+e)$	λ_2	0,36	Fila 1	Lb*	31	m
4mx + 1,25ex		209,1	Modo de fallo 1	leff1	333,3 mm	Se desarrollan fuerzas de palanca			
e + 2mx + 0,625ex		149,6	Modo de fallo 2	leff2	333,3 mm	Fila 2	Lb*	42	m
0,5bp		115,0						6,5	m
2mx + 0,5w + 0,625ex		174,6							
Modo de fallo 1	leff1	115,0 mm							
Modo de fallo 2	leff2	115,0 mm							

RESISTENCIA DEL T-STUB FTRD					
Momento producido fila x	Mpl,Rd	14,7 /mm			
Fila 1			Fila 2		
Modo de fallo 1	Ft1Rd	177,3 kN	Modo de fallo 1	Ft1Rd	32 k
					4,1 N
Modo de fallo 2	Ft2Rd	231,5 kN	Modo de fallo 2	Ft2Rd	24 k
mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	45	mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	3,3 N
					45
Modo de fallo 3	Ft3Rd	352,8 kN	Modo de fallo 3	Ft3Rd	35 k
					2,8 N
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	177,3 kN	Modo de fallo del T-Stub	FtRd	24 k
					3,3 N
Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	82,6 kN	Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	82, k
					6 N
Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	165,3 kN	Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	16 k
					5,3 N
Cumple FtRd>FtRdmin			Cumple FtRd>FtRdmin		

Verificadas las comprobaciones anteriores de resistencia a flexión, pasamos a ordenar todos los valores en una tabla y distinguiendo filas, ya que puede ocurrir que para un determinado parámetro no seamos capaces de obtener la capacidad total de dos filas completas (en función de los resultados que se van obteniendo). Tras ordenar todos los resultados el momento resistente por fila será el resultante de escoger la menor de las resistencias por fila y multiplicarlo por el brazo de palanca, obteniendo el valor más desfavorable resistente a flexión. La suma de las resultantes de las filas deberá ser mayor que el momento solicitado por la unión.

RESISTENCIA DE LA UNIÓN					
	Fila 1	Fila 2	Unidades		
Brazo de palanca	369,3	267,8	mm	Mjrd	130,6 mkN
Resistencia de los tornillos	352,8	352,8	kN	MjEd	105,3 mkN
Flexión chapa frontal	177,3	243,3	kN		Cumple
Tracción alma de viga	0,0	617,3	kN		
Compresión ala-alma de viga	661,1	483,8	kN		
Soldaduras	293,4	428,9	kN		
Momento resistente por fila	65,5	65,2	mkN		

A pesar de haber cumplido con la resistencia del momento solicitado, puede que la unión diseñada no sea correcta ya que las uniones de placas frontales son uniones muy solicitadas y que por lo general es bueno intentar pretensar los tornillos. Para ello, deberemos comprobar la categoría de la unión, siendo un criterio recomendable cumplir al menos con una unión categoría B y aspirando siempre a alcanzar una categoría C con el diseño realizado.

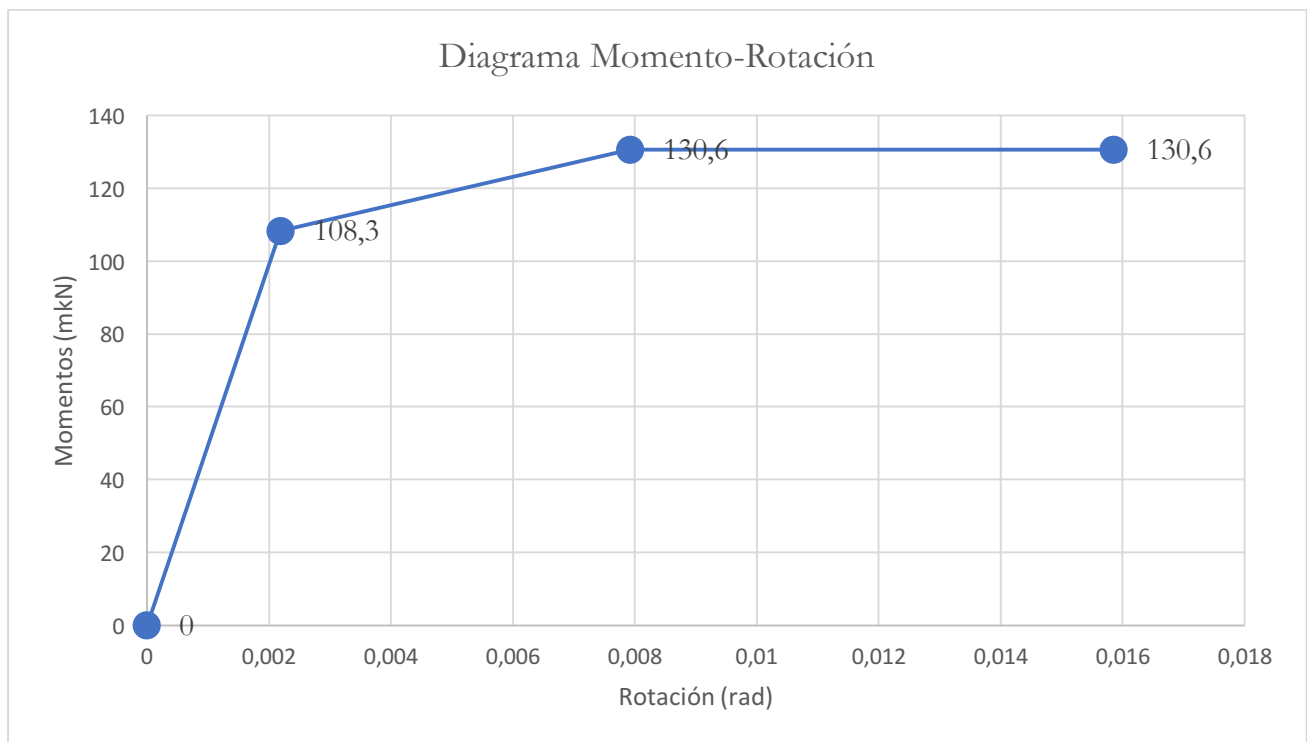
RESISTENCIA A CORTANTE					
ESTADO LÍMITE DE SERVICIO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA B		
Cortante solicitado en la unión	VjEd	155,2 kN		Ft,Ed	Fv,Ed
Coefficiente de seguridad	γQ	1,4	Fila 1	88,7	62,8 kN
Cortante solicitado en la unión		110,9 kN	Fila 2	121,7	49,7 kN
Nº de tornillos dispuestos		8	Fila 3	0	98 kN
Cortante solicitado por tornillo	Fs,EK	13,9 kN	Cortante resistido por la unión	Vj,Rd	421,1 kN
Cortante resistido por tornillo	Fr,Ek	62,4 kN	Mayor cortante por tornillo	Fv,Ed	98,0 kN
	Cumple, no hay deslizamiento		Resistencia de la chapa	Fb,Rd	175,9 kN
ESTADO LÍMITE ÚLTIMO			Cumple, la unión es categoría B		
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	98 kN	CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA C		
Capacidad a tracción	Ft,Rd	176,4 kN	Cortante solicitado ELU	FvEd	155,2 kN
Máxima compresión en tornillos	Ft,Ed	82,6 kN	Nº de tornillos dispuestos		8
Máximo cortante por tornillo	Fv,Ed	65,2 kN	Cortante solicitado ELU por tornillo	FvEd	19,4 kN
Cortante real por tornillo	Fv,Ed	25,9 kN	Cortante resistente de los tornillos (ELU)	FvRd	98 kN
	Cumple		Cumple, la unión es categoría C		

Satisfactoriamente la unión diseñada para este IPE330 (al igual que ocurre en los demás casos analizados) son categoría C. Como último paso vamos a verificar la rigidez de la unión. Por lo general, conseguir uniones rígidas en acero es complicado, siendo bastante más frecuente obtener resultados de uniones semirrígidas.

Para analizar la rigidez de la unión se van tomando las rigideces individuales de los elementos componentes (chapa, fila 1 y fila 2). Se establece una relación de desplazamientos ligados a giros de la chapa que mediremos en radianes. Una vez se han calculado las rigideces individuales, se determina la rigidez equivalente poniendo las anteriores en relación con los brazos de palanca equivalentes.

La rigidez rotacional del nudo generará una gráfica que describe una pendiente inicial en función del momento inicial y la rigidez inicial, y a partir de este, la gráfica se modifica en función del momento final (el momento resistido por la unión diseñada) y la rigidez a tiempo final, la cual suele ser un tercio de la rigidez inicial de la unión. Como resultado se obtienen mayores rotaciones, motivo por el cual hay que tener cuidado con las uniones rígidas pues hay que verificarlas a tiempo final pues pueden pasar a ser semirrígidas.

RIGIDEZ DE LA UNIÓN					
Tornillos en alargamiento			Rigidez rotacional del nudo		
Área resistente	As	245 mm ²	Módulo de deformación	E	210000 N/mm ²
Longitud básica del tornillo	Lb	57,5 mm	Brazo de palanca	Z	250 mm
Rigidez del tornillo	k10	13,6 mm/rad	Coefficiente de rigidez (inicial)	μ	1
Chapa frontal a flexión			Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	98907 kNm/rad
Fila 1			Rigidez rotacional total real (inicial)	Sj,total	49453 kNm/rad
Longitud efectiva	leff	115,0 mm	Momento inicial	MplEd1	108,3 mkN
Factor m	m	38,2 mm	Rotación inicial	$\phi 1$	0,002190426 rad
Espesor de la chapa	tp	15 mm	Coefficiente de rigidez (final)	μ	2,7
Rigidez de la chapa fila 1	ks1	6,3 mm/rad	Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	36632 kNm/rad
Fila 2			Rigidez rotacional total real (final)	Sj,total	16484 kNm/rad
Longitud efectiva	leff	333,3 mm	Momento final	MplEd2	130,6 mkN
Factor m	m	60,6 mm	Rotación final	$\phi 2$	0,007924148 rad
Espesor de la chapa	tp	15 mm			
Rigidez de la chapa fila 2	ks2	4,5 mm/rad			
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 1)	keff,1	4,3 mm/rad			
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 2)	keff,2	3,4 mm/rad			
Brazo de palanca tornillos (Fila 1)	Z1	369 mm			
Brazo de palanca tornillos (Fila 2)	Z2	268 mm			
Brazo de palanca equivalente	Zeq	332 mm			
Rigidez equivalente	keq	7,5 mm/rad			



3.7.3. Unión atornillada C: Empalme

Se ha definido una solución de empalme atornillado para las situaciones en las que la luz de las vigas supera los 8 metros, haciéndose en esos casos más complicado el transporte de los elementos a la obra. De igual manera, esta decisión no solo afectará a un determinado número de vigas sino también a las celosías (con luces en el entorno de los 12 metros).

Cuando se va a realizar un empalme es importante pensar cual es el sitio más conveniente, óptimo y económico para realizarlo. Normalmente se tiende a disponerlo en los puntos donde el momento es cero, sin embargo, como en nuestro caso las piezas están articuladas, los puntos de momento nulo se encuentran juntamente en el encuentro con el pilar.

En base a lo anterior, y teniendo en cuenta lo descrito en el artículo 56 de la EAE (cortante mínimo de la unión y momento mínimo de la unión), se estudiará en cada caso donde situar el empalme generando tres tramos de viga con cierta lógica. Para ello aprovecharemos el modelo de SAP2000 que habíamos generado del edificio.

En el caso de la celosía se establece el mismo procedimiento de análisis previo teniendo en cuenta que aquí la geometría ya está marcada por una modulación de 1,40 metros. Como se podrá observar en los cálculos adjuntos, se ha decidido realizar empalmes a una distancia 2,10 de los apoyos (1 módulo y medio).

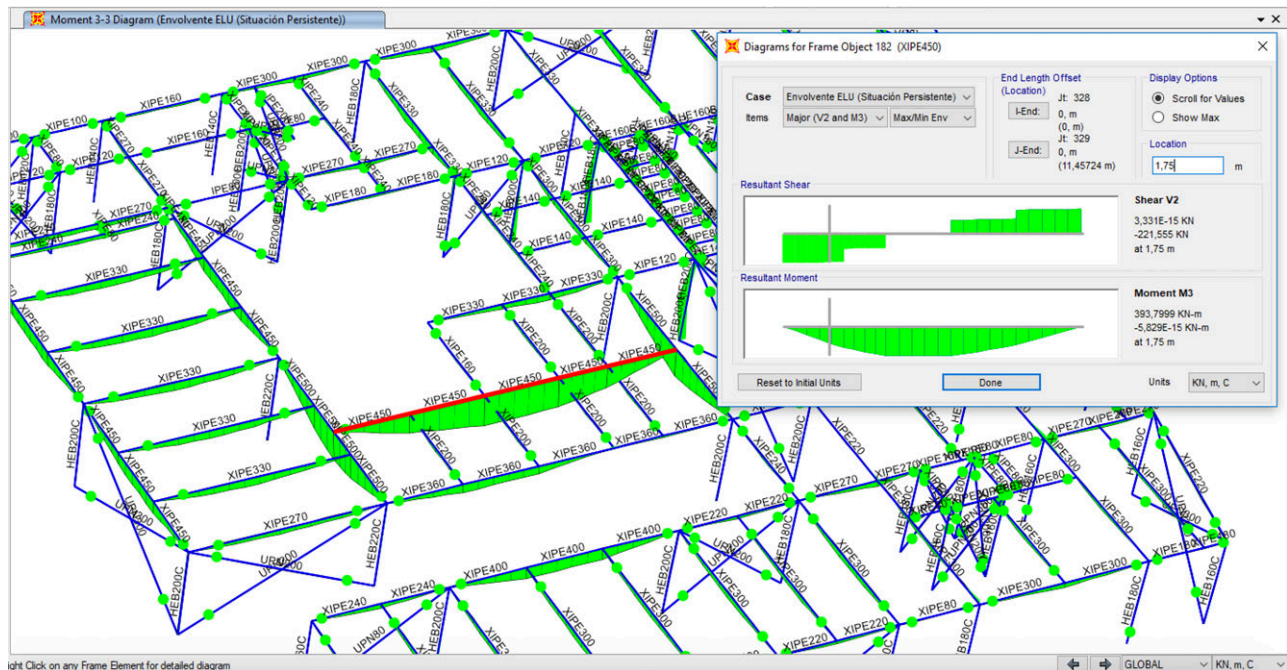
Para esta unión, se han estudiado cuatro casos de vigas con gran luz (IPE550 - 11,45 m; IPE500 - 11,45 m; IPE450 - 11,45 m; IPE360 - 11,45 m) y dos casos de celosías (Celosía J - 12,54 m; Celosía T - 11,40 m). Dado que la documentación generada es bastante extensa, se han adjuntado los cálculos desarrollados para el perfil IPE550 y el HEB180 (el cordón de la celosía J) en el Anejo III.13. Uniones atornilladas C: Empalme. A continuación, se adjunta una tabla con los resultados obtenidos para las demás situaciones estudiadas, e igualmente, se pueden consultar las uniones diseñadas en los planos de detalle.

Los datos mostrados a continuación hacen referencia a una sección de la viga a empalmar, por tanto, en la unión estarán los tornillos especificados por duplicado, una cada lado del gap.

IPE550		IPE500		IPE450	
Alas	Alma	Alas	Alma	Alas	Alma
8TR22	8TR22	6TR22	8TR22	10TR22	8TR22
IPE360		HEB180		HEB160	
Alas	Alma	Alas	Alma	Alas	Alma
8TR16	8TR16	12TR16	12TR16	12TR16	21TR16

Para explicar cómo hemos diseñado el empalme, explicaremos la base de cálculo empleada, que a su vez ha servido para generar una hoja Excel propia. Tomaremos como ejemplo el empalme desarrollado para el IPE450 (Forjado de planta primera).

Al igual que ocurre en las uniones anteriores, hay un primer momento donde se define la geometría de los perfiles a empalmar, las características del tornillo (en función de las solicitaciones y la geometría) y las solicitaciones de la unión. Al igual que ocurría en la chapa frontal, según el artículo 56 de la EAE, el cortante de la unión será al menos un tercio del cortante plástico y el momento de la unión será al menos la mitad del momento elástico de la sección.



Teniendo en cuenta cortante plástico y el momento elástico del perfil, analizamos las solicitaciones de la viga en SAP2000. Como se puede ver en la captura superior, se podría encajar un empalme a 1,75 m del apoyo obteniendo unas solicitaciones parecidas a las mínimas de la unión. A continuación, se define un tipo de tornillo que, por lo general, tendrá una métrica superior a 20 ya que son uniones muy solicitadas y con una gran cantidad de tornillos.

DIMENSIONADO UNIÓN: EMPALME IPE450									
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL									
Perfil seleccionado	IPE								
	450		Altura	h	450	Radio de acuerdo	r	21	m
Acero empleado	S275		Anchura	b	190	Altura entre acuerdos	d	378	m
		N/m						50,	cm
Límite elástico	fy	275	Espeor del ala	tf	14,6	Área de cortante	Avz	9	2
Tensión rasante		N/m					Wpl,	170	cm
resistente	tyd	151	Espeor del alma	tw	9,4	Módulo resistente plástico y-y	y	2	3
		N/m							
Límite elástico	fu	430	Altura entre alas	hw	420,8				
		m2							
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN									
Cortante solicitado	Ved	221,5	Cortante solicitado por la unión	VjE	256,6	Momento plástico resistido	Mpl,r	445	mk
Cortante plástico	Vpl			d			d	,8	N
resistido	Rd	769,7	Momento solicitado	ed	393,8	Momento solicitado por la unión	Mplj	393	mk
		kN			N		Ed	,8	N



DIMENSIONADO UNIÓN: EMPALME IPE450									
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO									
Tornillo	M22		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R	d	121,2 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	65 m
Tipo de tornillo	10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R	d	111,5 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	29 m
Límite elástico del tornillo	fub	1000 m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C	k	212,1 kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	53 m
Diámetro nominal	d	22 mm	Par de apriete EC3	Mt	840 m	N.	Distancia mínima al borde perp.	e2	36 m
Diámetro del taladro	d0	24 mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	0,4		separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	58 m
Área bruta	A	380 mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,R	k	77,1 kN	Distancia a pared por utillaje	m	50 m
Área resistente	As	303 mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,R	k	67,8 kN			
Capacidad a tracción	Ft,R	d	218,2 kN						

En función de lo anterior, se realiza un predimensionado de los cubrejuntas del ala (que podrá ser solo superior al ala o superior e inferior al ala superior) y del cubrejuntas del alma. Para ello se realiza un equilibrio con el momento de la unión, determinándose un espesor mínimo en función del brazo de palanca, el axil solicitado y la tensión del acero empleado.

Para la distribución de tornillos, se realiza un primer encaje comparando las capacidades de resistencia a cortante por rosca. En el caso del alma, además de la capacidad a cortante, debemos tener en cuenta que los tornillos se disponen en vertical generando distintos brazos de palanca y que dan como resultado una capacidad de momento resistido que deberá ser aproximado al solicitado por la unión. En esta primera fase, tantearemos una solución con 4 filas y 1 columna, aunque puede ser que no sea suficiente con lo que habrá que añadir sucesivas columnas en comprobaciones posteriores.

Hasta el momento hemos conseguido transmitir el axil de las alas (que es cortante para los tornillos) y el cortante del alma de un tramo a otro de viga. Todas las configuraciones anteriores deberán respetar las disposiciones constructivas a borde y entre tornillos ya comentada.

PREDIMENSIONADO CUBREJUNTAS									
Cubrejuntas ala					Cubrejuntas alma				
Momento solicitado	MpljE	d	393,8 mkN		Cortante solicitado	VjEd	256,6 kN		
Brazo de palanca	Z		0,4354 m		Tensión rasante resistente	τ_{yd}	15,1 kN/cm2		
Axil solicitado ala superior	Nf,Ed		904 kN		Área necesaria	Acj	17,0 cm2		
Tensión acero cubrejuntas	f _{yd}		26,2 kN/cm		Altura entre acuerdos	h _{max}	378,8 mm		
Área de cubrejuntas necesaria	Acj		34,5 cm2		Altura del cubrejuntas dispuesto	hcj	285 mm		
Nº de cubrejuntas			2		Espesor del cubrejuntas mínimo	tcjnec	3,0 mm		
Espesor del cubrejuntas mínimo	tcjnec		10,51 mm		Espesor del cubrejuntas seleccionado	tcj	10 mm		
Espesor del cubrejuntas seleccionado	tcj		15 mm						
Cumple					Cumple				

DISTRIBUCIÓN TORNILLOS									
Tornillos ala					Tornillos alma				
Tornillo dispuesto	M22				Tornillo dispuesto	M22			
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd		121,2 kN		Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	121,2 kN		
Nº de tornillos necesarios (ala completa)			7,5		Nº de tornillos necesarios		1,1		
Nº de filas (un lado del ala)			1		Nº de filas		4		
Cumple distancias mínimas					Cumple distancias mínimas				



Nº de columnas	5	Nº de columnas	1
Nº total de tornillos dispuestos (ala completa)	10	Nº de tornillos dispuestos	4
Cumple		Cumple	
		Separación entre perfiles	gap 10 mm
		Separación tornillos a borde	e 45 mm
		Distancia desde los tornillos al eje	z 50 mm
		Momento solicitado en la unión	Med 12828 mmkN
		Momento resistido en la unión	Mrd 23634 mmkN
		Cumple, hay suficientes tornillos	

GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN (RESUMEN)			
Alas		Alma	
Nº de filas (ala completa)	2	Nº de filas (alma completa)	4
Nº de columnas (ala completa)	5	Nº de columnas (alma completa)	2
Nº de tornillos totales (ala superior)	10	Nº de tornillos totales	8
Nº de tornillos totales (ala inferior)	10	Separación tornillo-borde (longitudinal)	45 mm
Separación tornillo-borde (longitudinal)	45 mm	Separación entre tornillos (longitudinal)	65 mm
Separación entre tornillos (longitudinal)	65 mm	Separación entre tornillos centro unión (longitudinal)	100 mm
Separación entre tornillos centro unión (longitudinal)	100 mm	Separación tornillo-borde (transversal)	45 mm
Separación tornillo-borde (transversal)	45 mm	Separación entre tornillos (transversal)	65 mm
Separación entre tornillos (transversal)	65 mm	Ancho cubrejuntas	190 mm
Longitud total del cubrejuntas horizontal (longitudinal)	385 mm	Altura cubrejuntas	285 mm
Ancho cubrejuntas superior	190 mm	Cumple	
Ancho cubrejuntas inferior	90 mm	e	

A continuación, al igual que hacíamos en las uniones anteriores, se realizan las comprobaciones de resistencia, aplastamiento y desgarro para cada uno de los componentes del empalme. Se verificará por un lado el ala, el alma, los cubrejuntas de las alas y los cubrejuntas de las almas.

Aunque pueda parecer un proceso algo complejo, la metodología es ir verificando punto por punto tal como se ha descrito en la hoja de cálculo, de tal manera que se vayan cumpliendo las verificaciones. A medida que vamos detectando parámetros donde no se cumple una verificación, se modifica la unión, bien aumentando el espesor de los forros, cambiando la métrica de los tornillos o modificando la disposición de los mismos en el ala o alma de la viga.

UNIÓN CATEGORÍA A						
COMPROBACIÓN UNIÓN CATEGORÍA A (TORNILLO NO PRET)					RESISTENCIA Y SOLICITACIÓN DE LOS CUBREJUNTAS	
Cubrejuntas	Superior ala	Inferior ala	Alma	$\Sigma(Ki \cdot n)$	Cubrejuntas superior al ala	
Nº de cubrejuntas	2	4	2		Axil Solicitado	458, kN/cubr
Ancho (b) mm	190	90	10		Axil Resistente	4 ej. 746, kN/cubr
Alto (h) mm	15	15	285			4 ej. Cumple
Área (A) cm ²	28,5	13,5	28,5	70,5	Cubrejuntas inferior al ala	e γ 1,63
Distancia al centro de gravedad (y _{cdg}) cm	23,25	20,29	0		Axil Solicitado	189, kN/cubr
Inercia (I _o) cm ⁴	5,34	2,53	1929		Axil Resistente	5 ej. 353, kN/cubr
A · Y _{cdg2} (cm ⁴)	15406	5558	0			6 ej. Cumple
I _i = I _o + A _y ²	15411	5560	1929	56922		e γ 1,87



I_i/I_{tot}	0,27	0,10	0,03	0,40
$Med \cdot I_i/I_{tot}$	106,6	38,5	13,3	
$n \cdot Med \cdot I_i/I_{tot}$	213,2	153,9	26,7	393,8
CUBREJUNTAS SUPERIOR AL ALA				ALA SUPERIOR DEL PERFIL
Métrica de los tornillos	M22		Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd 172,6 kN
Nº de tornillos		5	Solicitación cortante	126,6 kN
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	121,2 kN		Cumple
Planos de corte		1	Área neta	e γ 1,36
Solicitación por tornillo		91,7 kN	Axil resistente	Aneta 20,7 cm2
	Cumple	γ 1,32	Axil solicitado	Nu,Rd 837,4 kN
Aplastamiento				Nu,Ed 837,4 kN
Valor Alfa	α	0,63		Cumple
	e/3d0	0,63		e γ 1,00
	p/3d0	0,90		
	fub/fu	2,33		
	1	1		
Resistencia	fu	430		
Espesor del cubrejuntas	t	15		
Diámetro del tornillo	d	22		
Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd	177,4 kN		
	Cumple	γ 1,93		
Desgarro				
Área neta	Aneta	21,3 cm2		
Axil resistente	Nu,Rd	659,4 kN		
	Cumple	γ 1,44		
CUBREJUNTAS INFERIOR AL ALA				ALMA DEL PERFIL
Axil Solicitado	N2,Ed	189,5 kN	Aplastamiento alma	
Nº de tornillos		5	Valor Alfa	α 0,63
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	121,2 kN		e/3d0 0,63
Planos de corte		1		p/3d0 0,90
Solicitación por tornillo		37,9 kN		fub/fu 2,33
	Cumple	γ 3,20		1 1
Aplastamiento				fu 430
Valor Alfa	α	0,63	Resistencia	t 10
	e/3d0	0,63	Espesor del cubrejuntas	d 22
	p/3d0	0,90	Diámetro del tornillo	Fw,b,R 118,3 kN
	fub/fu	2,33	Resistencia al aplastamiento	d 3 kN
	1	1	Cortante solicitado	Fv,w,E 115,0 kN
Resistencia	fu	430	alma	Cumple
				e γ 1,03
Desgarro				
Valor Alfa	α	0,63	Área neta 3	Av,net a 33,3 cm2
	e/3d0	0,63		Veff3, Rd 503,2 kN
	p/3d0	0,90	Cortante resistido 3	Cumple
	fub/fu	2,33		e γ 1,96
	1	1		Av,net a 29,4 cm2
Resistencia	fu	430		Veff4, Rd 444,2 kN
Espesor del cubrejuntas	t	15	Área neta 4	Cumple
Diámetro del tornillo	d	22		e γ 1,73
Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd	177,4 kN	Cortante resistido 4	
	Cumple	γ 4,68		
Desgarro				
Área neta	Aneta	9,9 cm2		
Axil resistente	Nu,Rd	306,5 kN		
	Cumple	γ 1,62		
CUBREJUNTAS DEL ALMA				Aplastamiento cubrejuntas alma
Cortante solicitado	Ved	256,6 kN		



Distancia tornillo-eje unión	Z	50 mm	Valor Alfa	α	0,63
Momento general	M31,Ed	12,8 mkN		$e/3d0$	0,63
Momento proporcional	M32,Ed	26,7 mkN		$p/3d0$	0,90
Momento por cubrejunta	M3,Ed	19,8 mkN		fub/fu	2,33
Cortante por cubrejunta	V3,Ed	128,3 kN		1	1
Nº de tornillos		4	Resistencia	f_u	430
Cortante por tornillo	Fv(v),Ed	32,1 kN	Espesor del cubrejuntas	t	10
Cumple			Diámetro del tornillo	d	22
Cortante horizontal en tornillos: reparto lineal					118,
			Resistencia al aplastamiento	F_b, R_d	3 kN
			Cumpl	e	γ 2,06
Distancia Tornillo 1 a cdg	Z1	97,5 mm	Desgarro		
Distancia Tornillo 2 a cdg	Z2	10,83 mm		$A_{v,net}$	
Distancia Tornillo 3 a cdg	Z3	10,83 mm	Área neta 1	a	37,8 cm2
Distancia Tornillo 4 a cdg	Z4	97,5 mm	Cortante resistido 1	V_{eff1}, R_d	571, 6 kN
Fuerza en cada tornillo	Fv(h),Ed	91,2 kN	Cumpl	e	γ 2,23
Vector resultante	Fv,Ed	96,7 kN	Área neta 2	$A_{v,net}$	
Cumple		γ 1,25	Cortante resistido 2	a	46 cm2
Rediseño de la sección (sólo si no cumple con la inicial)				V_{eff2}, R_d	695, 6 kN
			Cumpl	e	γ 2,71
Nº de columnas extras		1			
Fuerza vertical resultante	Fv(v),Ed	16,0 kN			
Distancia tornillo-eje unión (C1)	Z	82,5 mm			
Momento general	M31,Ed	21,2 mkN			
Momento proporcional	M32,Ed	26,7 mkN			
Momento por cubrejunta	M3,Ed	23,9 mkN			
Fuerza horizontal en cada tornillo	Fv(h),Ed	55,2 kN			
Vector resultante	Fv,Ed	57,5 kN			
Cumple		γ 2,11			

Finalmente, y con objeto de ver cuál es el estado real de la unión en un solo cuadro, se reúnen todas las comprobaciones en un mismo espacio donde además se presentan los índices de aprovechamiento de cada una de las comprobaciones. Los índices inferiores a 1 indicarían comprobaciones que no se estarían cumpliendo y que habría que revisar.

En función de estos datos, se selecciona la componente más limitativa de la unión y se compara con las solicitaciones de momento y cortante de la unión para comprobar en Estado Límite Último.

RESUMEN COMPROBACIONES					
Cubrejuntas superior al ala: cortante tornillo	γ 1,32	Cubrejuntas inferior al ala: cortante tornillo	3,2	Cubrejuntas del alma: aplastamiento	γ 2,06
Cubrejuntas superior al ala: aplastamiento	γ 1,93	Cubrejuntas inferior al ala: aplastamiento	4,6	Cubrejuntas del alma: desgarro	γ 2,23
Cubrejuntas superior al ala: desgarro	γ 1,44	Cubrejuntas inferior al ala: desgarro	1,6	Alma del perfil: aplastamiento	γ 1,03
Ala del perfil: Aplastamiento	γ 1,36	Cubrejuntas del alma: cortante tornillo	2,1	Alma del perfil: Desgarro	γ 1,73
Ala del perfil: Resistencia axil	γ 1,00		1		
CAPACIDAD DE LA UNIÓN EN ELU					
Componente más limitativa	γ	1,00	Momento solicitado de la unión	M_{pljEd}	393,8 mkN
Cortante solicitado de la unión	V_{jE}	256,6 kN	Momento resistido por la unión	M_{pljRd}	393,80 N
Cortante resistido por la unión	V_{jR}	256,6 kN	Cumpl	Cumpl	e

Adicionalmente al punto anterior, donde ya la unión podría servir perfectamente para nuestro cometido siendo clasificada como categoría A, podemos intentar verificar una categoría B o C. En la categoría A no se verifica la capacidad e los tornillos pretensado, sin embargo, en la B o C si, por lo que comprobaremos la resistencia al deslizamiento en Estado Límite de Servicio.

Como se puede comprobar en los cuadros inferiores, con la geometría planteada anteriormente, se verifica que los tornillos podrían ser pretensados, cumpliendo las diversas verificaciones en ELS. Con todo ello, podemos clasificar la unión diseñada como unión categoría B.

UNIÓN CATEGORÍA B: TORNILLOS PRETENSADOS CON RESISTENCIAS AL DESLIZAMIENTO EN ELS					
COMPROBACIÓN UNIÓN CATEGORÍA B					
Coefficiente de deslizamiento	μ	$\mu = 0,4$	Coefficiente de seguridad promedio	γ_q	1,4
Resistencia a deslizamiento ELS	$F_{s,Rk}$	77,1 kN	Momento solicitado unión característico	M_{ek}	281,3 mkN
Fuerza de pretensado EC3	$F_{p,Ck}$	212,1 kN	Cortante solicitado unión característico	V_{ek}	183,3 kN
COMPROBACIONES EN ELS					
Cortante entre cubrejuntas superior y ala	$F_{v1,Ek}$	65,5 kN	Cortante entre cubrejuntas alma y alma	$F_{v3,Ek}$	41,1 kN
	Cumple	γ 1,18		Cumple	γ 1,88
Cortante entre cubrejuntas inferior y ala	$F_{v2,Ek}$	27,1 kN			
	Cumple	γ 2,85			
CAPACIDAD DE LA UNIÓN EN ELS					
Componente más limitativa	γ	1,18	Momento solicitado de la unión	M_{pljEd}	281,3 mkN
Cortante solicitado de la unión	V_{jEd}	183,3 kN	Momento resistido por la unión	M_{pljRd}	331,16 mkN
Cortante resistido por la unión	V_{jRd}	215,7 kN	Cumple		Cumple

3.7.4. Unión atornillada D: Diagonal de arriostramiento

Las diagonales de arriostramiento fueron diseñadas como dos UPN back-to-back por lo que, al estar articuladas en su encuentro con los soportes, se ha pensado que una solución para el diseño de este nudo podría ser el de la unión atornillada de chapa lateral.

A nivel de cálculo, las bases empleadas para el diseño del nudo ya han sido comentadas al inicio del bloque de uniones. Aplicaremos aquí los mismos conceptos de diseño y reutilizaremos la hoja Excel desarrollada.

A nivel organizativo, habíamos concluido el dimensionado de los arriostramientos estableciendo una estratificación en el calibre de los perfiles empleados por planta (disminuyendo en altura). Como se podrá comprobar en la verificación de los arriostramientos tras el análisis en SAP2000, se ha seguido el criterio de unificar todos los perfiles en la dirección X (UPN200) y en la dirección Y (UPN300).

Esta situación hace que, al igual que ocurría en las uniones viga-pilar y correa-viga, podamos unificar criterios y generar un glosario de soluciones acotado para todo el conjunto de los arriostramientos. Para los perfiles dispuestos en el sentido X (UPN200) se han seleccionado los mayores axiles solicitados por planta y se ha generado una unión tipo (se ha procedido de igual forma para los UPN300).

A continuación, se adjunta un cuadro resumen con los axiles tenidos en cuenta para el cálculo por planta para cada perfil.

UPN 200		UPN 300	
Quinta	326,2 kN	Quinta	256 kN
Cuarta	244,9 kN	Cuarta	208,3 kN
Tercera	254,4 kN	Tercera	259,6 kN
Segunda	309,2 kN	Segunda	310,7 kN
Primera	447,1 kN	Primera	477,2 kN
Entreplanta	332,4 kN	Entreplanta	388,3 kN
Baja	373,1 kN	Baja	480,4 kN

Una vez calculadas todas las uniones con las solicitaciones arriba mostradas, se han adjuntado en el apartado III.14. Uniones atornilladas D: Diagonal de arriostramiento la solución para la unión del UPN-200 y el UPN-300 con mayor axil (planta primera y planta baja respectivamente).

Debido a la gran cantidad de soluciones generadas, se hará una selección de las mismas y se representarán de manera gráfica en los planos de detalle.

Tras analizar los resultados obtenidos, podríamos comentar que, frente a unos axiles de tracción importantes (hemos confiado la estabilidad horizontal del edificio a los arriostramientos) vamos a contar con un espacio limitado en el alma del perfil donde alojar los tornillos (al igual que pasaba en el caso especial de unión correa-viga). Esto nos obligará a soluciones con tornillos de métricas importantes (que tengan mucha resistencia a cortante) distribuidos en pocas filas y muchas columnas (tantas como se necesiten por solicitud).

Al mismo tiempo, si pensamos en el espesor de las almas de los perfiles UPN, en la mayoría de los casos vamos a encontrar dificultades para evitar el desgarro del alma del perfil, por lo que en la gran mayoría de las soluciones será necesario realizar un aumento del alma del perfil soldando una chapa de un espesor determinado a cada lado del alma para, posteriormente, realizar la unión con la chapa lateral. Con esta solución se consigue aumentar la resistencia a desgarro del perfil UPN.

Las soluciones obtenidas son fruto de unas decisiones previas tales como las de articular la estructura (justificadas en su momento) o como la de elegir perfiles UPN back-to-back. A la luz de estas soluciones, convendría valorar para futuros proyectos el coste de realizar las uniones tal como se han diseñado o si, por el contrario, se podrían valorar otras posibilidades tales como disponer una única diagonal con un perfil en H o incluso disponer de más pórticos rígidos que disminuyeran las solicitaciones de las diagonales, generando con ello unas uniones más sencillas.

3.7.5. Unión soldada: Nudo de celosía

En el proyecto se han dispuesto pocas uniones soldadas, pudiendo localizar las mismas en los tramos de vigas que vendrán unidas a los pilares en las vigas continuas (nudos rígidos; pórtico rígido) y en las diagonales y montantes de las celosías J y T.

En este apartado comprobaremos el diseño de la unión soldada de las diagonales de la celosía. Durante el proceso de diseño de la misma se había comentado que lo ideal es que vinieran las diagonales y los montantes soldados de taller a los cordones. Posteriormente se realizaría el empalme de los tres tramos prescritos en la propia obra.

Como se puede comprobar en esta memoria, del dimensionado manual obtuvimos unos perfiles en función de las solicitaciones para los montantes, diagonales y cordones de ambas celosías. Concretamente, estos fueron los resultados:

CELOSÍA J		CELOSÍA T	
Cordón	HEB160	Cordón	HEB140
Montante	2UPN160	Montante	2UPN140
Diagonal	2UPN160	Diagonal	2UPN140

Posteriormente, como se podrá verificar en la parte específica del análisis con SAP2000, las dimensiones de los perfiles fueron corregidos debido a la distribución final de las solicitaciones. Tras dicha modificación, esta era la relación de perfiles:

CELOSÍA J		CELOSÍA T	
Cordón	HEB180	Cordón	HEB160
Montante	2UPN180	Montante	2UPN140
Diagonal	2UPN180	Diagonal	2UPN140

El dimensionado de la unión soldada es bastante sencillo, pues basta con multiplicar la longitud del cordón dispuesto, por la garganta de soldadura prescrita y la tensión de cálculo del material que se añade.

Por una parte, la longitud del cordón de soldadura será toda la superficie que queda en contacto de la diagonal con el montante y el cordón. Al estar la diagonal situada a 45°, la superficie que medimos es mayor.

Por otra parte, la garganta de soldadura viene determinado por los espesores máximo y mínimo de las chapas a soldar. Como se verá en los cálculos, el espesor mínimo (en este caso) siempre será el alma del UPN mientras que el máximo será el ala del cordón y el ala del montante.

Hallada dicha resistencia pasaría compararse con la solicitación que estemos comprobando la unión. La solicitación a comprobar será la tracción máxima obtenida en las diagonales (ver solicitaciones obtenidas del SAP2000), siempre y cuando sea mayor que el 50% del axil resistido por el perfil que se suelda (artículo 56 EAE).

Se ha desarrollado una pequeña hoja de cálculo con la que determinar la soldadura necesaria para los perfiles de la celosía y su verificación.

En base a los datos ya comentados, estos serían los resultados para la celosía J.

DIMENSIONADO UNIÓN: DIAGONAL SOLDADA CELOSÍA J												
CARACTERÍSTICAS CORDÓN												
Perfil seleccionado		HE 180 B		Altura	h	180	m	Radio de acuerdo	r	15	mm	
Acero empleado		S275		Anchura	b	180	m	Altura entre acuerdos	d	122	mm	
Límite elástico	fy	275	2	Espesor del ala	tf	14	m	Área de cortante	Avz	20,24	cm2	
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	2	Espesor del alma	tw	8,5	m	Área de la sección	A	6530	2	
Límite elástico	fu	430	2	Altura entre alas	hw	152	m					
CARACTERÍSTICAS MONTANTE												
Perfil seleccionado		2UPN 180		Altura	h	180	mm	Radio de acuerdo	r	11	mm	
Acero empleado		S275		Anchura	b	140	mm	Altura entre acuerdos	d	136	mm	
Límite elástico	fy	275	2	Espesor del ala	tf	11	mm	Área de cortante	Avz	30,2	2	
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	2	Espesor del alma	tw	8	mm	Área de la sección	A	5600	2	
Límite elástico	fu	430	2	Altura entre alas	hw	158	mm					
CARACTERÍSTICAS DIAGONAL												
Perfil seleccionado		2UPN 180		Altura	h	180	mm	Radio de acuerdo	r	11	mm	
Acero empleado		S275		Anchura	b	140	mm	Altura entre acuerdos	d	136	mm	
Límite elástico	fy	275	2	Espesor del ala	tf	11	mm	Área de cortante	Avz	30,2	2	
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	2	Espesor del alma	tw	8	mm	Área de la sección	A	5600	2	
Límite elástico	fu	430	2	Altura entre alas	hw	158	mm	Angulo con la horizontal	°	45	°	
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN												
Axil solicitado			Ned	1339	kN	Axil solicitado por la unión			NjEd	1339,0	kN	
Axil máximo resistido			NRd	1466,7	kN							
SOLDADURA DIAGONAL-MONTANTE												
Longitud cordón	l	394,6	mm	Espesor chapa máxima	tma	x	11	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	507,8	kN
Espesor chapa mínima	tmin	8	mm	Garganta mínima	n	8	mm	Cumple garganta mínima				
Garganta máxima	ama	5,6	mm	Garganta seleccionada	a	5,5	mm	Cumple garganta máxima				
SOLDADURA DIAGONAL-CORDÓN												
Longitud cordón	l	394,6	mm	Espesor chapa máxima	tma	x	14	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	507,8	kN
Espesor chapa mínima	tmin	8	mm	Garganta mínima	n	0	mm	Cumple garganta mínima				
Garganta máxima	x	5,6	mm	Garganta seleccionada	a	5,5	mm	Cumple garganta máxima				
COMPROBACIÓN SOLDADURA												
Resistencia cordón diagonal-montante			Fw,Rd1	507,8	kN	Resistencia total de la soldadura			Fw,Rd	1015,6	kN	
Resistencia cordón diagonal-cordón			Fw,Rd2	507,8	kN	Axil solicitado por la unión			NjEd	1339,0	kN	
											No cumple	

Como podemos comprobar, con la longitud del cordón dispuesto y la garganta prescrita no se puede soportar la tracción solicitada. La solución más económica es aumentar la longitud del cordón de soldadura disponiendo una chapa intermedia entre la diagonal y el cordón, que complemente la resistencia y haga cumplir la verificación.



Con la geometría actual tenemos un déficit de resistencia de 323,4 kN. Si utilizamos una chapa de 10 mm de espesor, y una garganta de soldadura de 5,5 mm deberíamos disponer una longitud de soldadura de 255 mm. Con esta solución, se cumple la verificación de la resistencia del nudo soldado.

Procedemos ahora a analizar la celosía T con los perfiles obtenidos tras la verificación en SAP2000.

DIMENSIONADO UNIÓN: DIAGONAL SOLDADA CELOSÍA T											
CARACTERÍSTICAS CORDÓN											
Perfil seleccionado	HE 160 B		Altura	h	160	m	Radio de acuerdo	r	15	mm	
Acero empleado	S275		Anchura	b	160	m	Altura entre acuerdos	d	122	mm	
Límite elástico	fy	275	N/mm	Espesor del ala	tf	14	m	Área de cortante	Avz	20,24	cm ²
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	N/mm	Espesor del alma	tw	8,5	m	Área de la sección	A	6530	mm ²
Límite elástico	fu	430	N/mm	Altura entre alas	hw	152	m				
CARACTERÍSTICAS MONTANTE											
Perfil seleccionado	2UPN 140		Altura	h	140	m	Radio de acuerdo	r	10	mm	
Acero empleado	S275		Anchura	b	120	m	Altura entre acuerdos	d	100	mm	
Límite elástico	fy	275	N/mm	Espesor del ala	tf	10	m	Área de cortante	Avz	20,8	mm ²
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	N/mm	Espesor del alma	tw	7	m	Área de la sección	A	4080	mm ²
Límite elástico	fu	430	N/mm	Altura entre alas	hw	120	m				
CARACTERÍSTICAS DIAGONAL											
Perfil seleccionado	2UPN 140		Altura	h	140	m	Radio de acuerdo	r	10	mm	
Acero empleado	S275		Anchura	b	120	m	Altura entre acuerdos	d	100	mm	
Límite elástico	fy	275	N/mm	Espesor del ala	tf	10	m	Área de cortante	Avz	20,8	mm ²
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	N/mm	Espesor del alma	tw	7	m	Área de la sección	A	4080	mm ²
Límite elástico	fu	430	N/mm	Altura entre alas	hw	120	m	Angulo con la horizontal	°	45	°
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN											
Axil solicitado	Ned	872	kN	Axil solicitado por la unión	NjEd	872,0	kN				
Axil máximo resistido	NRd	1068,6	kN								
SOLDADURA DIAGONAL-MONTANTE											
Longitud cordón	l	318,0	mm	Espesor chapa máxima	tma	10	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	1	353,4 kN
Espesor chapa mínima	tmin	7	mm	Garganta mínima	n	5	m	Cumple garganta mínima			
Garganta máxima	x	4,9	mm	Garganta seleccionada	a	4,8	m	Cumple garganta máxima			
SOLDADURA DIAGONAL-CORDÓN											
Longitud cordón	l	318,0	mm	Espesor chapa máxima	tma	14	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	2	357,2 kN
Espesor chapa mínima	tmin	7	mm	Garganta mínima	n	0	m	Cumple garganta mínima			
Garganta máxima	x	4,9	mm	Garganta seleccionada	a	4,8	m	Cumple garganta máxima			
COMPROBACIÓN SOLDADURA											
Resistencia cordón diagonal-montante	Fw,Rd1	353,4	kN	Resistencia total de la soldadura	Fw,Rd	710,6	kN				
Resistencia cordón diagonal-cordón	Fw,Rd2	357,2	kN	Axil solicitado por la unión	NjEd	872,0	kN				
								No cumple			

Ocurriría lo mismo que en la celosía anterior: no disponemos de suficiente cordón/garganta para cumplir. Se parte de un déficit de resistencia de 161,4 kN. Si se dispone una chapa de espesor 10 mm y una garganta de soldadura de 5,5 mm necesitaríamos una longitud soldada de 150 mm. Con ello se cumple la verificación de resistencia del nudo soldado.

Finalmente, además de comprobar la soldadura tal y como se ha realizado en este apartado, es necesario comprobar las rigideces de los nudos de la celosía en base a lo establecido en el EC3.

3.8. Basas metálicas

Las basas metálicas serán los elementos estructurales que realizarán la transferencia de las solicitaciones desde los soportes dispuesto hasta el encepado y la viga de coronación en el caso de micropilotes y muros pantalla respectivamente. Por lo tanto, al existir dos situaciones diferentes no se pueden calcular uniones muy genéricas (al menos en el caso de los soportes que apoyan sobre los muros). Es por ello que se ha decidido calcular basas de pilares que no apoyan sobre muros y por tanto que disponen de todo el espacio necesario para plantear una basa cuadrada. El caso de los soportes que apoyan sobre muros, vendrá determinado por los espesores del elemento en el que se apoyan y requerirán de un estudio a posteriori para adaptar las soluciones aquí calculadas.

Un primer criterio de diseño para las basas metálicas ha sido el simplificar todos los casos existentes a 7 basas tipo: una por cada perfil y empleando la máxima compresión. Como se puede verificar en el modelo de SAP2000, la unión a la cimentación de los soportes se ha diseñado articulada. Por lo tanto, no existen momentos ni excentricidades, solamente debemos transferir el axil de compresión.

A continuación, se adjunta una tabla con la relación de los soportes seleccionados y el axil de compresión de diseño:

Soporte	Perfil	Compresión característica	Compresión de cálculo
P10	HEB100C	156,8 kN	233,2 kN
P3	HEB120C	202,9 kN	441,9 kN
P2	HEB140C	493,6 kN	715,9 kN
P42	HEB160C	1131,5 kN	1607,9 kN
P44	HEB180C	1195,1 kN	1672,7 kN
P26	HEB200C	2395,9 kN	3381,6 kN
P24	HEB220C	1838,9 kN	2601,9 kN

Al igual que en apartados anteriores, se ha desarrollado una hoja Excel con los criterios teóricos para el dimensionado, con el fin de agilizar el trabajo. Emplearemos ahora el dimensionado de la basa del pilar HEB160, mientras que el cálculo de las 6 basas restantes se podrá consultar en el Anejo III.15. Basas metálicas.

A nivel normativo, el dimensionado de las basas se ha realizado conforme a lo expuesto en el CTE-DB-SE-A en su artículo 8.8.1.

Al igual que ocurría en las uniones anteriormente explicadas, lo primero que se hace es definir la geometría y las solicitaciones. Con respecto a la geometría, se han dispuesto soportes HEB cerrados en cajón para mejorar la inercia en el eje débil. A nivel práctica, calcularemos las basas como si se trataran de perfiles abiertos. Con respecto a las solicitaciones, en este caso debemos diferenciar las solicitaciones obtenidas en estado límite último y la de estado límite de servicio.

DIMENSIONADO BASA METÁLICA													
Soporte		P42	Perfil				HEB160C						
SOLICITACIONES													
Axil característico mínimo		Nek,min	1131,5	kN	Momento de cálculo máximo		Med	0	mkN				
Axil de cálculo mínimo		Ned,min	1607,9	kN	Cortante de cálculo		Ved	0	kN				
Axil característico máximo		Nek,max	1131,5	kN	Cortante plástico resistido		VplRd	266,0	kN				
Axil de cálculo máximo		Ned,max	1607,9	kN	Cortante solicitado por la unión		VjEd	88,7	kN				
Momento característico máximo		Mek	0,0	mkN									
PREDIMENSIONADO ZAPATA													
Resistencia característica del hormigón		fck	30	Mpa	Lado mínimo por excentricidad		Bz	0,80	m				
Resistencia de cálculo del hormigón		fed	20,00	Mpa			No cumple						
Tensión del terreno		σadm	250	KN/m2	Lado A zapata (por exceso)		La	0,50	m				
Área necesaria de zapata		Anec	4,53	m2	Lado B zapata (por exceso)		Lb	1,00	m				
Lado mínimo (Zapata cuadrada)		Lmin	2,13	m	Canto zapata (zapata rígida)		hmin	0,2	m				
Excentricidad		e	0,000	m	Canto zapata dispuesto		h	0,50	m				
CARACTERÍSTICAS PILAR													
Soporte		HE 160 BC	Ancho del ala		bf	186,00	m	Altura entre acuerdos		d	104,00	mm	
Tipo de acero		S275	Espesor ala		tf	13,00	m	Espesor del alma		tw	8,00	mm	
Límite elástico del acero		fy	N/cm2	Altura entre alas		hw	134,00	m	Área de cortante		Avz	17,59	cm2
Tensión de cálculo		fy	N/cm2	Radio de acuerdo		r	15,00	m	Momento plástico resistido		MplRd	92,71	mkN

Como se ve en el cuadro superior, la hoja está preparada para realizar un predimensionado de una zapata. En este caso no nos hará falta ya que dimensionaremos la cimentación en otro apartado, sin embargo, sí que es importante suponer un canto de la zapata, pues como veremos a continuación, necesitaremos ese dato.

Se puede ver en el proyecto que distinguiremos dos situaciones de basas: las basas que apoyan sobre los encepados de los pilotes y las basas que apoyan sobre la viga de coronación de las pantallas. Supondremos para los encepados un canto de 50 cm de manera conservadora, mientras que para las pantallas supondremos la altura de la planta sótano.

A pesar de haber articulado la cimentación y, por lo tanto, no existir momento en la cimentación, es necesario disponer pernos (trabajan fundamentalmente a tracción o cortadura). El calibre de los pernos mejorará la capacidad global de la placa como podremos observar al final. Los pernos por lo general suelen tener calibres importantes y, en este caso, se han dispuesto 4 pernos métrica 20. En el caso de que existiera momento en una dirección o en dos direcciones, el diseño de la basa se modificaría, añadiendo más pernos en el sentido de mayor solicitación de flexión.

Al igual que existen unas distancias mínimas para las separaciones a borde y entre ejes de los pernos, la configuración de la placa pondrá en relación estas distancias, la geometría del perfil y el espesor de la placa (a mayor espesor de placa se modifican las separaciones mínimas que deben existir).

CARACTERÍSTICAS DEL PERNO									
Tornillo	M2		Capacidad a cortante por rosca	Fv,					
	0			Rd	98	kN	Distancia al borde habitual	e	40 mm
Tipo de tornillo	10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,			Distancia entre tornillos habitual		
	9			Rd	90,2	kN		p	60 mm
Límite elástico del tornillo	100	N/m		Fp,	171,		Distancia mínima al borde en		
	fub	0	m2	Fuerza de pretensado EC3	Ck	5	kN dirección esfuerzo	e1	27 mm
Diámetro nominal							Distancia mínima entre tornillos		
	d	20	mm	Par de apriete EC3	Mt	617	m dirección esfuerzo	p1	49 mm
Diámetro del taladro									
	d0	22	mm	Coeficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4	Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	33 mm
Área bruta									
	A	314	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,		separación mínima perp. Esfuerzo		
Área resistente									
	As	245	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Rk	62,4	kN EC3	p2	53 mm
Capacidad a tracción									
	Ft,	176							
	Rd	,4	kN				Distancia a pared por utillaje	m	45 mm

CARACTERÍSTICAS DE LA PLACA											
Espesor placa	tp	30	mm	Diámetro taladro	d	80	m	Diámetro taladro dispuesto	d	80	mm
Tipo de acero		S275		Diámetro arandela	da	140	m	Diámetro arandela dispuesto	da	140	mm
Límite elástico del acero	fyk	27,5	N/c	Separación a borde	Sb	130	m	Separación a borde dispuesto	Sb	130	mm
Tensión de cálculo	fyd	26,2	N/c	Distancia a esquina de pilar	Sp	92	m	Distancia a esquina de pilar dispuesto	Sp	95	mm
DIMENSIONES DE LA PLACA			ÁREA COBARICÉNTRICA								
Lado A (Alto)	La	610	mm	Canto de la zapata	h	500	m	Área inferior	Ac1	960	mm2
Distancia entre tornillos (dirección A)	a	350	mm	Superficie a1	a1	1110	m	Tensión hormigón confinado	ordc	36,1	N/m
Lado B (Ancho)	Lb	636	mm	Superficie b1	b1	1136	m	Axil resistido	onf	1398	m2
Distancia entre tornillos (dirección B)	b	376	mm	Área superior	Ac0	60	m2	Tensión hormigón unión	Frđ	8,6	kN
									Fjd	24,0	N/m

Definida una primera configuración de placa, se pasa a calcular el área cobaricéntrica. Dicha área, que se define en el código técnico como área eficaz, es la superficie que emplearemos de la placa para transmitir el axil. La definición del área se relaciona directamente con el espesor de chapa dispuesto y es producto de determinar una separación al borde del contorno del perfil dispuesto.

Calculada el área superior al nivel de la placa, se proyecta la carga en el espesor del elemento de hormigón sobre el que se dispondrá la placa. Dicha carga se irá abriendo en el espacio (al igual que se transmiten los esfuerzos en una cimentación al terreno) generando un área inferior mayor que la previamente calculada. Por confinamiento se produce un aumento de la tensión que se puede resistir en el elemento estructural, por ello es importante definir previamente el canto de los elementos inferiores a la basa.

SOLDADURA											
Longitud cordón	l	186,00	mm	Espesor chapa máxima	tmax	30,00	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	652,86	kN
Espesor chapa mínima	tmin	13,00	mm	Garganta mínima	amin	7,25	mm	Cortante solicitado	VjEd	88,7	kN
Garganta máxima	amax	9,1	mm	Garganta seleccionada	a	7,5	mm				Cumple

Respecto a la soldadura se establece la garganta en función de los espesores máximo y mínimos de la chapa y el perfil que estamos uniendo. Compararemos la resistencia total de la soldadura con el cortante solicitado (el cortante mínimo a tener en cuenta en la unión según el artículo 56 de la EAE).

A continuación, se muestra el cálculo de la separación C que determina el área eficaz, así como la comprobación de resistencia de la chapa. Se comprueba la resistencia del T-stub tal y como se define en la norma, estableciendo para ello los patrones de rotura de modos circulares y no circulares. Calculados todos los modos, se selecciona el más desfavorable para más adelante compararlo con las resistencias del perfil.

RESISTENCIA DEL T-STUB A COMPRESIÓN SIMPLE									
Dimensión C	C	57,2	mm	Área del alma (descontando zona alas)	A2	2405	mm	Axil resistido de cálculo	Nrd 1897 kN
Área de 1 ala	A1	38247	mm ²	Área total	A	78899	mm	Axil solicitado	Ned 1607,9 kN
Cumple									

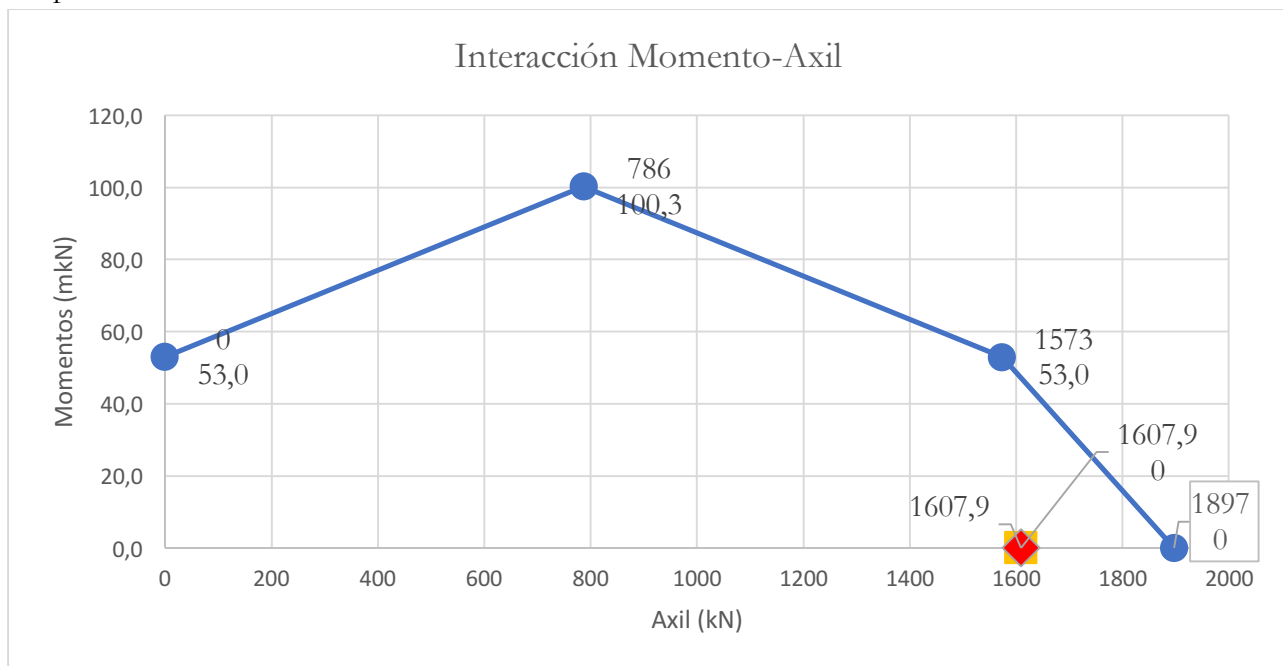
RESISTENCIA DEL T-STUB A FLEXIÓN									
PARÁMETROS BÁSICOS			PATRONES DE ROTURA			COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Garganta soldadura	a	7,5	mm	Modos circulares	leff,c	532	mm	Espesor de la chapa frontal	tp 30 m
Tornillo - borde (horizontal)	e	130	mm	2II _{mx}	p	544	mm	Espesor alma	tw 8 m
Tornillo - borde (vertical)	ex	130	mm	II _{mx} + w		622	mm	Longitud básica	Lb 38 m
Tornillo-eje soldadura	mx	86,525	mm	II _{mx} + 2e		532	mm	Fila 1	Lb* 163 m
mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	108,2	mm	Modos no circulares	leff,n	305	mm	Se desarrollan fuerzas de palanca	
Ancho total	bp	610	mm	4mx + 1,25ex	c	509	mm		
Ancho entre tornillos	w	350	mm	e + 2mx + 0,625ex		384	mm		
				0,5bp		305	mm		
				2mx + 0,5w + 0,625ex		429	mm		
				Modo de fallo 1	leff1	305	mm		
				Modo de fallo 2	leff2	305	mm		

MODOS DE FALLO				COMPROBACIÓN COMPRESIÓN DEL ALA				COMPROBACIÓN DE LA SOLDADURA			
Momento producido por la fila	Mpl,Rd	58,9	mmkN/mm	Momento plástico pilar	MplRd	92,71	Nmk	Longitud del cordón	186,00	m	
Modo de fallo 1	Ft1Rd	415,4	kN	Ancho total		0,186	m	Garganta seleccionada	7,5	m	
Modo de fallo 2	Ft2Rd	415,4	kN	Espesor del ala		0,013	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	652,9	kN
Modo de fallo 3	Ft3Rd	162,0	kN	Compresión del ala resistida	FcfbRd	536	kN			Cumple	
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	162,0	kN			Cumple					
		Cumple									

Finalmente, se establecen las resistencias por separado de las alas y el alma, así como la compresión máxima que soporta el perfil para compararlo con las configuraciones determinadas de rotura. Además, se comprueba la unión para tres situaciones: una primera situación de compresión pura, otra de flexión pura y otra de flexión compuesta.

RESISTENCIA DE LA CHAPA (RESUMEN)										
COMPRESIÓN PURA			FLEXIÓN PURA			FLEXIÓN COMPUESTA				
Área del ala superior	A1	mm	hper	186,0						
		2	fil	0	mm	Altura área ala inferior	hinferior	127	m	
Área del alma	A2	mm	C	57,2	mm	Bloque comprimido	X	22	m	
		2	Separación perfil-tornillo	Sp	95,0	mm	Zona libre para flexión	Y	105	m
Área del ala inferior	A3	mm								
Resistencia a compresión ala superior	Nrd1	919	kN	Bloque comprimido	X	22,44	mm	Resistencia a compresión ala superior	Nrd1-3	757
Resistencia a compresión alma	Nrd2	58	kN	Brazo de palanca	Z	327	mm	Resistencia a compresión alma	Nrd2	58
Resistencia a compresión ala inferior	Nrd3	919	kN	Carga que genera modo de fallo	FtRd	162,0	kN	Resistencia a compresión total	Nrd	1573
Compresión máxima resistida	Nrd	1897	kN	Momento resistido	Mrd	53,0	n	Momento resistido	Mrd	53,0
										N
OBTENCIÓN 3º PUNTO DEL GRÁFICO			CORTANTE			CORTANTE (considerando los tornillos)				
Resistencia media alma	Nrd2'	29	kN	Resistencia por rozamiento $F_{r,rd} = 0,20N_{edmin}$				Resistencia 1º fila	F1vbrd	41
Resistencia ala sin zona comprimida	Nrd3'	757	kN	Resistencia	$F_{r,rd}$	321,5	8	Resistencia 2º fila	F2vbrd	23
Resistencia a compresión	Nrd	786	kN	Cortante solicitado	$F_{r,e}$	88,7	kN	Factor α_{bc}	α_{bc}	0,29
Momento área alma	M2'	0,1	N		Cum			Resistencia mínima	Fvbrd/p	23
Momento área ala	M3'	47,2	N		ple			Resistencia total	Fvbrd	94
Momento resistido	Mrd	100,3	N							Cumple

En base a los resultados obtenidos se ha generado un gráfico de interacción momento-axil en el que gráficamente podemos comprobar cuáles son los márgenes de los que disponemos con la solución adoptada.



Como conclusión cabe resaltar que estamos ante una basa muy solicitada dentro del proyecto, es por ello que tenemos que seleccionar espesores de chapas muy grandes. Además, como se puede ver en el gráfico superior, la situación de compresión es importante pues casi agota la capacidad de la unión

diseñada sin aportar momento ninguno, por lo que, en el caso de tener una situación parecida con algo de flexión tendríamos que plantear una modificación del diseño.

3.9. Micropilotes y encepados

Una de los condicionantes más importantes del proyecto es la existencia del yacimiento arqueológico en el interior de la parcela. Como consecuencia de esta situación, la posibilidad de transmitir carga al terreno dentro de esta zona es muy limitada. En el proyecto presentado se han intentado disminuir las situaciones en las que un soporte llega hasta el yacimiento.

Con el criterio de realizar una actuación lo menos invasiva posible, unido a los datos obtenidos del informe geotécnico, se planteaba una cimentación profunda a base de micropilotes. El empleo de los pilotes en este caso no tenía razón de ser puesto que tendríamos que emplear pilotes de un tamaño considerable además de que no existiría la posibilidad de arriostrarlos entre ellos (si su diámetro es inferior a un metro y son monopilotes como especifica el CTE-DB-C).

Relacionado con el apartado anterior de las basas, se distinguen en el proyecto dos situaciones: una situación predominante en la que los soportes se apoyan sobre elementos de hormigón armado en la cota de la rasante (sobre las pantallas perimetrales o sobre los muros interiores) y otra más puntual en la que los soportes llegan hasta la cota del sótano o del yacimiento.

En referencia a los soportes que llegan hasta la cota del sótano, se estudiará y diseñará la cimentación profunda para los soportes P24, P25, P29, P33 y P34. Las solicitaciones obtenidas para estos cinco soportes han sido las siguientes:

Soporte	Perfil	Compresión característica	Compresión de cálculo
P24	HEB220C	1838,9 kN	2601,9 kN
P25	HEB200C	1668,1 kN	2361,1 kN
P29	HEB220C	1506,3 kN	2139,9 kN
P33	HEB200C	1461,5 kN	2046,7 kN
P34	HEB200C	1185,1 kN	1680,2 kN

Se puede consultar las solicitaciones obtenidas para todos los soportes en el apartado 5.10 Reacciones en cimentación.

Al igual que hicimos en el cálculo de las basas, aprovecharemos los resultados obtenidos para la cimentación el soporte P24 (el más solicitado) para comentar el método de análisis empleado. El resto de los casos calculados se podrán consultar en el Anejo III. Micropilotes y encepados.

Como se puede observar en el cuadro de cargas arriba superior, los soportes tienen unas compresiones muy altas debido a que recogen la carga de muchos pilares que se van apeando, concentrado todo el axil de esa zona de la planta en 5 puntos.

Para el dimensionado de los micropilotes se ha desarrollado una hoja Excel basándonos en las comprobaciones y las limitaciones expuestas por el documento “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera” del Ministerio de Fomento.

Primeramente, se definen la carga característica y mayorada a la que está sometido el micropilote. Será importante definir datos como el tipo de terreno, la coacción lateral o el tipo de ejecución ya que nos servirán para determinar parámetros que se especificarán a continuación.

DIMENSIONADO MICROPILOTES										
DATOS INICIALES										
SOLICITACIONES										
Soporte	P24	Axil característico Pek			1838,9	kN	Axil de cálculo Pe d		2601,9	kN
CARACTERÍSTICAS TERRENO										
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral			Arcillas y limos blandos					
	Perforados				Suelos naturales sin alterar					
Micropilote		Tipo de terreno								
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)									
CARACTERÍSTICAS MICROPILETE										
Diámetro perforación	D		m	Tipo de acero del tubo Tipo de acero para barras corrugadas Barra empleada Vida útil Espesor del tubo de acero t	S275	Tipo de inyección	Resto de casos			
Profundidad del micropilote	p	200	m		B500S		Tipo de aplicación	Nueva construcción		
	L	13	m			m m años		Tipo de aplicación	Estrato 10	
Cota inicio	Ct	-2,0	m		32					
Separación a ejes de micropilotes	S	800	m		50	Penetración en el estrato	1,2 m			
Nº de micropilotes en el encepado		4			7	Empotramiento recomendado	1,2 m			
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión	Manguitos exteriores	Cumple				

En el cuadro superior se puede ver un resumen de las características del micropilote que cumpliría las verificaciones de resistencia y hundimiento. Se ha escogido el pilote de 200 mm de diámetro de perforación y este se usará como base para toda la obra. La longitud del mismo es de 13 metros de desarrollo y su inicio se sitúa en la cota -2 (en la base del encepado).

COMPROBACIÓN RESISTENCIA									
RESISTENCIA					HUNDIMIENTO				
Resistencia estructural de 1 micropilote	Nc,Rd	707	kN		Carga de hundimiento	Qh	4731	kN	
Rendimiento	η	1,00			Índice de aprovechamiento	182	%	Cumple	
Carga admisible de un pilote	Qadm	707	kN						
Resistencia de cálculo del grupo	Nc,Rd,tot	2826	kN						
Índice de aprovechamiento	109	%	Cumple						

La verificación del fallo estructural del micropilote se realiza mediante los procedimientos explicados en el artículo 3.6 de la “guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en carreteras”. Se definen las resistencias que aporta el hormigón, el acero de la barra introducida (que podría no existir) y el acero de la camisa del micropilote. Además de estos, es necesario definir el coeficiente $F_{u,c}$ (Tabla 3.4) referente al tipo de unión empleada, así como el coeficiente F_e (tabla 3.5) del tipo de terreno y perforación. A su vez, todo vendrá afectado por el factor R , que minora la capacidad del micropilote por pandeo.

Es importante resaltar que el acero prescrito para el tubo del micropilote (S275) no podrá ser sustituido en obra por otro acero no soldable, dado que está previsto adherir un perfil al mismo para poder ejecutar la rampa de apoyo para la zona del auditorio.

TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN									
Resistencia estructura del micropilote				Coef. influencia tipo de ejecución		Fe 1			
Resistencia por pilote	Nc,Rd	706,6	kN	Cálculo de la sección del micropilote					
Área de hormigón	Ac	29383	mm2	Sección de cálculo		Aa	1229	mm2	
Resistencia de cálculo de hormigón	fcd	16,67	N/mm2	Diámetro perforación		Dp	200	mm	
Área tubo de acero	As	1229	mm2	Diámetro micropilote		D	193,7	mm	
Resistencia de cálculo del acero	fyd	261,9	N/mm2	Diámetro exterior armadura tubular		de	139	mm	
Área de acero en barras	As	804,2	mm2	Reducción espesor corrosión		re	0,6		
Resistencia de cálculo del acero	fsd	400,0	N/mm2	Espesor del tubo de acero		t	7	mm	
Factor empírico de pandeo	R	0,8		Diámetro interior		di	132	mm	
Coefficiente Cr	Cr	10		Coeficiente de minoración por unión		Fu,c	1		

La verificación frente a hundimiento se hace calculando la resistencia conjunta del efecto punta y la resistencia por fuste. Respecto a la resistencia por punta, a diferencia de los pilotes donde está si es considerable, en los micropilotes puede despreciarse o, según este documento, tomarse como máximo el 15% del valor de la resistencia por fuste.

RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA					
Resistencia de cálculo por punta	Rp,d	617	kN	Resistencia de cálculo por fuste	Rfc,d 4114 kN
Resistencia característica por punta	Rp,k	1851	kN	Resistencia característica por fuste	Rfc,k 12342 kN

Para la resistencia por fuste, se analiza estrato a estrato cual es la resistencia que se ejerce (en función del ángulo de rozamiento del terreno, la tensión del estrato, la profundidad). Calculada una primera resistencia unitaria deberá multiplicar por el área perimetral del micropilote que está en contacto con ese estrato. Tras multiplicar convenientemente y sumar todas las resistencias se determina la resistencia final por fuste característica.

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE									
Resistencia por fuste característica		Rfc,d	4114 kN						
Resistencia por fuste característica									
1	191,7 kN	Resistencia unitaria por fuste 1	Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
2	200,9 kN	Resistencia unitaria por fuste 2	Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
3	123,3 kN	Resistencia unitaria por fuste 3	Rfc,d3	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
4	125,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 4	Rfc,d4	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
5	129,3 kN	Resistencia unitaria por fuste 5	Rfc,d5	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
6	349,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 6	Rfc,d6	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
7	984,2 kN	Resistencia unitaria por fuste 7	Rfc,d7	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
8	2010,6 kN	Resistencia unitaria por fuste 8	Rfc,d8	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
9	0,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 9	Rfc,d9	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
10	0,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 10	Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		
11	0,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 11	Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m		



Realizados los procesos anteriores, se verifica que el micropilote proyectado cumple a resistencia y hundimiento. A continuación, se deberá proyectar y armar el encepado del cual nacerán los micropilotes. Se ha podido verificar que, para este soporte (el más cargado del proyecto), es suficiente con disponer un encepado de 4 micropilotes. Se calcula un encepado rígido, al tiempo que se separarán unas distancias mínimas los micropilotes para que su efecto al trasladar las cargas al terreno sea completo (rendimiento de pilotes en grupo).

DIMENSIONADO Y ARMADO DEL ENCEPADO									
GEOMETRIA									
Micropilotes dispuestos	4	Vuelo en dirección B	vb	282,5	mm	Separación entre filas (a ejes)	sf	800	m
Nº filas de micropilotes	N	Canto mínimo en A	ha	150	mm	Separación entre columnas (a ejes)	sc	800	m
Nº columnas de micropilotes	f	Canto mínimo en B	hb	141,25	mm	Separación de ejes a bordes	sb	250	m
	c	Cump						130	m
Dimensión soporte	le	Canto mínimo normativo	h	400	mm	Lado A	A	0	m
Lado A	Sa	Canto del encepado	H	400	mm	Lado B	B	0	m
Dimensión soporte		Separación máxima a ejes de micropilotes	sma			Recubrimientos encepado	r		m
Lado B	Sb	Separación mínima a ejes de micropilotes	smi	1200	mm			70	m
Vuelo en dirección A	va		n	800	mm				
TRACCIÓN EN EL ARMADO					ARMADO INFERIOR HORIZONTAL PRINCIPAL				
Ancho del soporte	a	735	mm	Diámetros	ϕ	16	m		
Separación a ejes de micropilotes	s	800	mm	armadura	p		m		
				Armaduras necesarias uniendo pilotes	n	6			
Componente horizontal de la biela	t	216,25	mm	Ancho para distribuir las armaduras	D	600	m		
Altura Z (0,8h)	Z	320	mm	Separación entre					
Axil de cálculo	Nd	2601,9	kN	barras	sp	100	m		
Tensión solicitada	T	440	kN	Máximo de armaduras por capa		6			
ARMADOS SECUNDARIOS									
				Armadura	ϕ		m		
				secundaria	s	12	m		
				Separación armadura secundaria	ss	250	m		

Definido el canto y la separación entre pilotes, se descompone la fuerza vertical que ejerce el soporte en dos bielas de compresión. Tendremos que equilibrar la componente horizontal de la misma a través de un armado que irá entre las cabezas de los pilotes. Secundariamente también es necesario disponer un armado mínimo que se establece de redondos del 12 cada 250 mm.

ASIENTO EN GRUPO DE PILOTES									
ASIENTO DEL GRUPO DE PILOTES									
Carga de cálculo máxima (micropilote en grupo)	Qad	m	707	kN	Longitud del pilote sobre el terreno	l	0,5	m	
Coef. de seguridad			1,4		Área de la sección transversal del micropilote	A	0,031	m ²	
Carga característica máxima (micropilote en grupo)	Qad	m	505	kN	Módulo de elasticidad	E	240000	kN/m	
Carga de hundimiento por micropilote	Rck		3548	kN	Asiento del micropilote más cargado	S1	10	mm	
ASIENTO DEL ENCEPADO									
Asiento del encepado	S2		0,29	mm	Lado A (lado largo)		1,3	m	
Lado corto equivalente	B1		6,95	m	Lado B (lado corto)		1,3	m	
				kN/m		Are			
Presión efectiva en la cota z	qB1'		38,0	2	Área del encepado	a	1,69	m ²	
Coef. Poisson	ν		0,30		Lado A' equivalente	A'	6,95	m	
	Esuel			kN/m		B'			
Módulo elástico del terreno en la cota z	o		500000	2	Lado B' equivalente		6,95	m	
						Are			
Coef. asientos en el centro del cimiento	k0		0,60		Área del encepado en profundidad z	a'	48	m ²	
	Z		7,35	m	Relación de				
Profundidad Z					profundidad	n	4,1		
Coefficiente alfa	α		0,57		Relación de área de influencia	m	1,0		
Incremento del área	Δ		2,83	m					
ASIENTO TOTAL									
Asiento del micropilote más solicitado	S1	9,7	mm		Asiento del encepado	S2	0,3	mm	
					Asiento total	Stot	10,0	mm	

Finalmente, se ha realizado un cálculo del asiento de la cimentación. Para ello se ha seguido un procedimiento para calcular el asiento de pilotes en grupos, ya que como indica el documento “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en carreteras” los métodos de cálculos para ambos casos pueden ser similares.

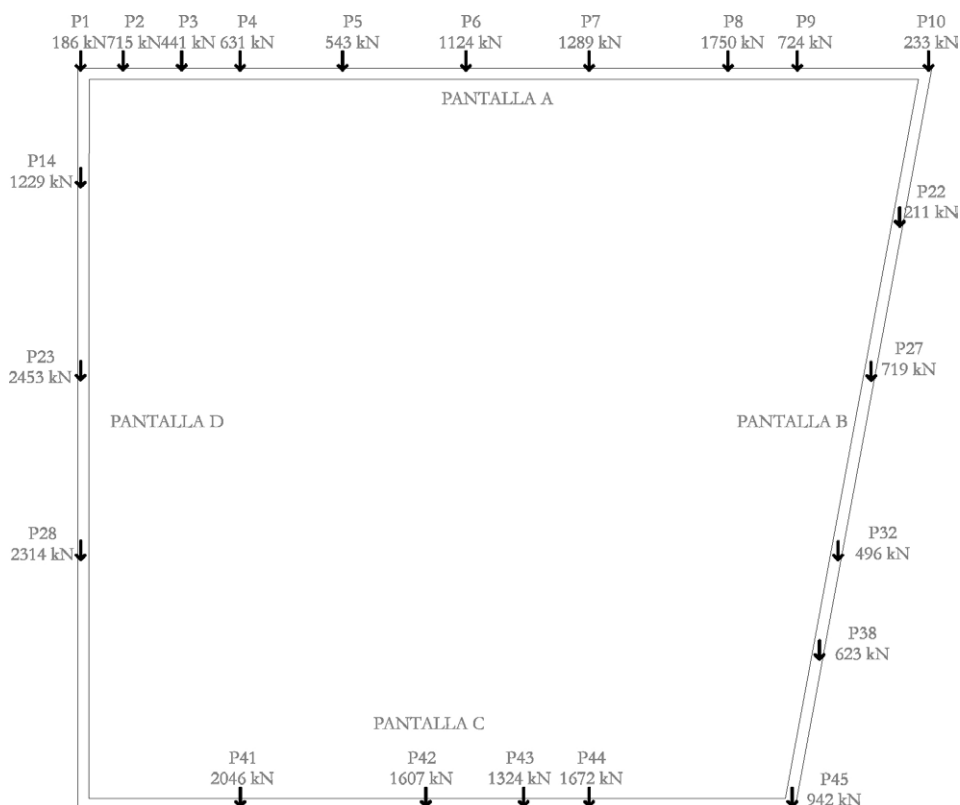
3.10. Muros pantalla

Basándonos en los condicionantes del proyecto (nivel freático, excavación, estrato resistente a cierta profundidad) se ha adoptado la opción de resolver el perímetro de la construcción con un muro de micropilotes.

Esta solución es una de las menos invasivas para el yacimiento y las construcciones aledañas en comparación con los pilotes. En relación con las construcciones medianeras (lados A y B del esquema), se ha podido verificar que ambas cuentan con entradas a garajes, por lo que al menos en sus dos testeros existe un nivel de sótano donde no tendremos que hacer frente a los empujes activos.

En relación con lo anterior, podemos hacer una primera diferenciación entre las cuatro pantallas a realizar: las medianeras (2) y las que se enfrentan a la calle (2), donde los empujes comenzarán en la cabeza del muro.

Para mostrar el procedimiento de análisis y cálculo, se presentarán los cálculos empleado con la pantalla D (ver imagen inferior) mientras que el resto de los análisis se adjuntarán el Anejo III.4 Muros pantalla.



Tal y como se puede observar en la imagen superior, se han estudiado los soportes que apoyan en la viga de coronación y cuáles son sus cargas. Para cada una de las pantallas (A, B, C, D) se ha seleccionado el axil máximo solicitado por medianera. En función del cálculo de los micropilotes necesarios para esa carga, se establecerá un patrón para todos los pilares de la misma pantalla. Los pilotes analizados serán el P8, P23, P27 y P41.

Se van a realizar dos verificaciones para la pantalla: por un lado, se verificará que es capaz de soportar los empujes del terreno y por otro, que es capaz de transferir las cargas que le vienen de la estructura hasta el estrato resistente. En el primer caso, tendremos una altura común a todos los micropilotes que componen la pantalla y que vendrá determinada por la verificación de los empujes del terreno. Por otro, los micropilotes a los cuales se les aplica directamente la carga del soporte, que tendrán mayor longitud (la que necesiten por cálculo para transferir la carga).

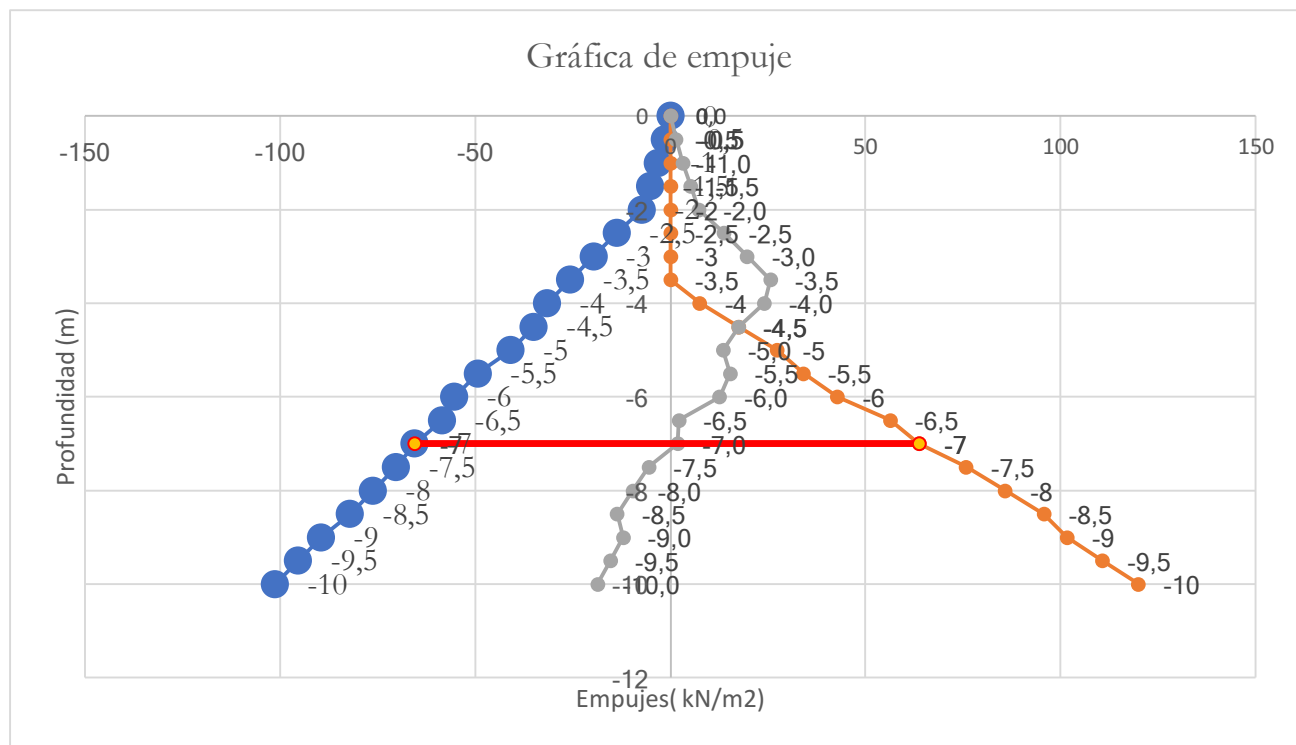
Se han introducido los datos referentes a los distintos estratos en una hoja Excel, indicando la existencia o no de nivel freático, así como el ángulo de rozamiento del estrato. Con esto, se va indicando cada medio metro la composición de la sección interior y exterior al muro.

N.F. Cara exterior		Características terreno										Coef. Empujes	
		Existencia	Valor intervalo	Existencia	Valor intervalo	γ'	γ_{sat}	γ_{sum}	σ_v'	σ_v'	φ		
Estrato	kN/m ³			kN/m ³		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	Exterior	Interior	Ángulo R.	Ka	Kp
1	1	No	0	1	No	0	17	17	0	17	25	1	0,41
2	1	No	0	1	No	0	19	19	0	19	24	2	0,42
3	10	Si	5	1	No	0	19	19	9	9	24	3	0,42
4	10	Si	5	10	Si	5	21	21	11	11	30	4	0,33
5	10	Si	5	10	Si	5	20	20	10	10	25	5	0,41
6	10	Si	5	10	Si	5	21	21	11	11	30	6	0,33
7	10	Si	5	10	Si	5	20	20	10	10	28	7	0,36
8	10	Si	5	10	Si	5	21	21	11	11	30	8	0,33
9	10	Si	5	10	Si	5	20	20	10	10	28	9	0,36
10	10	Si	5	10	Si	5	22	22	12	12	35	10	0,27
11	10	Si	5	10	Si	5	22	22	12	12	40	11	0,22
12	1	No	0	1	No	0	0	0	0	0	0	12	1,00
13	10	Si	5	1	No	0	0	0	0	0	0	13	1,00



En base a lo anterior, se definen los empujes activos y pasivos, lo cual se puede comprobar gráficamente en la siguiente imagen. Además de las líneas de los empujes, se ha incluido una tercera línea que hace referencia al equilibrio (diferencia de empujes) así como una recta que marca el punto de equilibrio. Se puede notar en la imagen que se ha establecido la altura de la excavación, ya que desde la cota 0 hasta la -3,5 no existe empuje pasivo. En los empujes activos, debemos considerar la sobrecarga de la acera (3 kN/m^2).

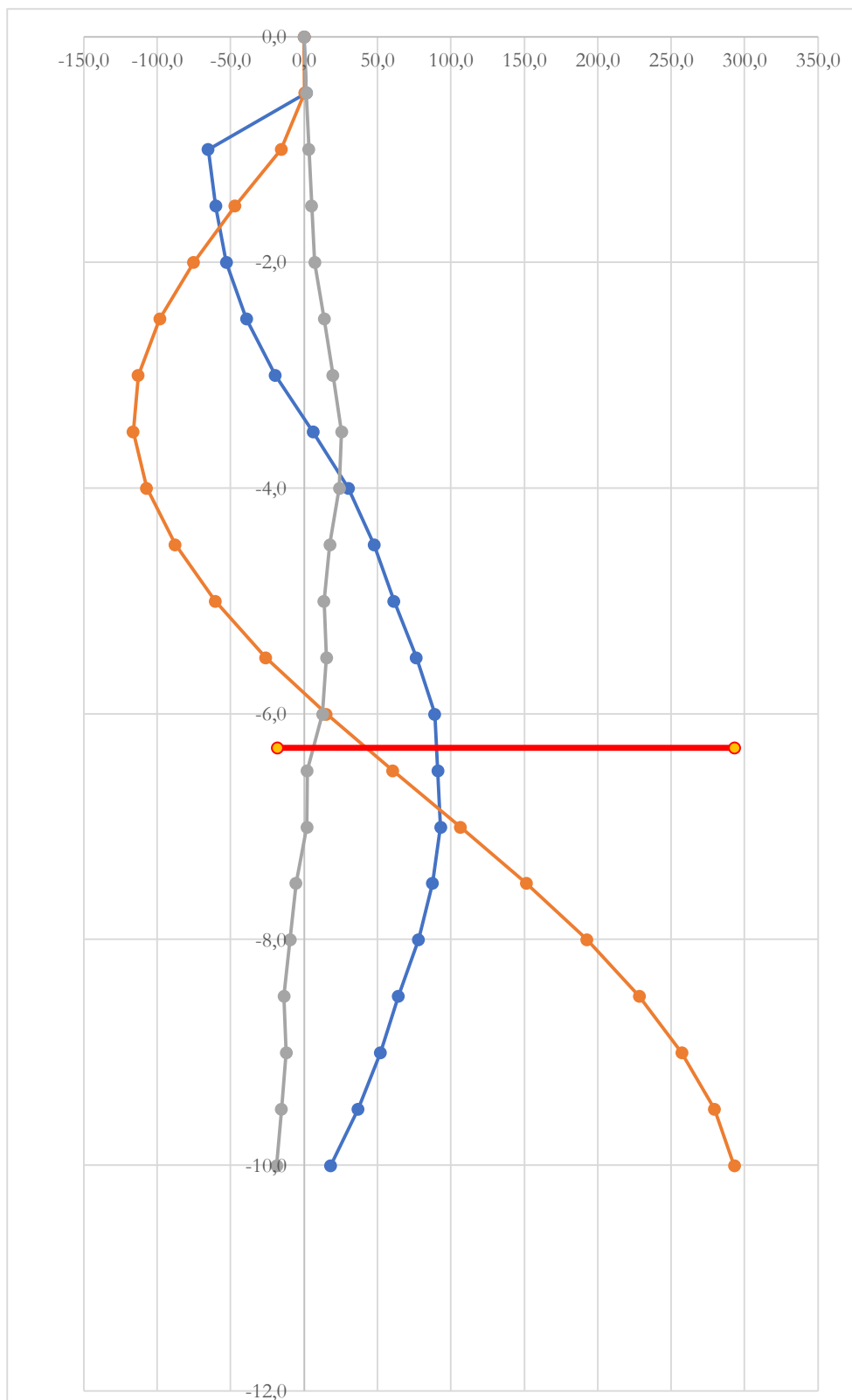
Tramos	Estrato	Cara Exterior					Estrato	Cara interior					Empuje pasivo resultante	Resultados		Fuera de Arriostamiento	V	M
		σ_v'	u	σ_v	Ka	Empuje Activo resultante		σ_v'	u	σ_v	Kp	i		Empujes terreno Ea-Ep				
		kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2			kN/m2	kN/m2	kN/m2	kN/m2							
0		3					12	0,00	0	0,00	0,60	1	0,00	0		0,00	0,00	
0,5	1	11,50	0	11,50	0,41	1,47	12	0,00	0	0,00	0,60	1	0,00	1,47	0	1,47	0,37	
1	1	20,00	0	20,00	0,41	3,20	12	0,00	0	0,00	0,60	1	0,00	3,20	-70	-65,33	-15,60	
1,5	2	29,50	0	29,50	0,42	5,22	12	0,00	0	0,00	0,60	1	0,00	5,22	0	-60,11	-46,96	
2	2	39,00	0	39,00	0,42	7,22	12	0,00	0	0,00	0,60	1	0,00	7,22	0	-52,89	-75,21	
2,5	3	43,50	5	48,50	0,42	13,70	13	0,00	0	0,00	0,60	1	0,00	13,70	0	-39,19	-98,23	
3	3	48,00	10	58,00	0,42	19,65	13	0,00	0	0,00	0,60	1	0,00	19,65	0	-19,55	-112,92	
3,5	3	52,50	15	67,50	0,42	25,60	13	0,00	0	0,00	0,60	1	0,00	25,60	0	6,05	-116,29	
4	3	57,00	20	77,00	0,42	31,54	4	5,50	5	10,50	1,80	1	7,48	24,07	0	30,12	-107,25	
4,5	4	62,50	25	87,50	0,33	34,96	4	11,00	10	21,00	1,80	1	17,43	17,53	0	47,65	-87,81	
5	4	68,00	30	98,00	0,33	40,88	4	16,50	15	31,50	1,80	1	27,38	13,50	0	61,15	-60,60	
5,5	5	73,00	35	108,00	0,41	49,31	5	21,50	20	41,50	1,48	1	34,04	15,26	0	76,42	-26,21	
6	5	78,00	40	118,00	0,41	55,32	5	26,50	25	51,50	1,48	1	42,74	12,58	0	89,00	15,14	
6,5	6	83,50	45	128,50	0,33	58,46	6	32,00	30	62,00	1,80	1	56,33	2,13	0	91,13	60,17	
7	7	88,50	50	138,50	0,36	65,52	7	37,00	35	72,00	1,66	1	63,67	1,86	0	92,99	106,20	
7,5	8	94,00	55	149,00	0,33	70,21	8	42,50	40	82,50	1,80	1	75,78	-5,57	0	87,42	151,30	
8	8	99,50	60	159,50	0,33	76,13	8	48,00	45	93,00	1,80	1	85,73	-9,60	0	77,82	192,61	
8,5	8	105,00	65	170,00	0,33	82,04	8	53,50	50	103,50	1,80	1	95,68	-13,63	0	64,19	228,11	
9	9	110,00	70	180,00	0,36	89,41	9	58,50	55	113,50	1,66	1	101,53	-12,13	0	52,06	257,17	
9,5	9	115,00	75	190,00	0,36	95,31	9	63,50	60	123,50	1,66	1	110,69	-15,38	0	36,68	279,36	
10	9	120,00	80	200,00	0,36	101,21	9	68,50	65	133,50	1,66	1	119,84	-18,63	0	18,05	293,04	
10,5	9	125,00	85	210,00	0,36	107,11	9	73,50	70	143,50	1,66	1	129,00	-21,88	0	-3,84	296,59	
11	9	130,00	90	220,00	0,36	113,02	9	78,50	75	153,50	1,66	1	138,15	-25,14	0	-28,97	288,39	
11,5	9	135,00	95	230,00	0,36	118,92	9	83,50	80	163,50	1,66	1	147,31	-28,39	0	-57,36	266,81	
12	9	140,00	100	240,00	0,36	124,82	9	88,50	85	173,50	1,66	1	156,46	-31,64	0	-89,00	230,22	
12,5	9	145,00	105	250,00	0,36	130,72	9	93,50	90	183,50	1,66	1	165,62	-34,89	0	-123,89	176,99	
13	9	150,00	110	260,00	0,36	136,63	9	98,50	95	193,50	1,66	1	174,77	-38,14	0	-162,04	105,51	
13,5	9	155,00	115	270,00	0,36	142,53	9	103,50	100	203,50	1,66	1	183,93	-41,40	0	-203,44	14,14	
14	9	160,00	120	280,00	0,36	148,43	9	108,50	105	213,50	1,66	1	193,08	-44,65	0	-248,09	-98,74	
14,5	10	166,00	125	291,00	0,27	147,09	10	114,50	110	224,50	2,21	1	233,44	-86,35	0	-334,44	-244,37	
15	10	172,00	130	302,00	0,27	152,90	10	120,50	115	235,50	2,21	1	245,08	-92,18	0	-426,62	-434,63	
15,5	10	178,00	135	313,00	0,27	158,71	10	126,50	120	246,50	2,21	1	256,72	-98,01	0	-524,63	-672,44	
16	10	184,00	140	324,00	0,27	164,52	10	132,50	125	257,50	2,21	1	268,36	-103,84	0	-628,46	-960,72	
16,5	10	190,00	145	335,00	0,27	170,34	10	138,50	130	268,50	2,21	1	280,01	-109,67	0	-738,13	-1302,36	
17	10	196,00	150	346,00	0,27	176,15	10	144,50	135	279,50	2,21	1	291,65	-115,50	0	-853,63	-1700,31	
17,5	10	202,00	155	357,00	0,27	181,96	10	150,50	140	290,50	2,21	1	303,29	-121,33	0	-974,96	-2157,45	
18	10	208,00	160	368,00	0,27	187,78	10	156,50	145	301,50	2,21	1	314,93	-127,16	0	-1102,11	-2676,72	
18,5	10	214,00	165	379,00	0,27	193,59	10	162,50	150	312,50	2,21	1	326,57	-132,99	0	-1235,10	-3261,02	
19	10	220,00	170	390,00	0,27	199,40	10	168,50	155	323,50	2,21	1	338,22	-138,81	0	-1373,91	-3913,27	
19,5	10	226,00	175	401,00	0,27	205,22	10	174,50	160	334,50	2,21	1	349,86	-144,64	0	-1518,56	-4636,39	
20	10	232,00	180	412,00	0,27	211,03	10	180,50	165	345,50	2,21	1	361,50	-150,47	0	-1669,03	-5433,28	
20,5	10	238,00	185	423,00	0,27	216,84	10	186,50	170	356,50	2,21	1	373,14	-156,30	0	-1825,33	-6306,87	
21	11	244,00	190	434,00	0,22	216,20	11	192,50	175	367,50	2,76	1	436,45	-220,25	0	-2045,58	-7274,60	
21,5	11	250,00	195	445,00	0,22	221,85	11	198,50	180	378,50	2,76	1	449,73	-227,87	0	-2273,45	-8354,36	
22	11	256,00	200	456,00	0,22	227,51	11	204,50	185	389,50	2,76	1	463,00	-235,50	0	-2508,95	-9549,96	
22,5	11	262,00	205	467,00	0,22	233,16	11	210,50	190	400,50	2,76	1	476,28	-243,12	0	-2752,07	-10865,21	
23	11	268,00	210	478,00	0,22	238,81	11	216,50	195	411,50	2,76	1	489,56	-250,75	0	-3002,82	-12303,93	
23,5	11	274,00	215	489,00	0,22	244,46	11	222,50	200	422,50	2,76	1	502,84	-258,37	0	-3261,19	-13869,94	
24	11	280,00	220	500,00	0,22	250,12	11	228,50	205	433,50	2,76	1	516,12	-266,00	0	-3527,19	-15567,03	
24,5	11	286,00	225	511,00	0,22	255,77	11	234,50	210	444,50	2,76	1	529,39	-273,63	0	-3800,82	-17399,04	
25	11	292,00	230	522,00	0,22	261,42	11	240,50	215	455,50	2,76	1	542,67	-281,25	0	-4082,07	-19369,76	
25,5	11	298,00	235	533,00	0,22	267,07	11	246,50	220	466,50	2,76	1	555,95	-288,88	0	-4370,95	-21483,02	
26	11	304,00	240	544,00	0,22	272,73	11	252,50	225	477,50	2,76	1	569,23	-296,50	0	-4667,45	-23742,62	
26,5	11	310,00	245	555,00	0,22	278,38	11	258,50	230	488,50	2,76	1	582,51	-304,13	0	-4971,58	-26152,38	
27	11	316,00	250	566,00	0,22	284,03	11	264,50	235	499,50	2,76	1	595,78	-311,75	0	-5283,34	-28716,11	
27,5	11	322,00	255	577,00	0,22	289,68	11	270,50	240	510,50	2,76	1	609,06	-319,38	0	-5602,72	-31437,62	
28	11	328,00	260	588,00	0,22	295,33	11	276,50	245	521,50	2,76	1	622,34	-327,01	0	-5929,72	-34320,73	
28,5	11	334,00	265	599,00	0,22	300,99	11	282,50	250	532,50	2,76	1	635,62	-334,63	0	-6264,36	-37369,25	
29	11	340,00	270	610,00	0,22	306,64	11	288,50	255	543,50	2,76	1	648,90	-342,26	0	-6606,61	-40586,99	
29,5	11	346,00	275	621,00	0,22	312,29	11	294,50	260	554,50	2,76	1	662,17	-349,88	0	-6956,50	-43977,77	
30	11	352,00	280	632,00	0,22	317,94	11	300,50	265	565,50	2,76	1	675,45	-357,51	0	-7314,00	-47545,39	



El método empleado para el diseño de la pantalla es el método americano (estudiado durante el curso). Para ello se analiza la gráfica de momentos a la que está sometida la pantalla, determinando el punto donde se obtiene el momento máximo y el mínimo. Además, se define la distancia t , que es la longitud desde la base de la excavación hasta el punto de momento nulo, incrementándose esta distancia un 20% por seguridad.

MÉTODO AMERICANO			
Fuerza arriostrante	F	70,00	kN/m
Altura libre interior	Hlibre	3,50	m
Punto de momento máximo	Mmax	3,00	m
Punto de momento nulo	H	5,8	m
Altura pantalla en empujes activos	t	2,32	m
Longitud de empotramiento	0,2t	0,46	m
Altura pantalla	Hpant	6,3	m
Cumple			
Momento máximo	Mmax	112,9	mkN/m
Cortante Máximo	Vmax	89,0	kN/m

Para poder obtener estos resultados ha sido necesario introducir una fuerza arriostrante de 70 kN/m, que estaría situada a -1 m. Gráficamente también se puede observar la gráfica de momentos que se desarrolla, la de cortantes y la línea de la profundidad que debe alcanzar la pantalla.



Como se puede observar en la imagen superior, los micropilotes que componen la pantalla D deberán tener una profundidad de 6,5 m. Pasaremos ahora a definir los micropilotes que se encargarán de trasladar la carga hasta el estrato resistente. El proceso es el mismo explicado en el apartado de Micropilotes y encepados, por lo que se pasan a exponer los resultados del cálculo para el P23.



DIMENSIONADO MICROPILOTES										
DATOS INICIALES										
SOLICITACIONES										
Soporte	P23	Axil característico		Pek	1704,8	kN	Axil de cálculo	Ped	2453,8	kN
CARACTERÍSTICAS TERRENO										
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral			Arcillas y limos blandos					
	Perforados				Suelos naturales sin alterar					
Micropilote		Tipo de terreno								
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)									
CARACTERÍSTICAS MICROPILOTE										
Diámetro perforación	Dp	200	mm	Tipo de acero del tubo	S275	Tipo de inyección		Resto de casos		
Profundidad del micropilote	L	12	m	Tipo de acero para barras corrugadas	B500S			Nueva construcción		
Cota inicio	Ct	-3,8	m	Barra empleada	0	m	Nivel Resistente	Estrato 10		
Separación a ejes de micropilotes	S	800	mm	Vida útil	50	años	Penetración en el estrato	1,95 m		
Nº de micropilotes en el encepado		5		Espesor del tubo de acero	7	m	Empotramiento recomendado	1,2 m		
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión	Manguitos exteriores	Cumple				
COMPROBACIÓN RESISTENCIA										
RESISTENCIA					HUNDIMIENTO					
Resistencia estructural de 1 micropilote	Nc,Rd	500	kN	Carga de hundimiento	Qh	7445	kN			
Rendimiento	η	1,00		Índice de aprovechamiento	303	%		Cumple		
Carga admisible de un pilote	Qadm	500	kN							
Resistencia de cálculo del grupo	Nc,Rd,tot	2498	kN							
Índice de aprovechamiento	102	%								
TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN										
Resistencia estructura del micropilote				Coef. influencia tipo de ejecución	Fe	1				
Resistencia por pilote	Nc,Rd	499,7	kN	Cálculo de la sección del micropilote						
Área de hormigón	Ac	30187	mm2	Sección de cálculo	Aa	1229	mm2			
Resistencia de cálculo de hormigón	fcd	16,67	N/m2	Diámetro perforación	Dp	200	mm			
Área tubo de acero	As	1229	mm2	Diámetro micropilote	D	193,7	mm			
Resistencia de cálculo del acero	fyd	261,9	m2	Diámetro exterior armadura tubular	de	139	mm			
Área de acero en barras	As	0,0	mm2	Reducción espesor corrosión	re	0,6				
Resistencia de cálculo del acero	fsd	400,0	N/m2	Espesor del tubo de acero	t	7	mm			
Factor empírico de pandeo	R	0,8		Diámetro interior	di	132	mm			
Coeficiente Cr	Cr	10		Coeficiente de minoración por unión	Fu,c	1				
RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA										
Resistencia de cálculo por punta	Rp,d	971	kN	Resistencia de cálculo por fuste	Rfc,d	6474	kN			
Resistencia característica por punta	Rp,k	2913	kN	Resistencia característica por fuste	Rfc,k	19421	kN			

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE

Resistencia por fuste característica	Rfc, d	6474 kN							
Resistencia por fuste característica									
1	251,1 kN	Resistencia unitaria por fuste 1	Rfc,d1	68,9	2	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
2	154,1 kN	Resistencia unitaria por fuste 2	Rfc,d1	54,5	2	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
3	156,3 kN	Resistencia unitaria por fuste 3	Rfc,d3	82,9	2	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
4	161,7 kN	Resistencia unitaria por fuste 4	Rfc,d4	64,3	2	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
5	436,3 kN	Resistencia unitaria por fuste 5	Rfc,d5	106,	8	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
6	1230,3 kN	Resistencia unitaria por fuste 6	Rfc,d6	73,9	2	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
7	4084,1 kN	Resistencia unitaria por fuste 7	Rfc,d7	666,	7	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
8	0,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 8	Rfc,d8	0,0	2	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
9	0,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 9	Rfc,d9	0,0	2	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
10	0,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 10	Rfc,d1	0	0,0	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica									
11	0,0 kN	Resistencia unitaria por fuste 11	Rfc,d1	1	0,0	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m

La particularidad que se puede observar en este cálculo, es que se establece el inicio del micropilote en el fondo de la excavación -3,8 m. A partir ese punto, con las características definidas en la hoja, se necesita una longitud de 12 metros de micropilote. Por lo tanto, la altura base de los micropilotes de la pantalla D será de 6,5 m mientras que los micropilotes más próximos (se necesitan 5 para este pilar) tendrán una altura de 16 metros (12 + 4).

La solución adoptada aquí es válida para la pantalla C igualmente (mismas condiciones de contorno), y solamente tendríamos que determinar la profundidad de los micropilotes que trasladan la carga al estrato resistente.

En el caso de las pantallas A y B, los micropilotes que componente la pantalla no necesitarán hacer frente a ninguna acción horizontal por la existencia del sótano aldaño. Con ello, se decide introducir los pilotes 1 metro por debajo del nivel de la excavación y se aumentará la distancia de aquellos pilotes que trasladen la carga de los soportes (ver soluciones en Anejo III.4 Muros pantalla).

3.11. Solera drenante

Como se puede leer en los planos del proyecto básico, existe una zona de uso que se encuentra en una cota inferior a la rasante en el interior de la parcela. Se ha resuelto la cimentación a base de micropilotar, mientras que para el caso de las cargas existentes en la planta sótano se transmitirán al terreno directamente a través el establecimiento de una solera armada.

Esta solera, de 20 centímetros de canto) se armará a doble cara con un doble mallazo de redondos del 12 cada 250 mm. La solera irá dispuesta sobre una cama de gravas en el cual se prevé la instalación de un sistema drenante (se había localizado el máximo nivel freático a -2,15 m) para disminuir el nivel del agua en los casos que fuera necesario.

4. ANÁLISIS MEDIANTE SAP2000

En el bloque de Análisis mediante SAP2000 se realizará la verificación de los dimensionados manuales previos. En todos los casos se verificará las secciones determinadas mediante el cálculo manual o, en caso contrario, se buscará cual es la sección mínima que cumple las verificaciones.

En cualquier caso, las secciones finales propuestas para la estructura proyectada serán las que figuren en los planos presentados, pudiendo sufrir modificaciones las presentadas en los siguientes apartados debido a motivos que respondan a aspectos constructivos (facilidad de montaje, viabilidad de la obra).

En caso de existir modificaciones entre las secciones verificadas en este apartado y las presentadas en los planos será siempre incrementando las secciones y nunca disminuyéndolas.

4.1. Superestructura y modelado

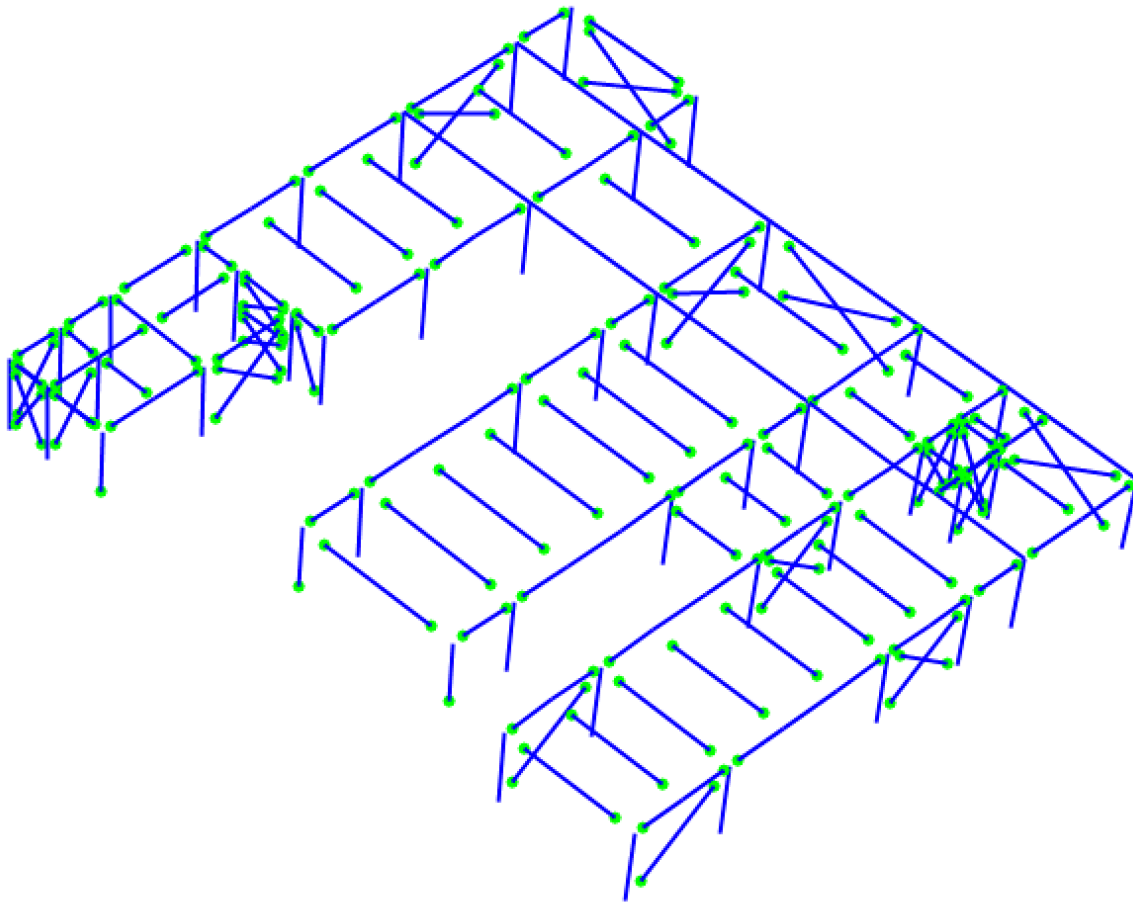
A nivel esquemático, como se puede comprobar en los planos, no estamos ante un edificio regular donde se puedan establecer una serie de pórticos con características similares. Un proyecto tan singular como el aquí tratado hace necesaria una definición completa de todas y cada una de sus partes para entender el comportamiento global del mismo.

En referencia al nivel más superficial de la estructura, podríamos decir que el proyecto se conforma por vigas metálicas (mixtas) en dos órdenes y soportes de acero (de la cota rasante hacia arriba). Es por ello que se modelará ambos ordenes de vigas, los soportes metálicos y las diagonales para los vuelos y arriostramientos. Así mismo hemos de hacer referencia a la existencia de dos celosías que cubren la luz del auditorio, siendo una de ellas celosía de apeo para un pilar de las plantas superiores (sufriendo un incremento puntual de carga importante).

Para las comprobaciones de elementos estructurales vertical y los arriostramientos, así como el análisis de la estabilidad y deformabilidad del conjunto se introduce un modelo estructural en el programa SAP2000 con el objeto de poder verificar los cálculos realizados previamente.

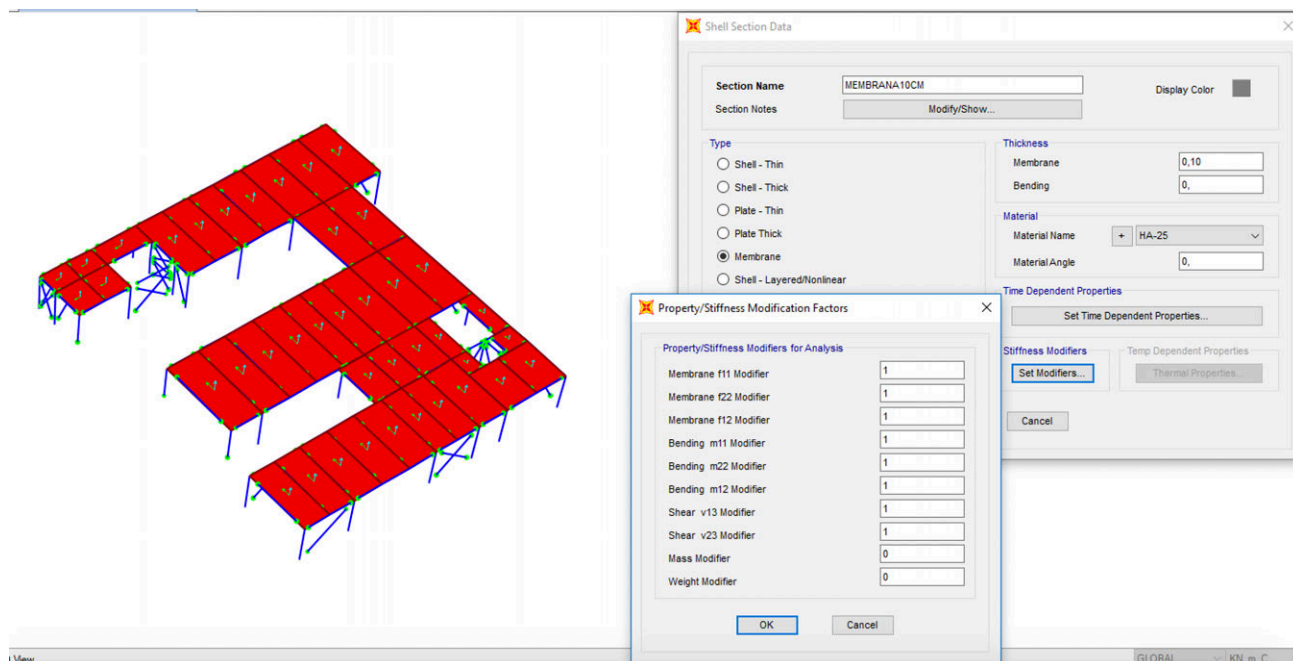
La estructura se ha modelado de acuerdo a ciertos parámetros que son importantes tener presentes y que son los siguientes:

1. El edificio se define como un modelo de barras, es decir, los elementos lineales como soportes, vigas, montantes y diagonales se han modelado mediante una línea por su eje. No se consideran imprecisiones de eje derivadas del distinto canto de vigas en un forjado cuyas vigas están enrasadas por la cara superior.

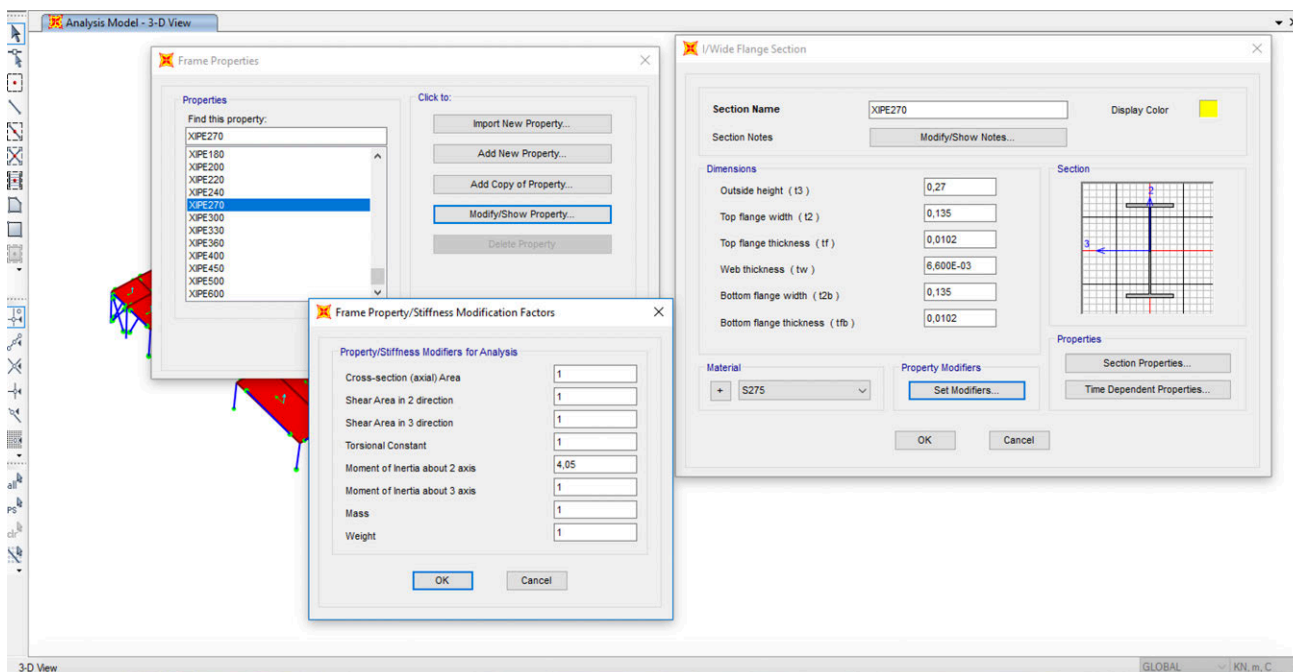


2. Uno de los objetivos principales del modelo es poder obtener valores de deformación horizontal que nos sirvan para verificar dicha estabilidad, por lo que es necesario definir un diafragma rígido. No se pretende con este modelo comprobar los elementos horizontales, los cuales han sido dimensionados manualmente con la ayuda de las hojas de cálculo adjuntas en este documento, pero sí simular correctamente el comportamiento del forjado y su efecto de indeformabilidad. Para ello se define un elemento membrana que va conectado en los nudos de la estructura. Gracias a este elemento se consigue simular el comportamiento de la chapa colaborante que apoya y reparte la carga en una dirección.

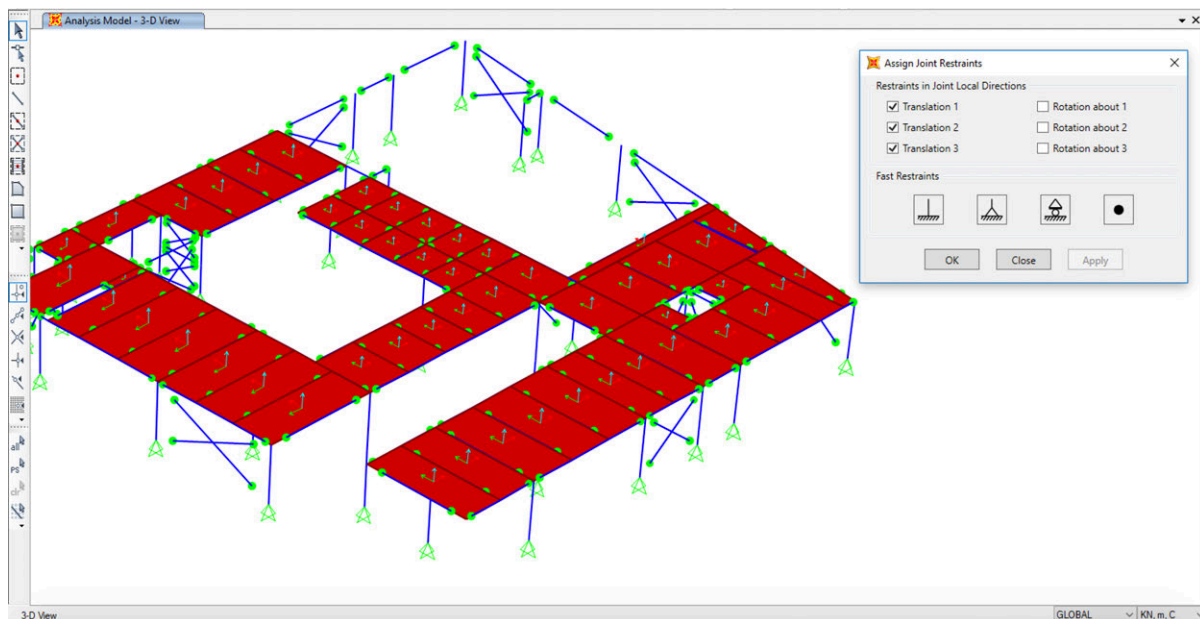
A su vez, ese elemento membrana está definido en el programa de tal manera que no resiste esfuerzos perpendiculares a su plano, con lo que nos aseguramos que la transmisión de la carga hacia las correas es efectiva y correcta. Como hemos trabajado con un forjado mixto de 16 cm (6 cm de nervadura y 10 cm de losa maciza) se define una membrana de 10 cm de espesor y de hormigón HA-25 (el empleado en los forjados).



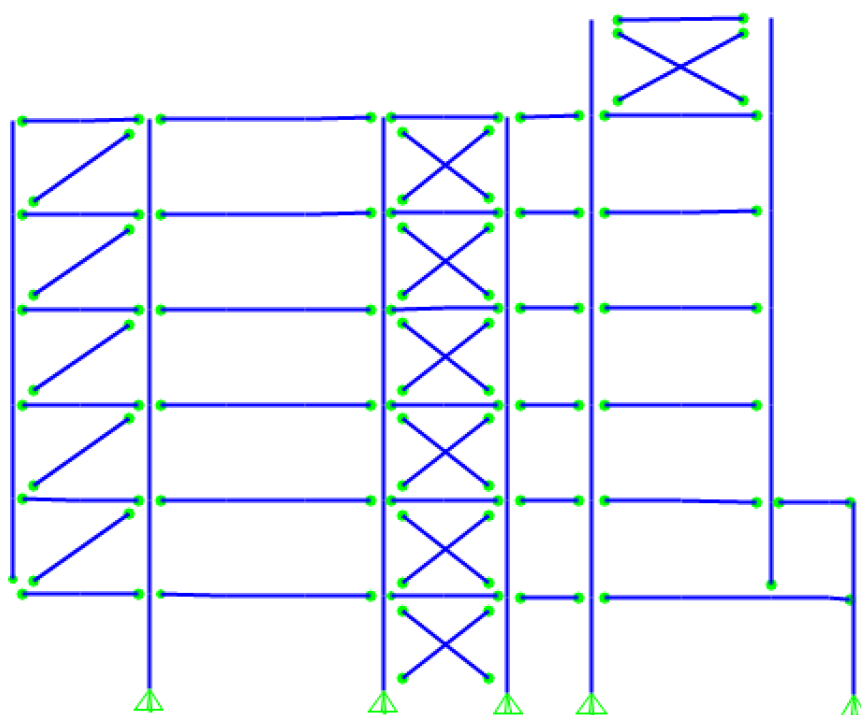
- Se prevé que tanto las vigas como las correas no cumplan el dimensionado según el programa, ya que no se han modelado correctamente el efecto de la estructura mixta. Sin embargo, sí que se ha tenido en cuenta el aumento de la inercia que se produce cuando pasamos de emplear un perfil IPE a un X-IPE. Tras tabular todos los perfiles empleados en el proyecto (tanto los IPE como los HEB), se han introducido modificadores para simular el aumento de inercia en el eje Y-Y' y el Z-Z' de cada uno de los perfiles (en su correspondiente proporción).



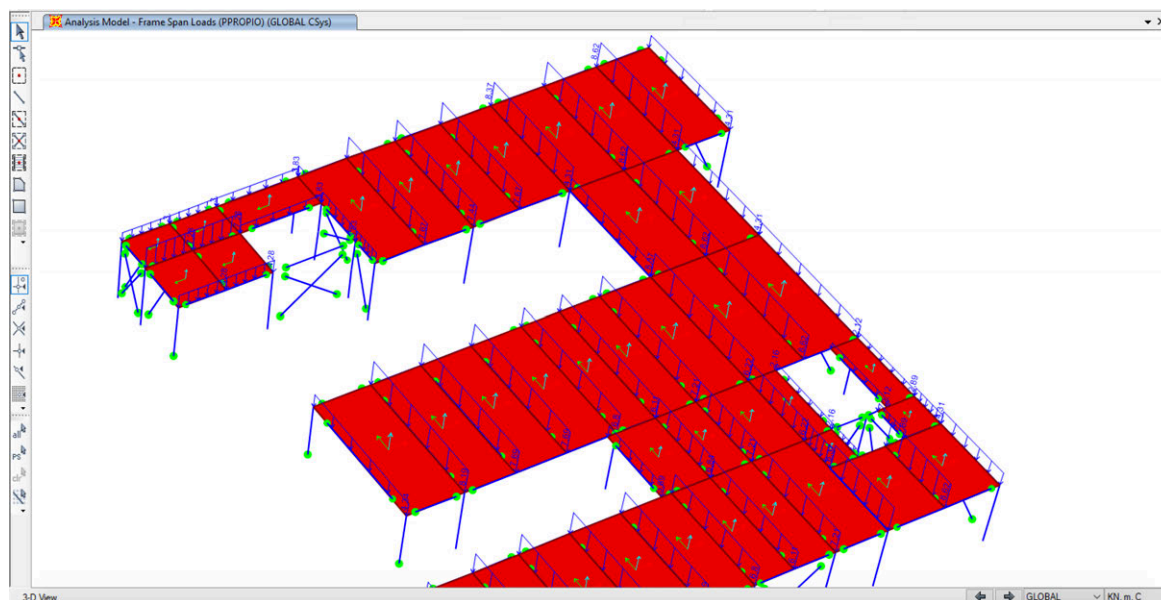
4. Los pilares se vinculan a la cimentación mediante articulaciones. Las acciones horizontales sobre la estructura son equilibradas mediante arriostramientos.



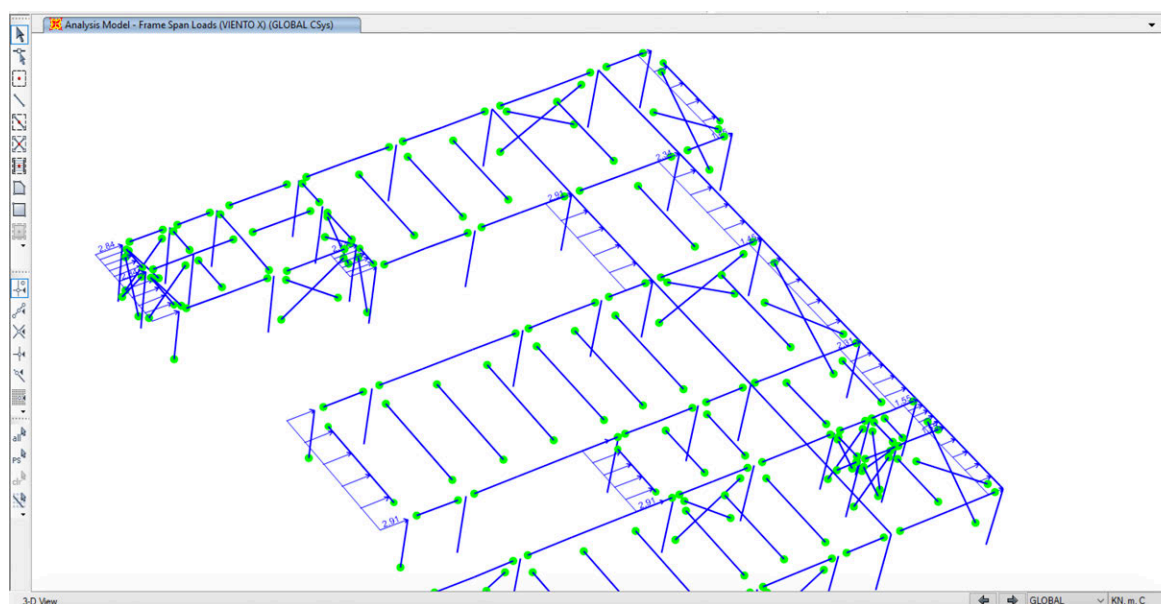
5. Los pilares se modelan como elementos continuos, mientras que las vigas, correas y diagonales se definen articuladas en ambos extremos con el fin de evitar generar momentos en su encuentro con los pilares. Excepcionalmente, se han generado dos pórticos rígidos para poder cumplir la estabilidad horizontal en el eje y (ver explicación en 5.2 Estabilidad horizontal). De igual manera, los pilares apeados se han articulado en su arranque para evitar posibles momentos sobre vigas en mitad de un vano.



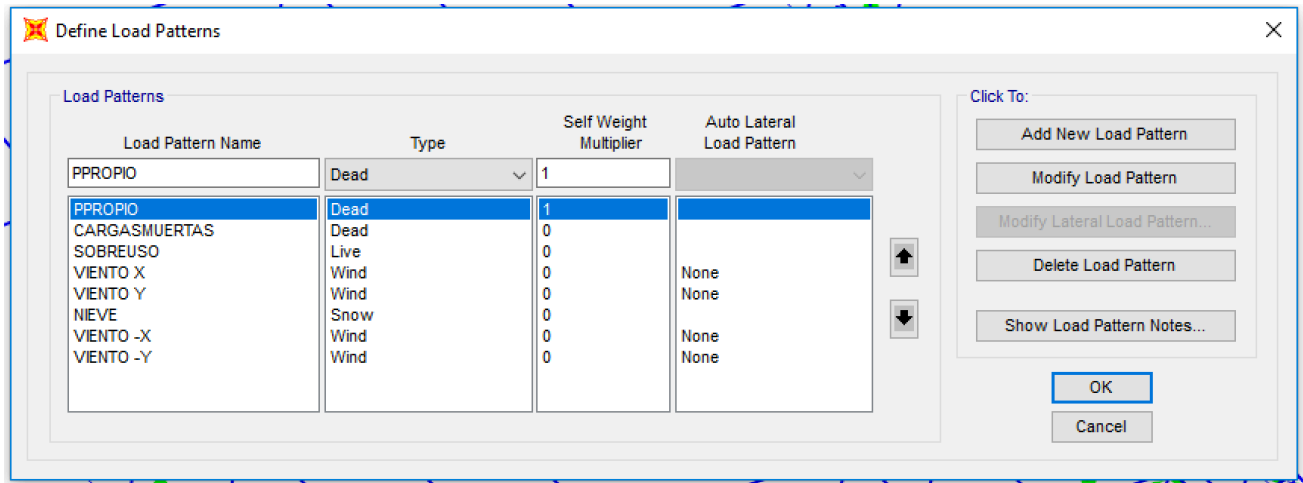
6. Las cargas gravitatorias se introducen tal y como se han definido en las bases del proyecto. Las cargas superficiales de peso propio, cargas muertas y sobrecargas de uso se introducen de manera superficial sobre los elementos membrana (para poder hacer el correcto reparto tributario a las correas y vigas). Las cargas de cerramiento (petos, fachadas de GRC y muros cortina), así como la repercusión de la carga de la escalera se introducen linealmente sobre las vigas y correas correspondientes.



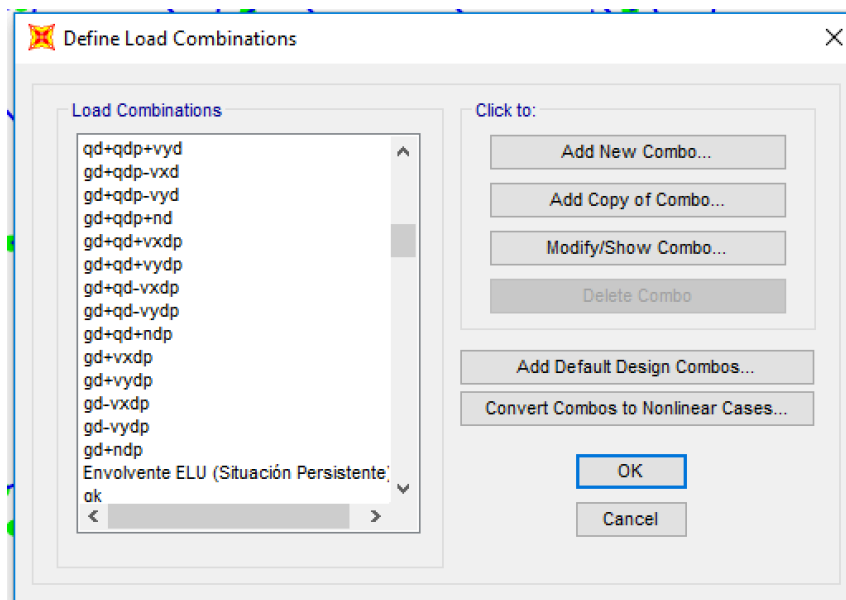
7. El efecto de las cargas de viento se introduce linealmente sobre los cantos de los forjados (en dirección X e Y sobre las vigas de borde) tomando las cargas lineales que se estimaron en el apartado 2.3 Cargas de viento como resultado de multiplicar la parte de fachada correspondiente a cada viga. A pesar de que el proceso puede ser un poco complejo, se introducen los valores de succión y presión en su correspondiente medida, generando para ellos tantos casos de carga como fueran necesarios (sentido positivo y negativo en ambas direcciones).



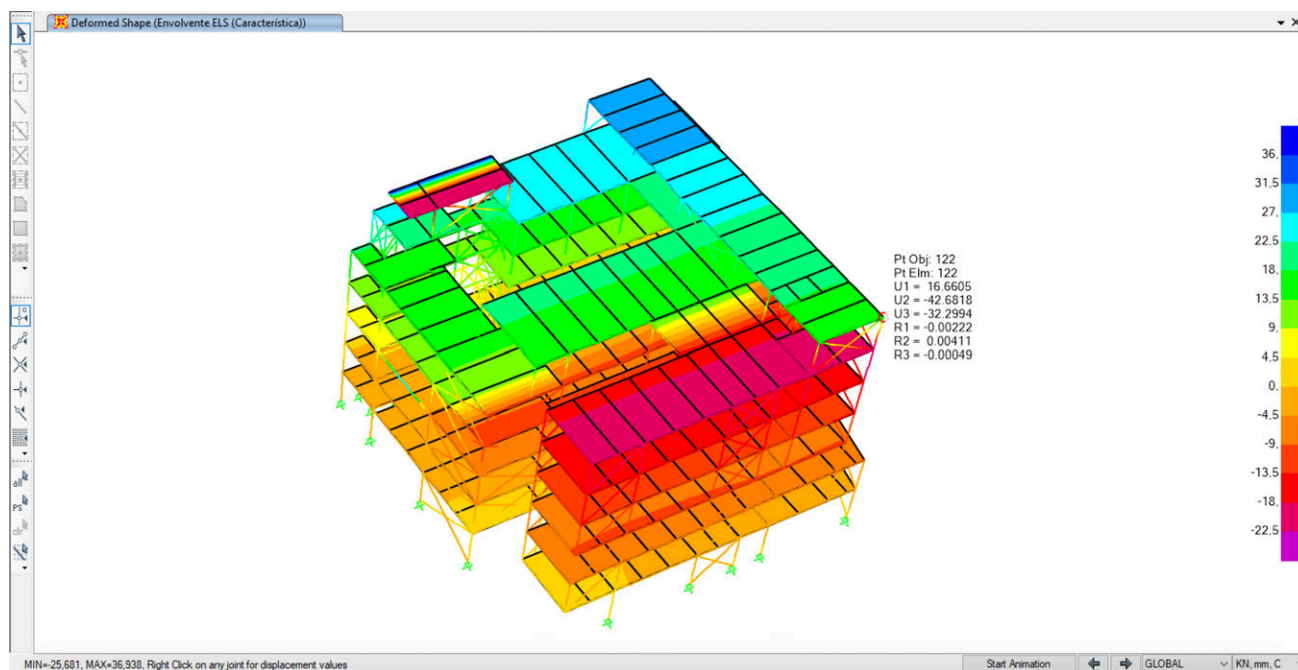
8. Los casos de carga que se tienen en cuenta son: peso propio, cargas muertas, sobrecargas de uso, nieve, viento X, viento -X, viento Y y viento -Y.



9. Para las combinaciones de carga se han aprovechado el estudio realizado de Hipótesis y combinaciones realizado en 2. Bases del proyecto y se han generado todos los casos en ELU y ELS así como las correspondientes envolventes para la verificación de los elementos dimensionados.



10. Se realiza un cálculo elástico y lineal de primer orden. Tras el cálculo se comprueba que las deformaciones laterales entran dentro del rango admisible para considerar el edificio como intraslacional (ver 5.2 Estabilidad horizontal).



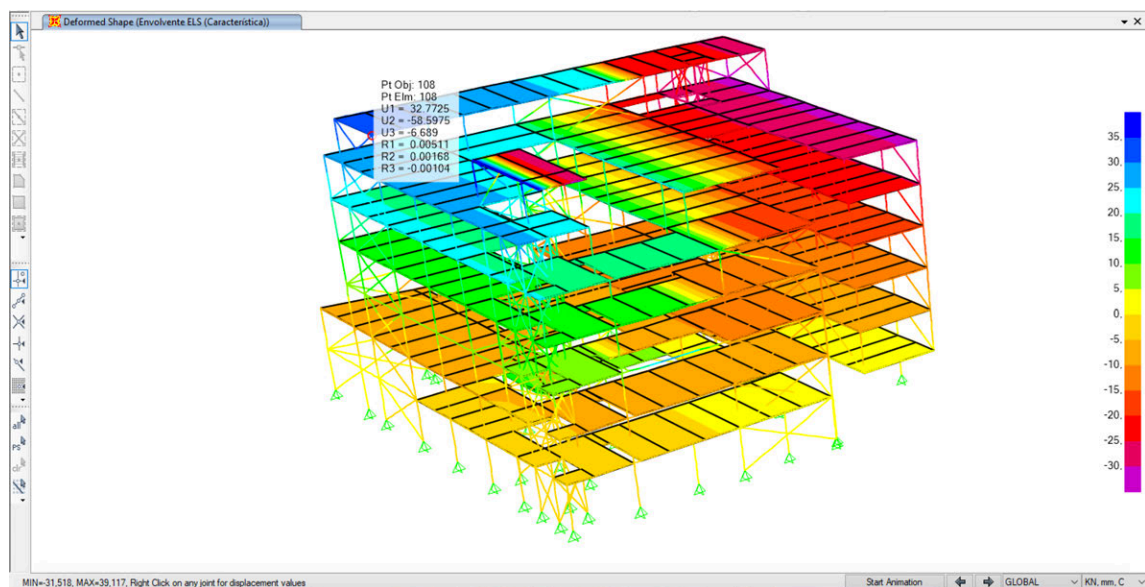
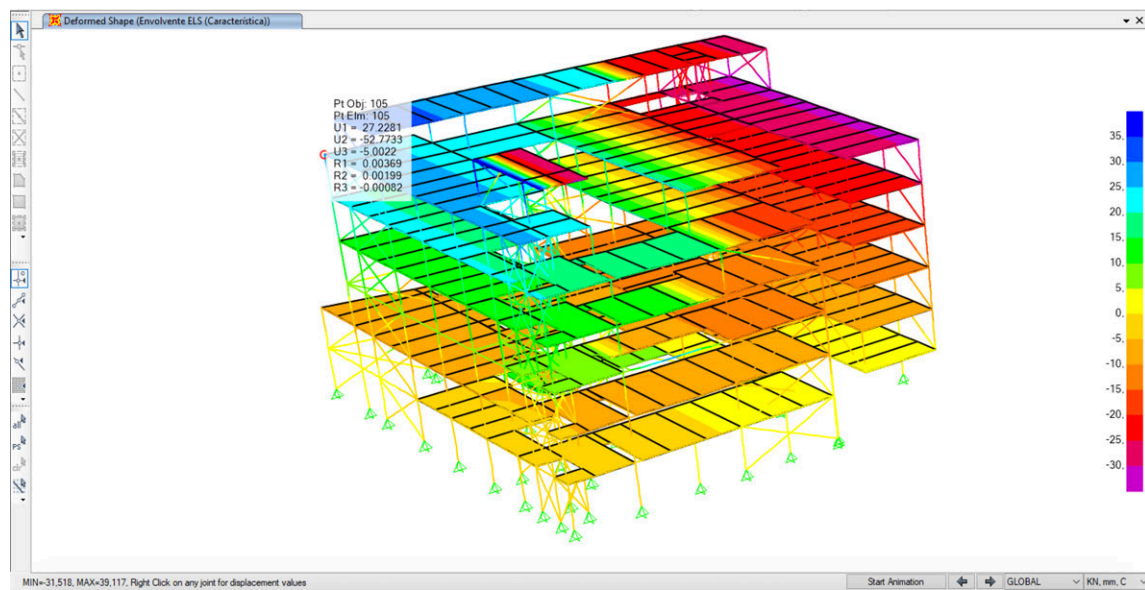
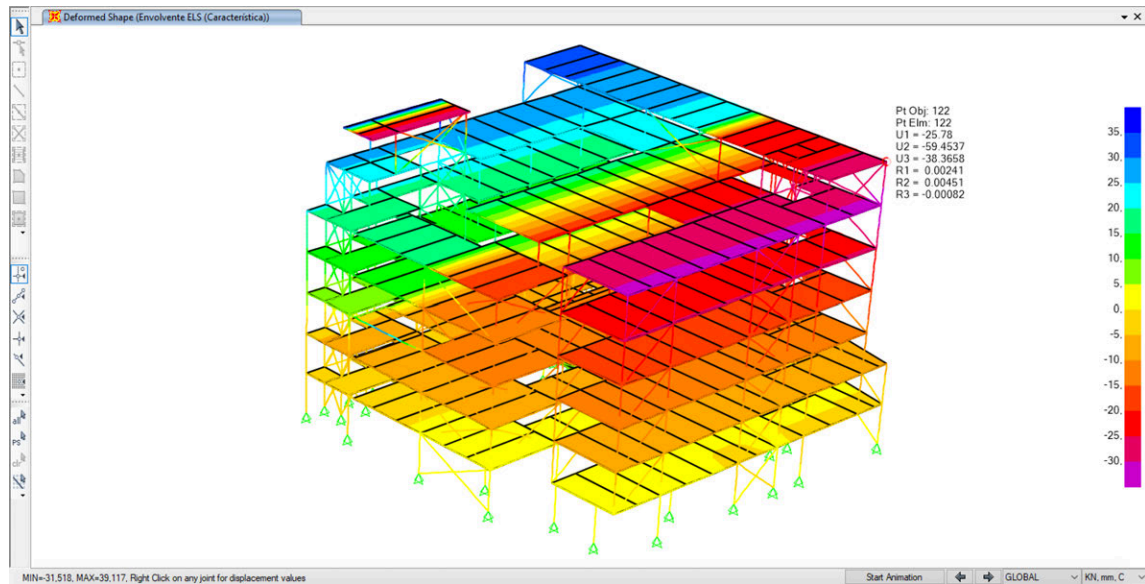
4.2. Estabilidad horizontal

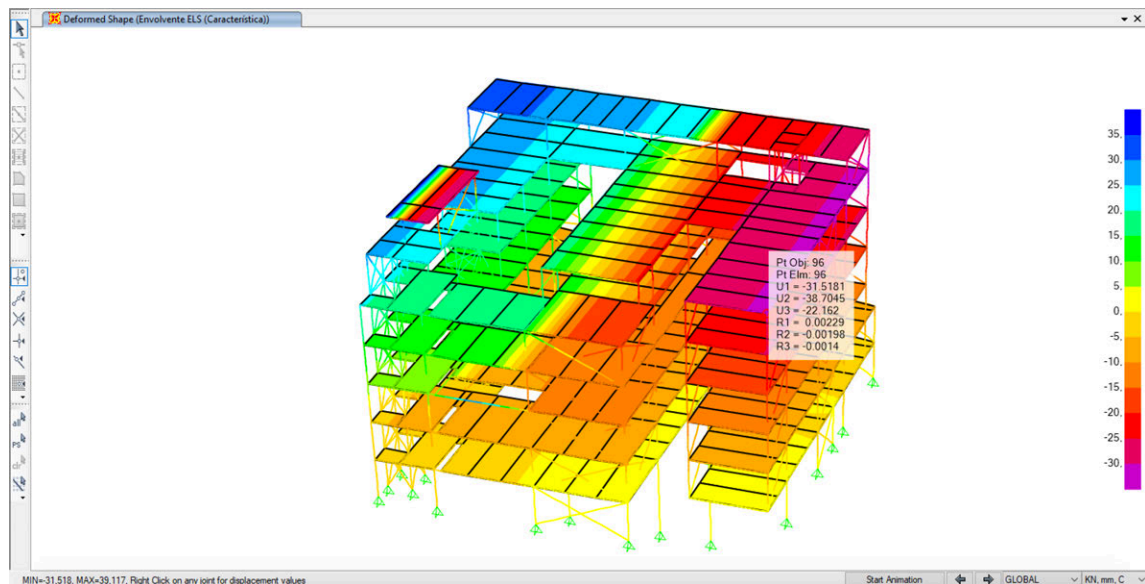
Para garantizar la estabilidad global del edificio frente a movimientos horizontales en dos ejes perpendiculares se han dispuesto arriostramientos en diversos puntos del edificio. Como ya se ha comentado, no ha sido posible (dada la geometría) la concentración de un número de diagonales considerable en pocos puntos para poder hacer frente a toda la acción horizontal. Es por ello que se ha procurado cubrir los posibles desplazamientos en X e Y de cada uno de los volúmenes superiores, así como de la base inferior.

Tomando como punto de partida los perfiles obtenidos mediante el cálculo manual, se ha realizado un modelo tridimensional de la estructura sobre el cual se efectuará un análisis lineal elástico de primer orden. Por tanto, el equilibrio se plantea en un solo paso y no se admite la formación de rótulas plásticas.

Tal y como se puede observar en las tablas resumen de los dimensionados manuales, se ha procurado trabajar con un conjunto de barras reducido (de UPN80 a UPN160) estratificando su uso en altura, de tal manera que se pueda mantener cierto orden y criterio en la puesta en obra.

Tras introducir los datos en el programa SAP2000 nos damos cuenta de algo que ya habíamos intuido previamente: el dimensionado manual no refleja fielmente el comportamiento del edificio. La forma particular del proyecto hace necesaria su comprobación mediante el cálculo automático, ya que la transferencia de las cargas de viento a través del forjado cambia de manera drástica las relaciones de carga que se aplican a cada núcleo arriostrante. De igual forma, mientras que en el dimensionado manual se aplicaba toda la carga de viento (presión y succión en un mismo sentido), el modelado de la carga de viento del programa hace que se trabaje con hipótesis y combinaciones, de tal forma que los resultados que veremos a continuación forman parte de la envolvente ELS.





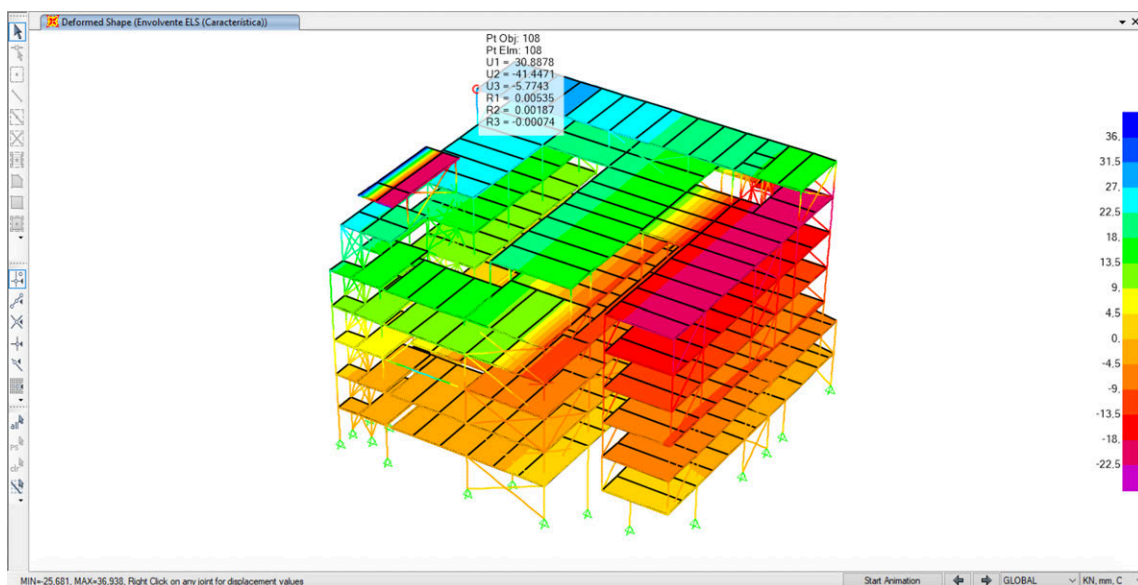
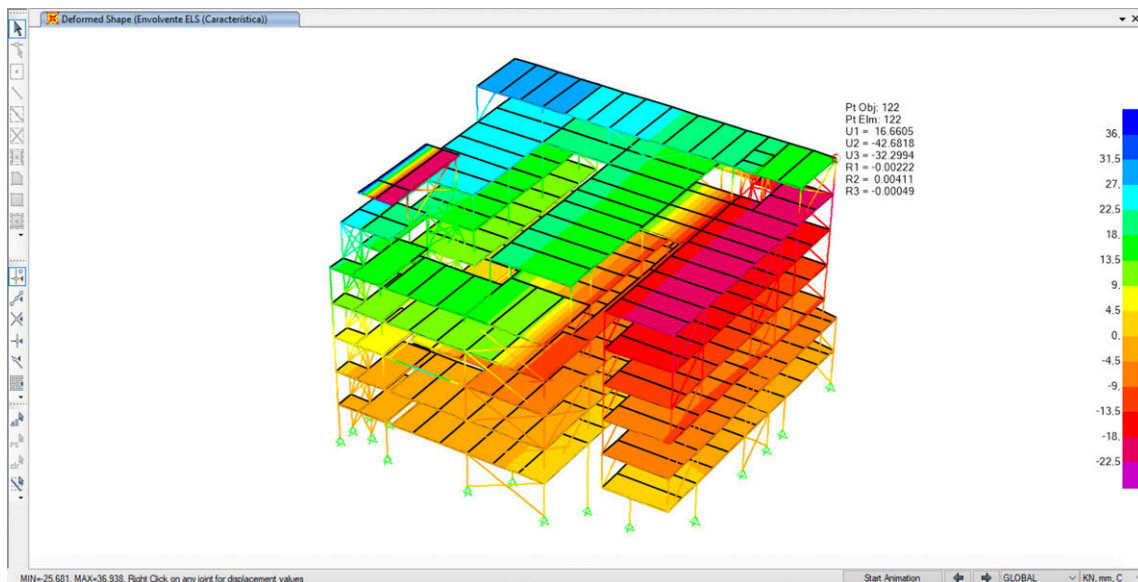
Las imágenes superiores muestran los resultados de aplicar los resultados del dimensionado manual. Posteriormente, se inicia un proceso de ir aumentando progresivamente en aquellos puntos que no cumplan las comprobaciones de desplome local el calibre de las diagonales.

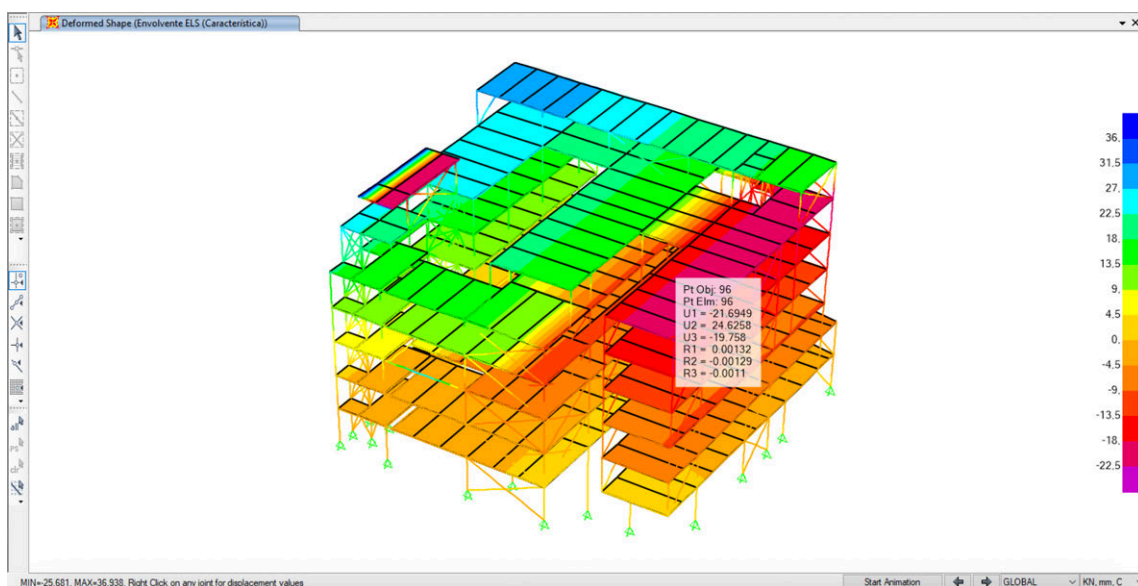
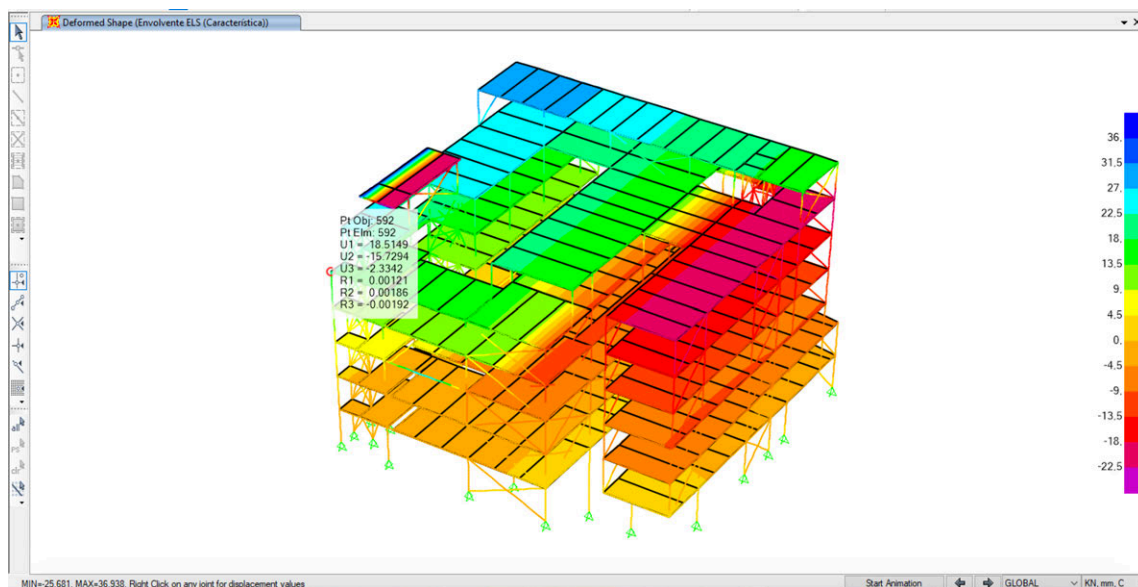
Las conclusiones finales a las que se llegan, y que son para las cuales se cumple el equilibrio horizontal, son las siguientes:

1. Ha sido necesario reforzar la inercia de los pilares. Al estar trabajando con soportes abiertos y no haber tenido en cuenta el viento en el dimensionado previo hace que la estructura se vea perjudicada. Por tanto, una primera decisión ha sido cerrar todos los pilares en cajón con la finalidad doble de aumentar la rigidez global de la estructura y tratar de no aumentar demasiado el tamaño de los UPN.
2. Unificar el tamaño de todos los UPN según el eje X y según el eje Y. El edificio, tal y como se observa en el modelo, tiene un comportamiento bastante peor respecto de su eje Y. Se puede constatar que esto se debe a que no ha sido posible situar suficientes núcleos arriostrantes en dirección Y que vayan desde la cubierta hasta la cimentación. Además de lo anterior, en planta se puede observar que existen más pórticos en el sentido X que en el sentido Y.
3. Finalmente, establecer dos pórticos rígidos en dirección Y para controlar el excesivo desplazamiento. Anteriormente se había comentado que se proyectaba la estructura totalmente articulada dada la gran cantidad de apeos (no se puede llegar a asegurar la eficacia de las uniones rígidas en una estructura tan apeada). Tras establecer los dos pórticos rígidos en los ejes 20 y 26 (ver planos) se llega al equilibrio.

Con todo ello se llega al resultado de que, para garantizar la estabilidad horizontal del conjunto, es necesario disponer UPN200 en dirección X y UPN300 en dirección Y así como disponer los dos

pórticos rígidos ya comentados. A continuación, se muestran capturas de la estructura implementando los cambios mencionados.





Para verificar la estabilidad horizontal debe de cumplirse la condición de desplome local ($h/250$) y desplome global ($H/500$) según indica el CTE-DB-SE-A. Con el fin de agilizar y tener organizada la comprobación, se ha desarrollado una hoja Excel donde se introducían los desplazamientos en los puntos analizados y se verificaba finalmente el equilibrio.

Por otro lado, los puntos de análisis tomados han sido seis (dos por volumen). Inicialmente se comenzó verificando la estabilidad en 12 puntos de la estructura, sin embargo, a medida que se tomaban los desplazamientos se llegó a la conclusión de que los puntos muy cercanos se comportaban prácticamente igual (con lo que se verificaba de manera secundaria la conformación de un diafragma rígido a través del elemento membrana).

Los seis puntos tomados para el estudio son los siguientes: E'26 (punto 1), G8 (punto 2), A28 (punto 3), A2 (punto 4), B'19 (punto 5), E'3 (punto 6).



A continuación, se muestra tabulados los resultados obtenidos del modelo de SAP2000.

Estabilidad E'26								
Limitación desplomes según CTE-DB-SE								
Global			L/X 500			Local		
Forjado	Altura m	Límite mm	Desplazamiento X			Desplazamiento Y		
			Global	Δ		Global	mm	
Cubierta	3,16	12,64	25,7	4,1	Cumple	42,7	5,4	Cumple
Quinta	3,16	12,64	21,6	3,9	Cumple	37,3	8,3	Cumple
Cuarta	3,16	12,64	17,7	4,2	Cumple	29	8,6	Cumple
Tercera	3,16	12,64	13,5	4,4	Cumple	20,4	9	Cumple
Segunda	3,16	12,64	9,1	4,3	Cumple	11,4	8,9	Cumple
Primera	3,16	12,64	4,8	3,2	Cumple	2,5	1,3	Cumple
Entreplanta	3,16	12,64	1,6	1,6	Cumple	1,2	1,2	Cumple
Total	22,12	44,24	25,7	25,7	Cumple	42,7	42,7	Cumple

Estabilidad G8								
Limitación desplomes según CTE-DB-SE								
Global			L/X 500			Local		
Forjado	Altura m	Límite mm	Desplazamiento X			Desplazamiento Y		
			Global	Δ		Global	mm	
Quinta	3,16	12,64	18,4	3,8	Cumple	29,1	9,5	Cumple
Cuarta	3,16	12,64	14,6	4,1	Cumple	19,6	5,5	Cumple
Tercera	3,16	12,64	10,5	3,9	Cumple	14,1	4,9	Cumple
Segunda	3,16	12,64	6,6	2,8	Cumple	9,2	5,3	Cumple
Primera	3,16	12,64	3,8	1,7	Cumple	3,9	1,8	Cumple
Entreplanta	3,16	12,64	2,1	2,1	Cumple	2,1	2,1	Cumple
Total	18,96	37,92	18,4	18,4	Cumple	29,1	29,1	Cumple

Estabilidad A28								
Limitación desplomes según CTE-DB-SE								
Global			L/X 500			Local		
Forjado	Altura m	Límite mm	Desplazamiento X			Desplazamiento Y		
			Global	Δ		Global	mm	
Cubierta	3,16	12,64	30,9	6	Cumple	42,9	5,7	Cumple
Quinta	3,16	12,64	24,9	6	Cumple	37,2	8,9	Cumple
Cuarta	3,16	12,64	18,9	5,7	Cumple	28,3	8,9	Cumple
Tercera	3,16	12,64	13,2	4,9	Cumple	19,4	6,5	Cumple
Segunda	3,16	12,64	8,3	4,4	Cumple	12,9	10,4	Cumple
Primera	3,16	12,64	3,9	2,1	Cumple	2,5	-5,8	Cumple
Entreplanta	3,16	12,64	1,8	1,8	Cumple	8,3	8,3	Cumple
Total	22,12	44,24	30,9	30,9	Cumple	42,9	42,9	Cumple



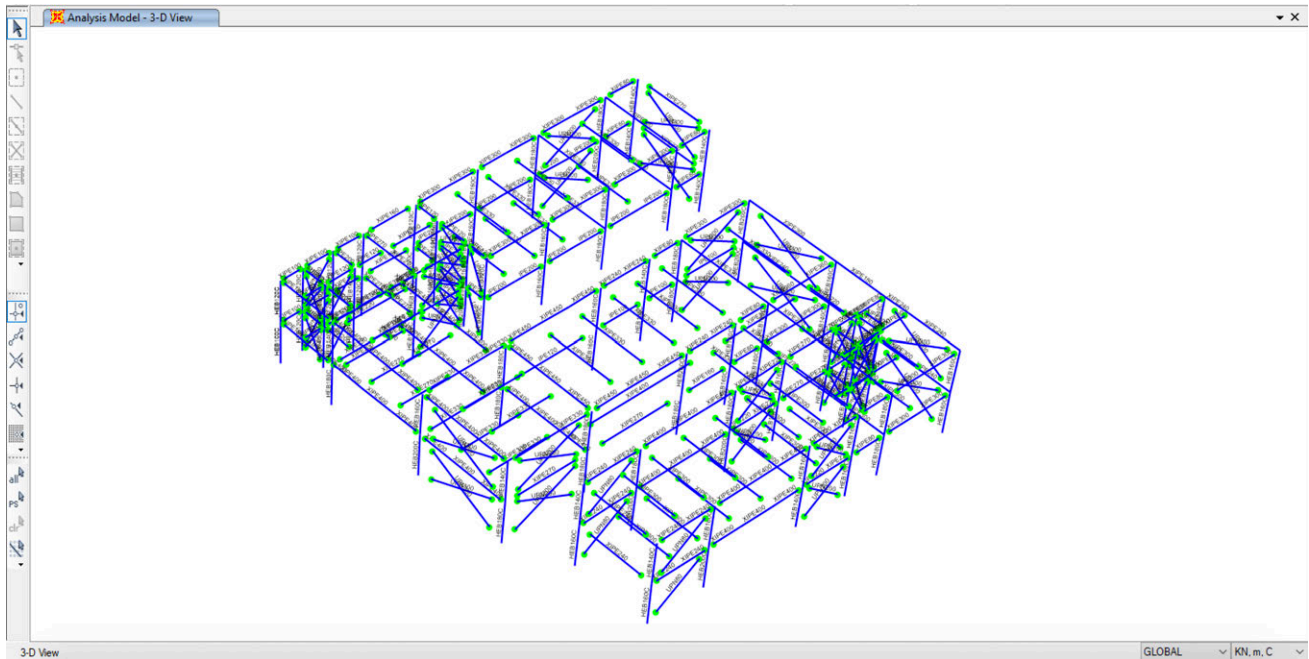
Estabilidad A2								
Limitación desplomes según CTE-DB-SE								
Global			L/X 500			Local		
Forjado	Altura m	Límite mm	Desplazamiento X			Desplazamiento Y		
			Global	Δ		Global	mm	
Quinta	3,16	12,64	24,7	6,2	Cumple	23,2	5,1	Cumple
Cuarta	3,16	12,64	18,5	5,8	Cumple	18,1	4,9	Cumple
Tercera	3,16	12,64	12,7	5,2	Cumple	13,2	4,7	Cumple
Segunda	3,16	12,64	7,5	3,9	Cumple	8,5	4	Cumple
Primera	3,16	12,64	3,6	2,1	Cumple	4,5	2,9	Cumple
Entreplanta	3,16	12,64	1,5	1,5	Cumple	1,6	1,6	Cumple
Total	18,96	37,92	24,7	24,7	Cumple	23,2	23,2	Cumple

Estabilidad B'19								
Limitación desplomes según CTE-DB-SE								
Global			L/X 500			Local		
Forjado	Altura m	Límite mm	Desplazamiento X			Desplazamiento Y		
			Global	Δ		Global	mm	
Quinta	3,16	12,64	16,7	2,6	Cumple	33,8	8,1	Cumple
Cuarta	3,16	12,64	14,1	2,9	Cumple	25,7	6,8	Cumple
Tercera	3,16	12,64	11,2	2,9	Cumple	18,9	8,1	Cumple
Segunda	3,16	12,64	8,3	3,6	Cumple	10,8	7,6	Cumple
Primera	3,16	12,64	4,7	2,6	Cumple	3,2	1,8	Cumple
Entreplanta	3,16	12,64	2,1	2,1	Cumple	1,4	1,4	Cumple
Total	18,96	37,92	16,7	16,7	Cumple	33,8	33,8	Cumple

Estabilidad E'3								
Limitación desplomes según CTE-DB-SE								
Global			L/X 500			Local		
Forjado	Altura m	Límite mm	Desplazamiento X			Desplazamiento Y		
			Global	Δ		Global	mm	
Quinta	3,16	12,64	21,7	4,1	Cumple	24,6	3,2	Cumple
Cuarta	3,16	12,64	17,6	4,1	Cumple	21,4	3,6	Cumple
Tercera	3,16	12,64	13,5	4,4	Cumple	17,8	6,5	Cumple
Segunda	3,16	12,64	9,1	4,3	Cumple	11,3	5,1	Cumple
Primera	3,16	12,64	4,8	3,2	Cumple	6,2	3,3	Cumple
Entreplanta	3,16	12,64	1,6	1,6	Cumple	2,9	2,9	Cumple
Total	18,96	37,92	21,7	21,7	Cumple	24,6	24,6	Cumple

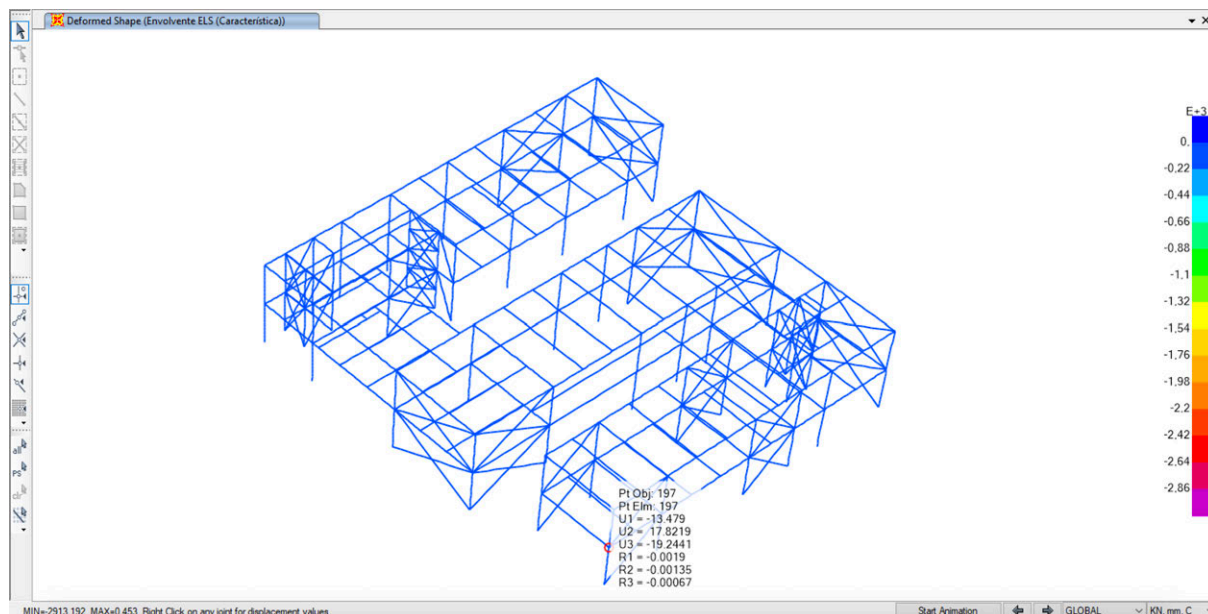
4.3. Estructura horizontal. Vigas y correas mixtas

En lo que se refiere a la estructura horizontal, veremos a continuación como se pueden interpretar los datos que obtenemos del programa SAP2000 y su repercusión en nuestro edificio. Ya se ha comentado en el apartado inicial de este bloque cuales han sido las condiciones del modelo tridimensional de barras. En base a ese modelado, debemos tener presente que SAP está trabajando con un modelo de edificio en estructura metálica.



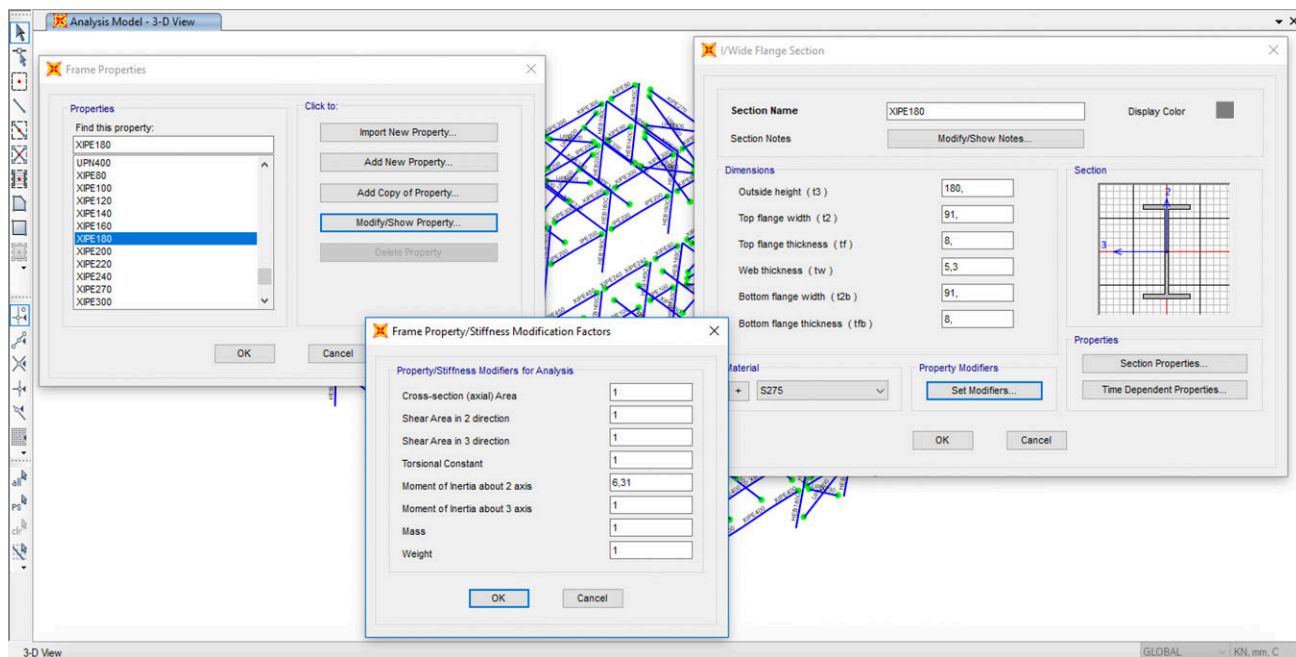
Esa condición hace que, en lo referente a la estructura horizontal, solo podamos aprovechar el modelo para comparar las solicitaciones existentes en las vigas modeladas. Al no estar fielmente representado el modelo de estructura mixta, no podremos tomar como válida la interpretación que pueda hacer el programa sobre los índices de aprovechamientos de los perfiles o de las flechas que se generan.

La estructura mixta (frente a la metálica) consigue una reducción de los calibres de los perfiles empleado, y es por eso que el programa puede que, si ejecutamos la opción de comprobar los perfiles, nos indique que existen vigas que no están cumpliendo. En la imagen inferior, se puede observar la lectura de la deformación vertical en una parte volada de la estructura.



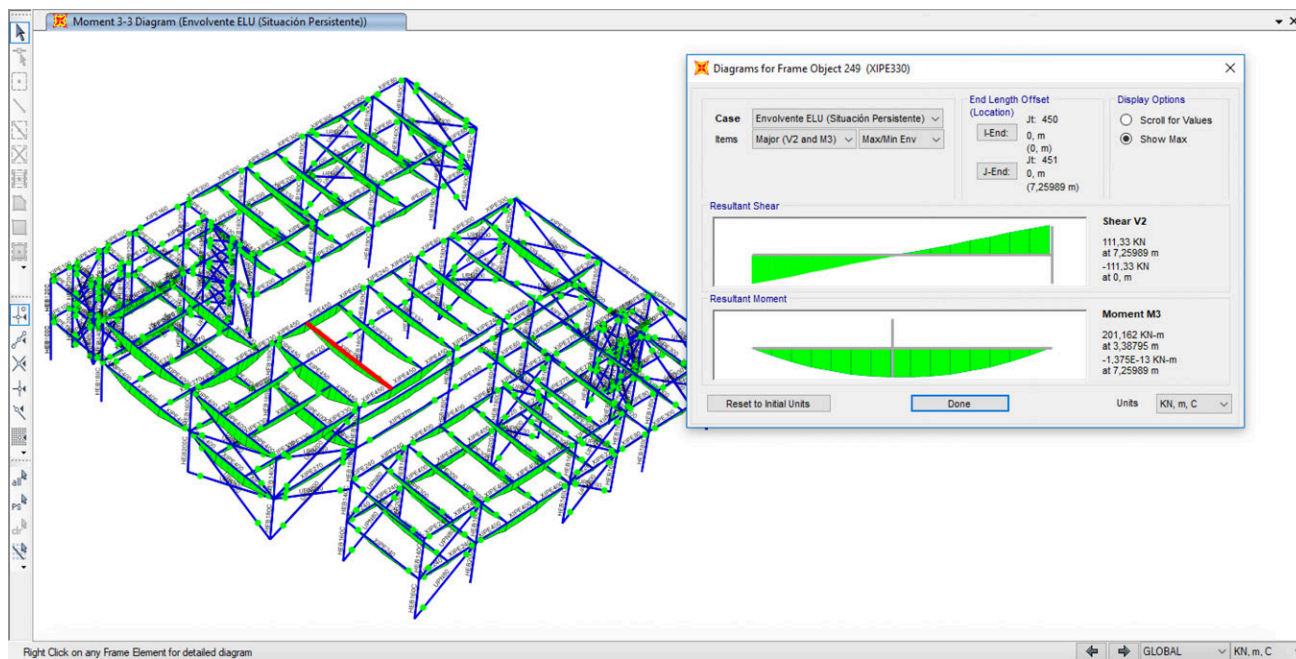
Independientemente de esto, con el fin de poder aproximar un poco más el comportamiento del edificio modelado al edificio real, se han modificado secciones de perfiles de manera manual aumentando su inercia para asemejarla a la del perfil mixto. Para ello, se ha tomado la inercia a plazo infinito para cada calibre empleado en el dimensionado manual y se han introducido modificaciones en los perfiles predeterminados de SAP2000.

Factores de amplificación inercia			
Perfil IPE	Inercia IPE	Inercia XIPE Máxima calculada	Factor
80	78	2211	28,35
100	163	3082	18,91
120	306	4037	13,19
140	525	5029	9,58
160	835	6372	7,63
180	1272	8027	6,31
200	1846	10332	5,60
220	2653	13105	4,94
240	3671	16599	4,52
270	5505	22268	4,05
300	7999	29480	3,69
330	11145	37769	3,39
360	15524	84996	5,48
400	21876	75929	3,47
450	32140	84996	2,64
500	46207	133261	2,88
600	88326	172320	1,95



Esta condición puede servir para aproximar la deformación que podría tener la estructura, pero que nunca coincidirá con la calculada manualmente ya que el programa no tiene en cuenta la contribución del hormigón. En el caso de conseguir una deformación que cumpliera en SAP, tendríamos una estructura con una capacidad muy superior a la mostrada. Independientemente, tomaremos como válidos los resultados de deformación calculados a mano.

Para poder verificar las vigas, el procedimiento empleado ha sido el siguiente: forjado a forjado se han ido apuntando en una hoja Excel las solicitaciones (momento y cortante) que se producen en la envolvente ELU para cada viga. Tras realizar este proceso exhaustivo, se comparan estas solicitaciones con las determinadas de manera manual.



Una primera conclusión a la que se llega es que los resultados son idénticos, algo que cabía esperar al estar trabajando con una estructura isostática. Además, se han podido corregir errores cometidos en el dimensionado manual con respecto a ciertas vigas que no debían cargar nada y que se dimensionaron con un cierto ancho tributario.

Para ilustrar el proceso realizar, se presenta a continuación la tabla generada para las vigas que componen el forjado de planta cubierta.

Forjado Cubierta													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
1	X-IPE 200	Manual	149,9	44,4	Cumple	162,7	33,4	Cumple	17,7	15,6	2,7	17,3	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	44,2	Cumple	162,7	31,6	Cumple	17,7	15,4	2,7	17,2	Cumple
2	X-IPE 270	Manual	282,4	91,5	Cumple	261,6	68,8	Cumple	17,7	12,0	2,8	13,9	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	88,9	Cumple	261,6	63,5	Cumple	17,7	11,7	2,7	13,4	Cumple
3	X-IPE 330	Manual	430,9	147,8	Cumple	365,6	93,7	Cumple	21,0	12,9	4,2	15,7	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	126,2	Cumple	365,6	61,5	Cumple	21,0	11,0	3,6	13,3	Cumple
4	X-IPE 360	Manual	531,3	194,8	Cumple	425,0	107,3	Cumple	24,2	16,3	5,6	20,0	Cumple
	X-IPE 360	Automático	531,3	167,2	Cumple	425,0	70,9	Cumple	24,2	13,8	4,9	17,0	Cumple
5	X-IPE 220	Manual	185,2	60,1	Cumple	188,8	59,8	Cumple	13,4	8,9	1,9	10,2	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	56,6	Cumple	188,8	29,8	Cumple	13,4	8,4	1,7	9,5	Cumple
6	X-IPE 270	Manual	282,4	61,4	Cumple	261,6	64,5	Cumple	21,7	17,6	4,1	20,2	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	60,1	Cumple	261,6	57,1	Cumple	21,7	17,0	3,9	19,6	Cumple
7	X-IPE 220	Manual	185,2	35,8	Cumple	188,8	37,6	Cumple	21,7	18,4	3,7	20,8	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	83,3	Cumple	314,1	40,9	Cumple	21,7	15,4	4,6	18,4	Cumple
8	X-IPE 300	Manual	353,3	97,7	Cumple	314,1	43,5	Cumple	29,9	21,7	6,0	25,6	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	35,5	Cumple	162,7	34,5	Cumple	29,9	25,2	4,1	27,8	Cumple
9	X-IPE 160	Manual	96,5	34,8	Cumple	115,3	50,1	Cumple	9,3	7,9	1,0	8,6	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	23,2	Cumple	115,3	31,1	Cumple	9,3	5,3	0,7	5,8	Cumple
10	X-IPE 200	Manual	149,9	59,7	Cumple	162,7	75,3	Cumple	10,6	8,3	1,4	9,2	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	73,2	Cumple	188,8	69,6	Cumple	10,6	7,1	1,4	8,0	Cumple

En aquellos casos donde las solicitaciones obtenidas eran igual o un poco menor a las calculadas previamente, se daba por buena la sección. En los casos donde las solicitaciones eran claramente menores o mayores se volvía a calcular la viga mixta por dos motivos: por un lado, si la solicitación era muy menor, podíamos obtener un ahorro en el perfil disminuyéndolo (siempre y cuando cumpliera su deformación), por otro, en el caso de ser mayor había que cuantificar como afectaba ese exceso de carga a la deformación.

Durante este proceso ha sido necesario aumentar el calibre de ciertos perfiles como se puede leer en esta tabla o en el resto de las tablas (ver II.2. Verificación de vigas mixtas). Finalmente, los perfiles que se han dispuesto y que se pueden leer en los planos resultan de escoger los perfiles iniciales sustituyendo los que necesitaron aumentar su sección (no así los que disminuyeron un poco su carga).

Paralelamente a esto, el modelo de SAP2000 sí que ha sido muy importante en este edificio para analizar que estaba ocurriendo con los elementos que soportaban apeos de pilares (algo con cierta repetición en este edificio). Dada la importancia de este suceso, se amplía el análisis del mismo en un apartado específico (5.9 Estructuras de apeo).

En referencia a los volados, se ha controlado el descenso de los mismos disponiendo diagonales. Las mismas, dado que toda la estructura está articulada, se han dimensionado directamente en el SAP200. Para ello se han ido midiendo los descensos de los forjados en cada punto y en función de la necesidad se han aumentado las secciones de los mismos.

Como se especificó en el apartado de bases de la normativa empleada, las limitaciones que se emplean en el edificio son $L/300$ (para los espacios diáfanos y sin tabiquería) y $L/400$ (para las zonas más compartimentadas como las aulas y la zona administrativa).

En el caso de los volados, tomaremos $L/400$ por ser la más restrictiva al tratarse de unas zonas donde es mejor limitar al máximo la deformación. Teniendo en cuenta que se medirá 1,6 veces la luz de los vuelos, estos son los resultados obtenidos:

Referencia	Luz real m	Luz de cálculo m	Flecha máxima $L/400$	Flecha medida mm	Perfil
B'3	4,43	7,09	17,7	10,8	HEB180
J17	2,34	3,75	9,38	8,4	HEB180
J11	1,59	2,55	6,38	5,6	HEB180
T12	4,12	6,59	16,48	18,8	HEB180

A pesar de que vemos que los valores son correctos excepto el T12, en la construcción real las deformaciones serían menores por el efecto del forjado formando un diafragma rígido (por lo que probablemente el punto T12 esté dentro de los límites).

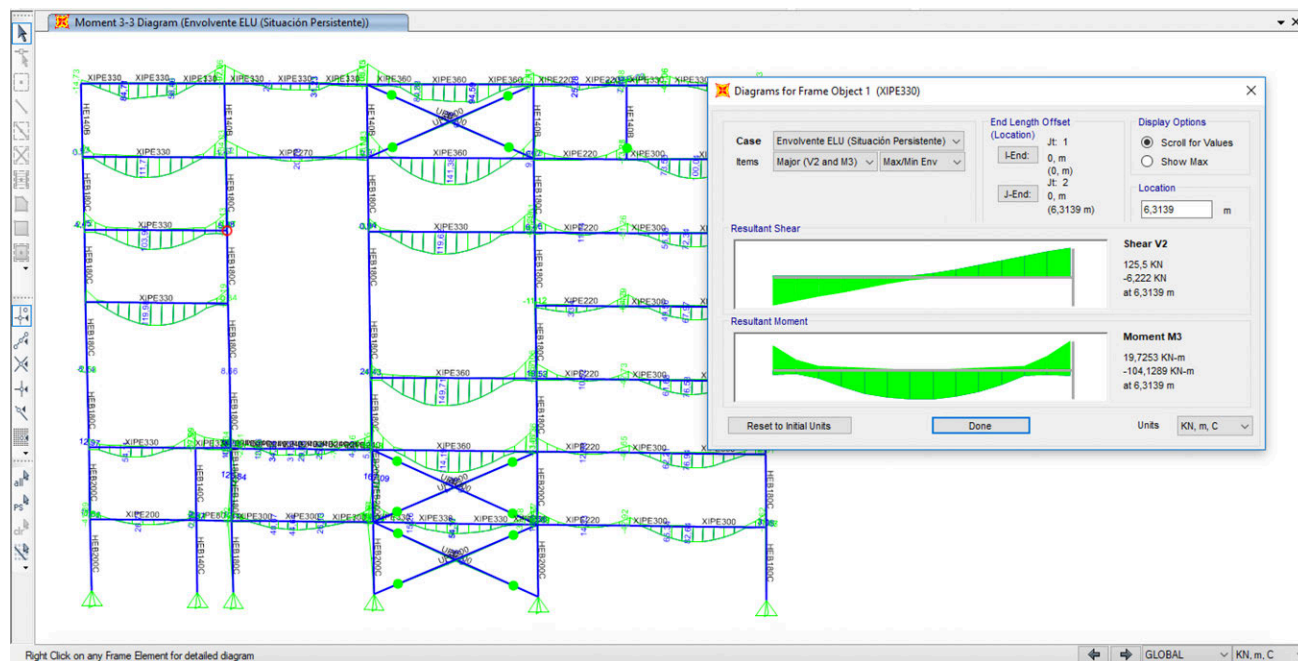
Finalmente, en lo que se refiere a la verificación de la estructura horizontal debemos considerar la influencia de los pórticos rígidos. Como se ha podido ver en el apartado de la estabilidad horizontal, ha sido necesario generar nudos rígidos en dos pórticos en dirección Y (pórtico 20 y 26).

¿Podríamos dar por válidas las secciones ya proyectadas para el pórtico rígido? Si, a costa de no optimizar el material.

Primeramente, en un tramo de viga cualquiera del pórtico rígido se van a distinguir dos situaciones: una flexión positiva y una flexión negativa. La flexión positiva será ahora menor que la calculada en la situación isostática. A nivel de cálculo, el EC4 nos indica como determinar el ancho efectivo b_{eff} para la flexión positiva (el mismo que ya habíamos determinado) y para la flexión negativa (que debemos calcular para esta actualización). Lo que se produce en este caso es que los momentos positivos no van a ser tan grandes como los calculados manualmente, estando entonces sobredimensionada la sección.

Por otro lado, en la flexión negativa, no contaremos con la contribución del hormigón sino con la contribución de las nuevas armaduras que debemos disponer para soportar la tracción solicitada en la cara superior del forjado. Es conveniente señalar que, según el EC4, existe la posibilidad de una redistribución de momentos hasta el 40% de los momentos que nos proporciona el SAP2000 (cálculo estático). Sin embargo, trataremos de no tomar valores tan altos de redistribución, quedándonos en un

30%. Es interesante aprovechar la capacidad que nos brinda el código, pues lo interesante en los perfiles mixtos es concentrar la mayor parte del momento en la flexión positiva.



Determinar las armaduras necesarias es relativamente sencillo, pues se trataría de establecer el equilibrio en esa sección extrema. Para ello, debemos tener en cuenta que contaremos con la contribución del ala inferior del perfil y con una parte del alma (interacción con el cortante) que trabajarán a compresión. Se desprecia la contribución de tracción o compresión del ala superior, ya que la fibra neutra estará muy próxima a esa zona, generando un brazo de palanca muy pequeño.

Así mismo, una vez determina la cantidad necesaria de acero para soportar la tracción, se puede descontar parte de esa nueva armadura si tenemos en cuenta el armado que habíamos prescrito para la cara superior (0,2% en construcción no apeada). Se comprobará que, para cada nudo rígido, se cumple el equilibrio con el aporte del nuevo armado de negativos.

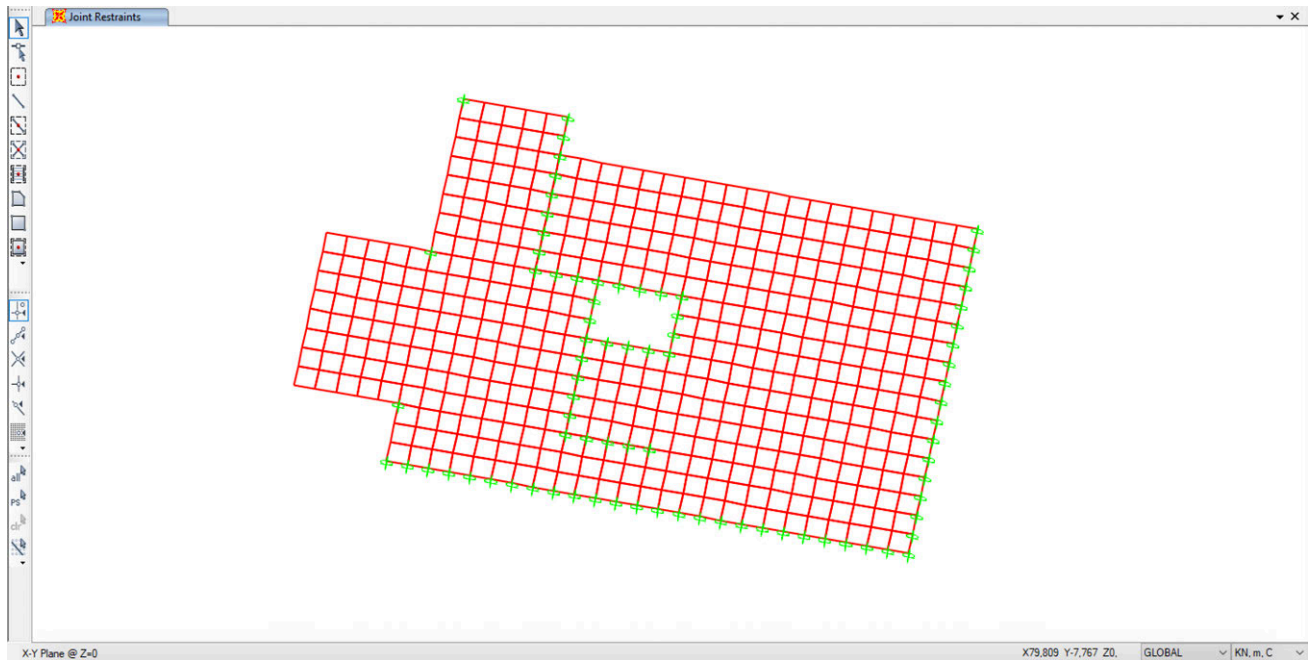
Para agilizar este proceso, se ha programado una hoja Excel que nos ayudará a determinar la cantidad de armaduras de refuerzo de las secciones. Las longitudes de las barras se determinarán de forma gráfica y se anclarán según las distancias de anclaje especificadas en la EHE'08. Para ilustrar el proceso, mostramos el cálculo del refuerzo del nudo J20 (vano izquierdo) de planta tercera. Así mismo, se adjunta en el anejo III.6.2. Vigas mixtas: armaduras en nudos rígidos el cálculo 4 nudos más de la planta de cubierta, así como una tabla resumen de los resultados de todos los nudos calculados.

CÁLCULO DE ARMADO NEGATIVO													
NUDO ANALIZADO													
Planta		Tercera		Momento solicitado					Mpl,E				
Nudo		J20 (i)		Cortante solicitado					Ved	56,4 mkN			
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL													
Perfil seleccionado		IPE		Límite elástico			fu	430 N/mm2	Altura entre alas	hw	307 mm		
Acero empleado		S275		Altura			h	330 mm	Radio de acuerdo	r	18 mm		
Límite elástico		fy	275	N/mm		Anchura			b	160 mm	Altura entre acuerdos	d	271 mm
Límite elástico		fyd	261,9	N/mm		Espesor del ala			tf	11,5 mm	Área de cortante	Avz	30,8 cm2
Tensión rasante resistente		tyd	151,2	N/mm		Espesor del alma			tw	7,5 mm			
CARACTERÍSTICAS DEL ARMADO													
Tipo de acero				B500S		Tensión característica			fyk	500	N/mm		
Separación a perfil (cara superior ala superior)				148,25		Tensión de cálculo			fyd	435	N/mm		
EQUILIBRIO													
Ala inferior				Alma				Mallazo superior					
Área ala inferior		Af2	1840 mm2	Área del alma		Aw	3530,5 mm2	Diámetro		Φ	10	mm	
Axil resistido		Nrd	482 kN	Interacción		ro	0,22	Separación		s	200	mm	
Brazo de palanca		Z1	318,5 mm	Axil resistido		Nrd	206 kN	Barras por metro		5			
Momento resistido		Mplr	153,5 mkN	Brazo de palanca		Z2	159,25 mm	Ancho eficaz		beff	0,78	m	
		d		Momento resistido		Mplr	32,8 mkN	Tracción resistida		Nrd	133,2 kN		
Compresión resistida		Nc,rd	688 kN	Momento resistido		Mplr	186,3 mkN						
ARMADURA DISPUESTA													
Tracción a resistir			Ned	688 kN	Separación entre barras			125 mm					
Tracción a resistir descontando mallazo				555 kN	Tracción resistida final			393,4 kN					
Diámetro			Φ	12	Momento resistido			58,3 mkN					
Resistencia por barra			Nrd	49,17 kN	Momento solicitado			56,4 mkN					
Barras necesarias				11,3	Cumpl								
Barras dispuestas				8	e								

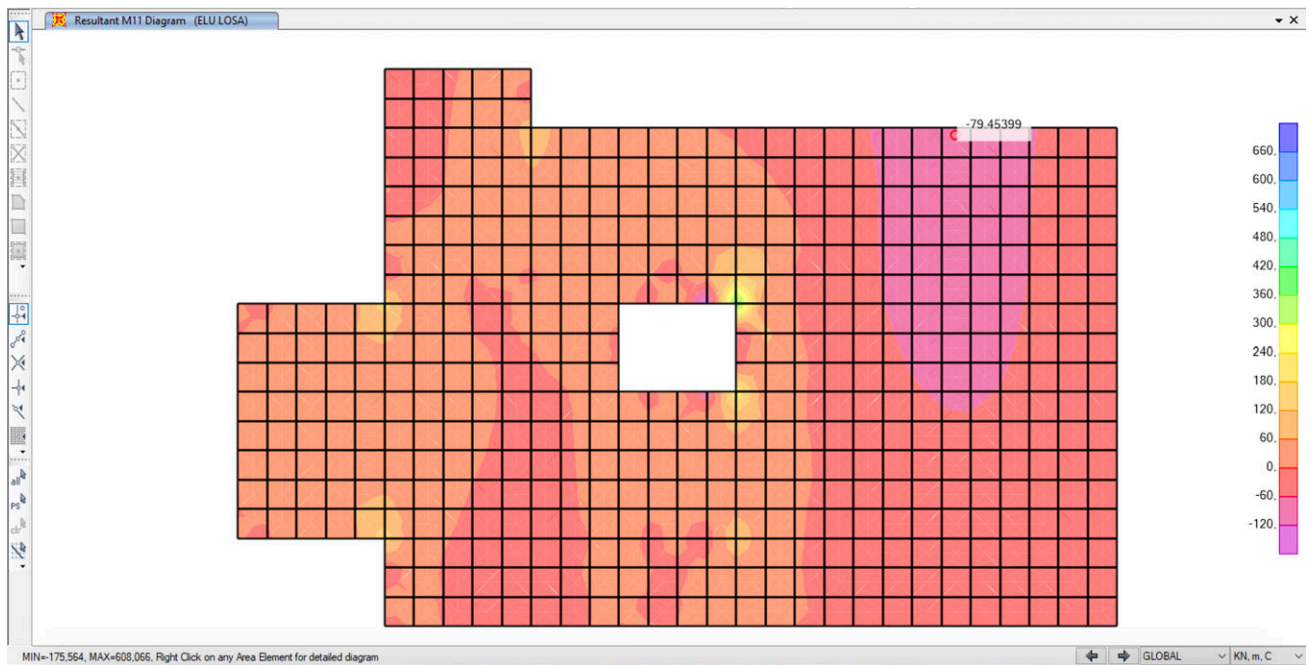
4.4. Losa de hormigón armado

Para determinar el armado de las losas de hormigón de planta baja se ha empleado el programa SAP2000, en el que a base de elementos tipo Shell de 50x50 cm se ha simulado el efecto de la losa, analizando sus deformaciones y sollicitaciones.

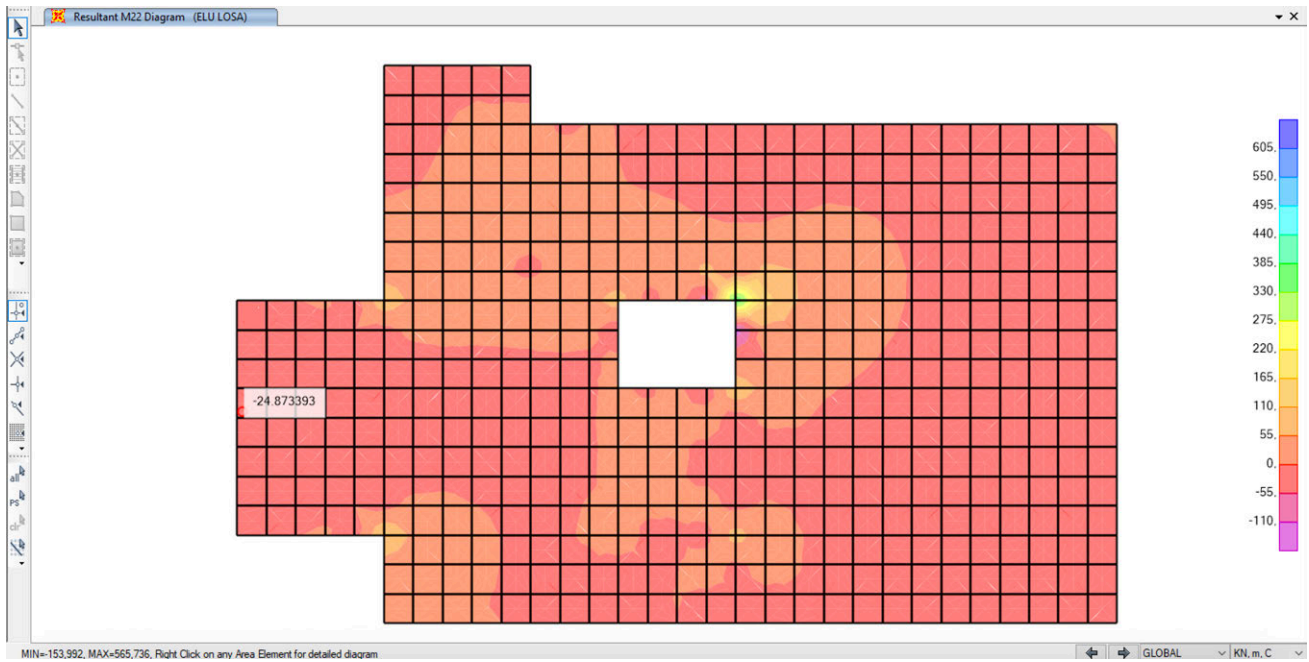
Para la losa A (Hall de entrada) este ha sido el modelo realizado y sus sollicitaciones obtenidas.



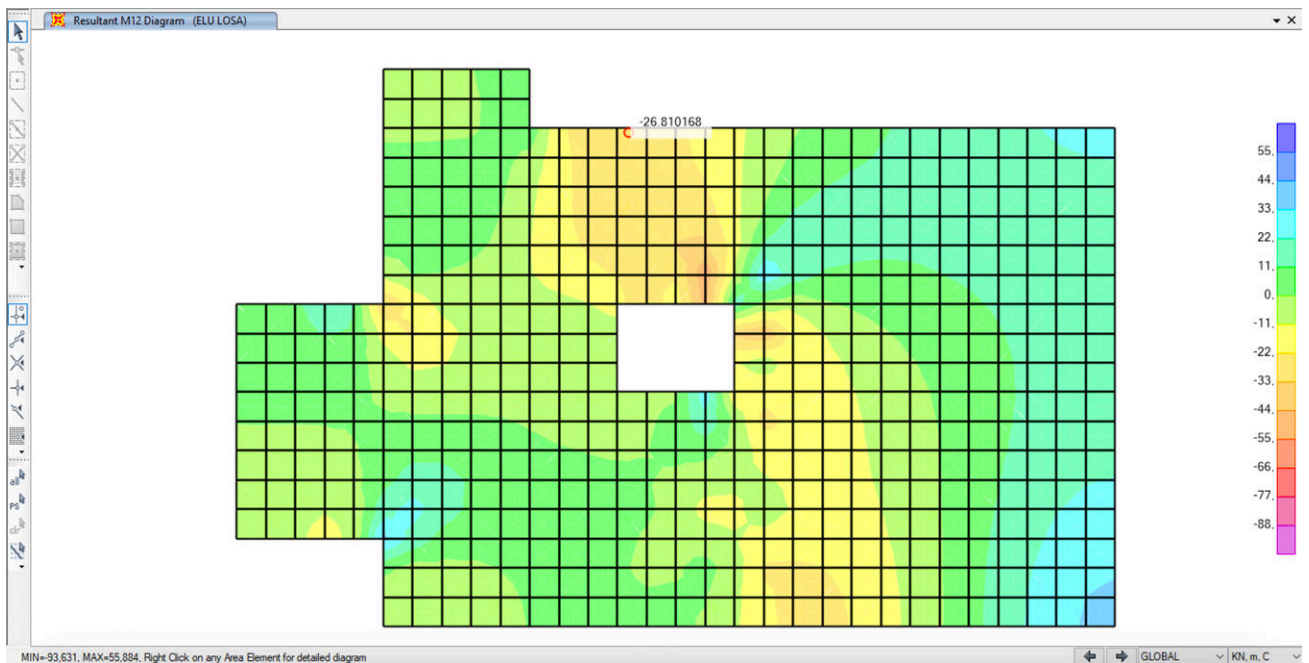
Momentos M1:



Momentos M2:



Momentos M12 (torsores):

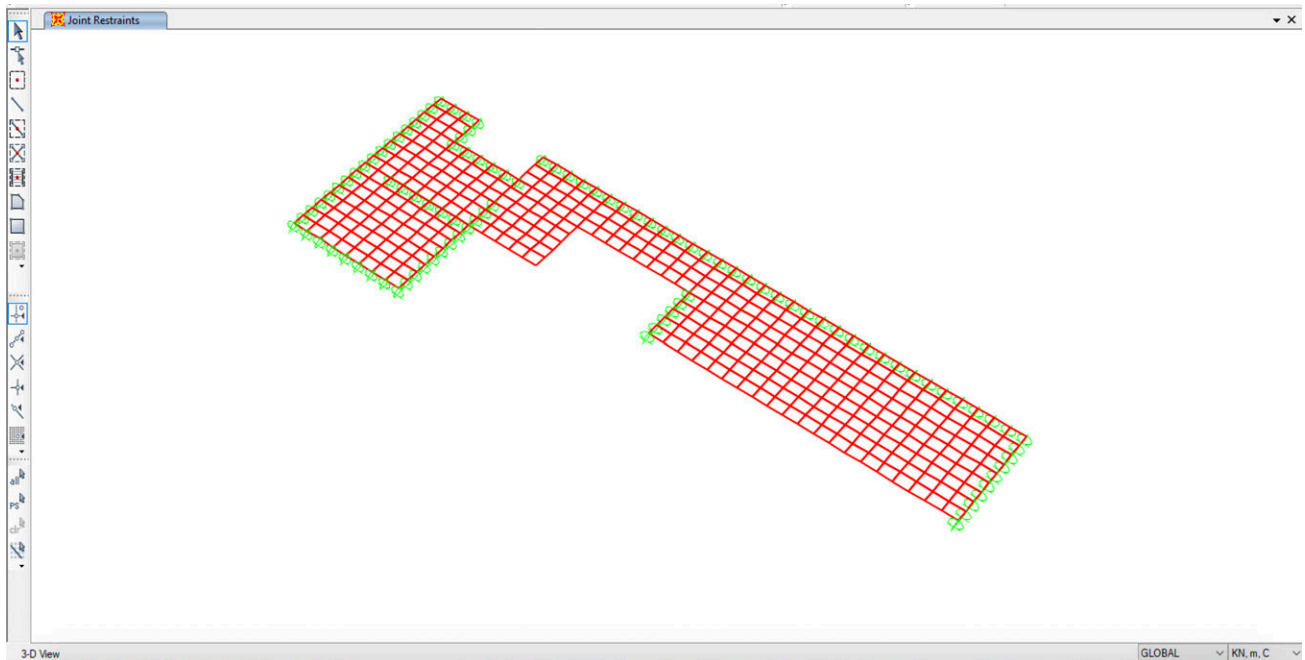


Tras verificar una cantidad importante de puntos dentro de cada situación (M1, M2, M12), se decide tomar un valor máximo común, para establecer un armado básico, y resolver los picos añadiendo armadura en los puntos donde claramente necesita más área de acero.

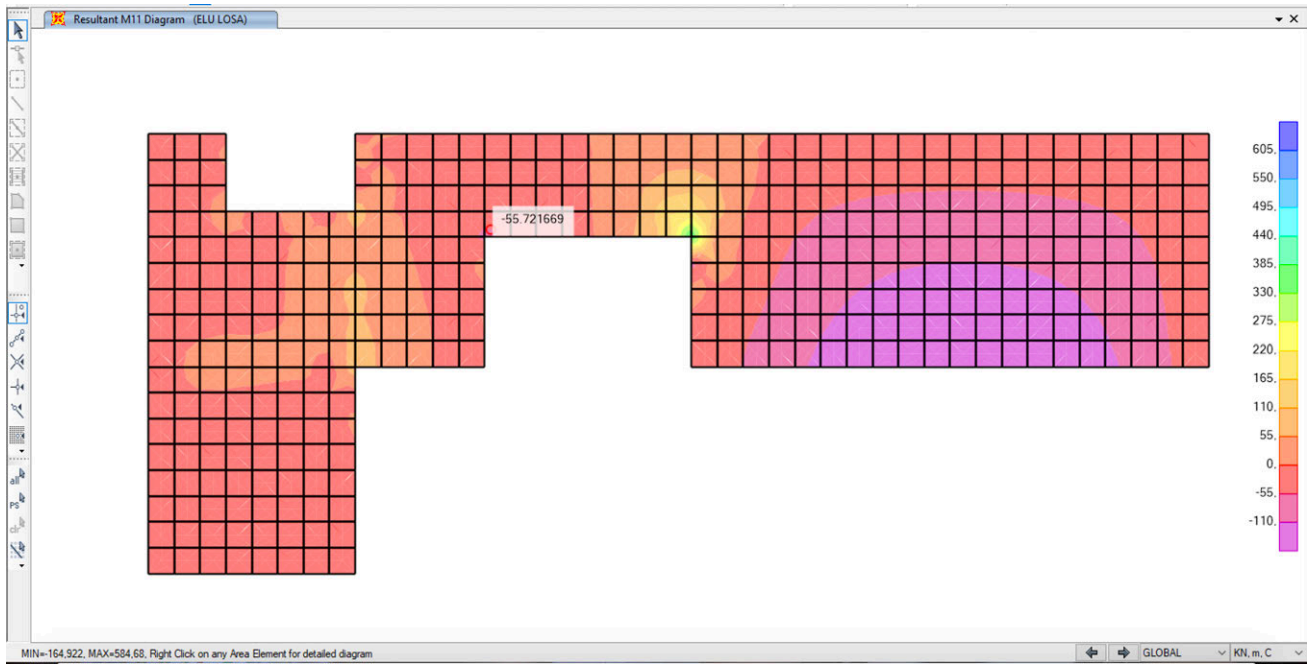
Se tomará como valor para el armado común 56 mkN/m, y se multiplicará por 2,5 las deformaciones obtenidas para dicho momento. La razón de multiplicar las deformaciones por ese factor se basa en que SAP realiza un análisis elástico instantáneo y por lo tanto no tiene en cuenta el efecto de la fluencia en el hormigón.

Por tanto, se decide disponer un mallazo de redondos del 16 separados 250 mm (4 barras por metro). Para los valores pico superiores, se reforzará igualmente con barras del 16.

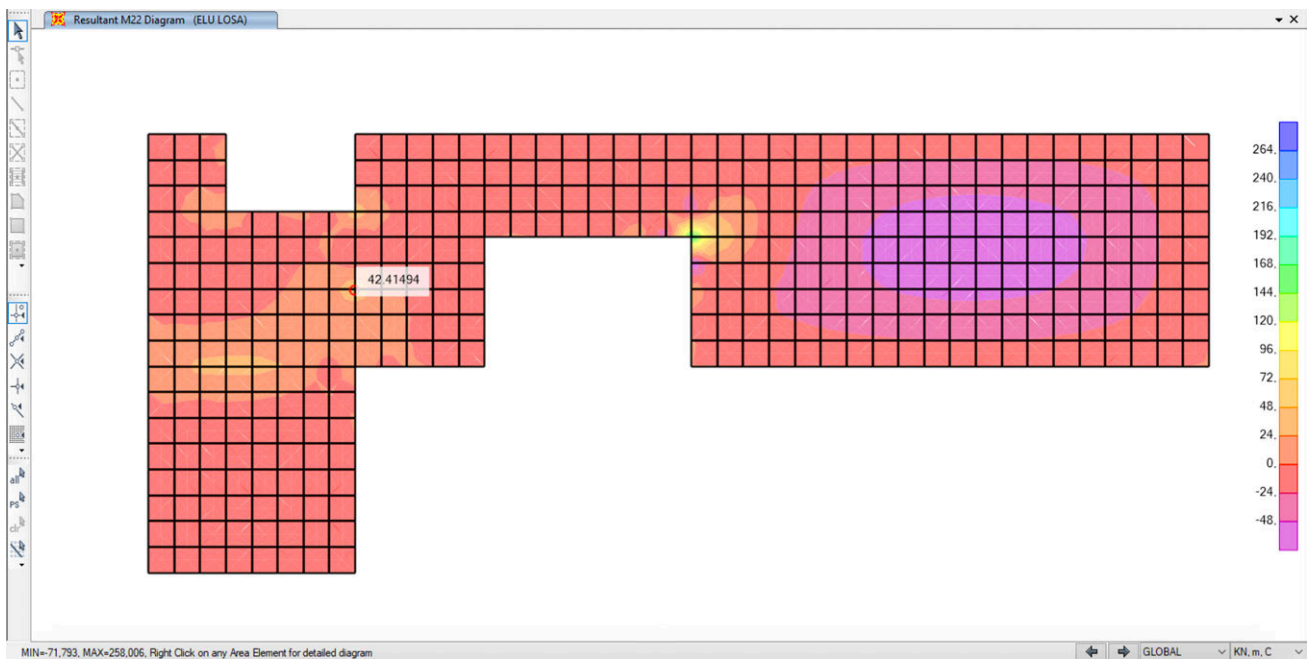
Para la losa B, estas son las imágenes tomadas durante su diseño en SAP y los valores obtenidos:



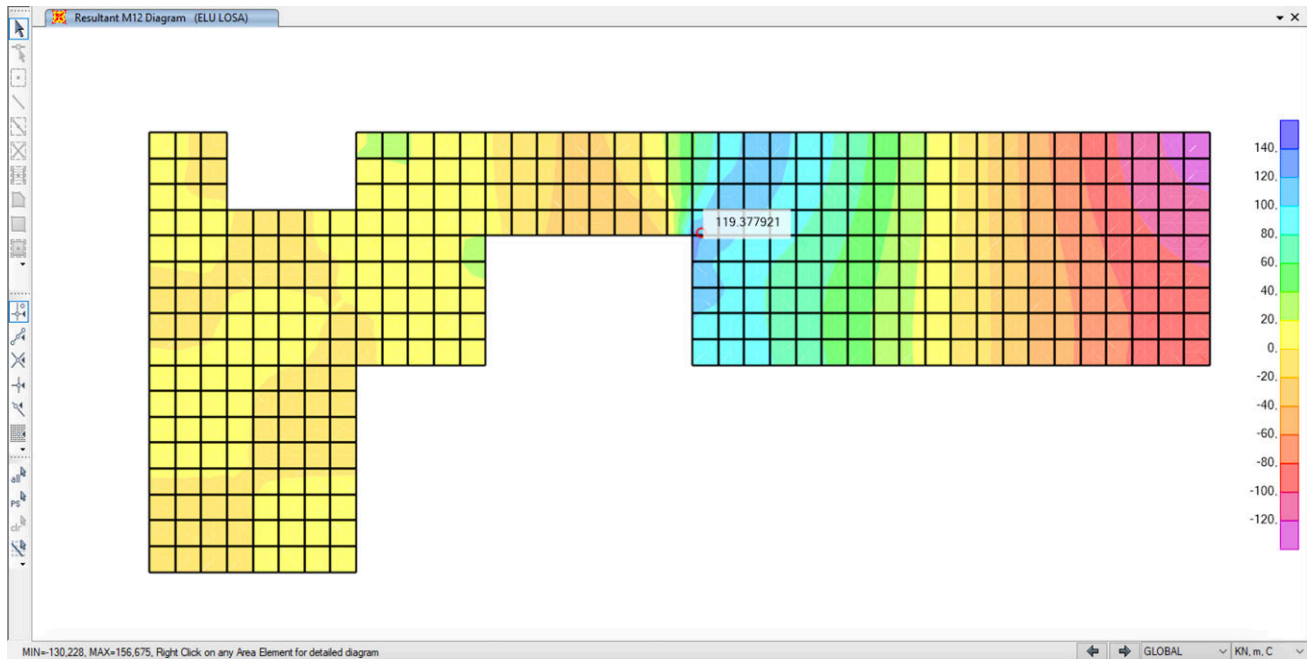
Momentos M1:



Momentos M2:



Momentos M3:

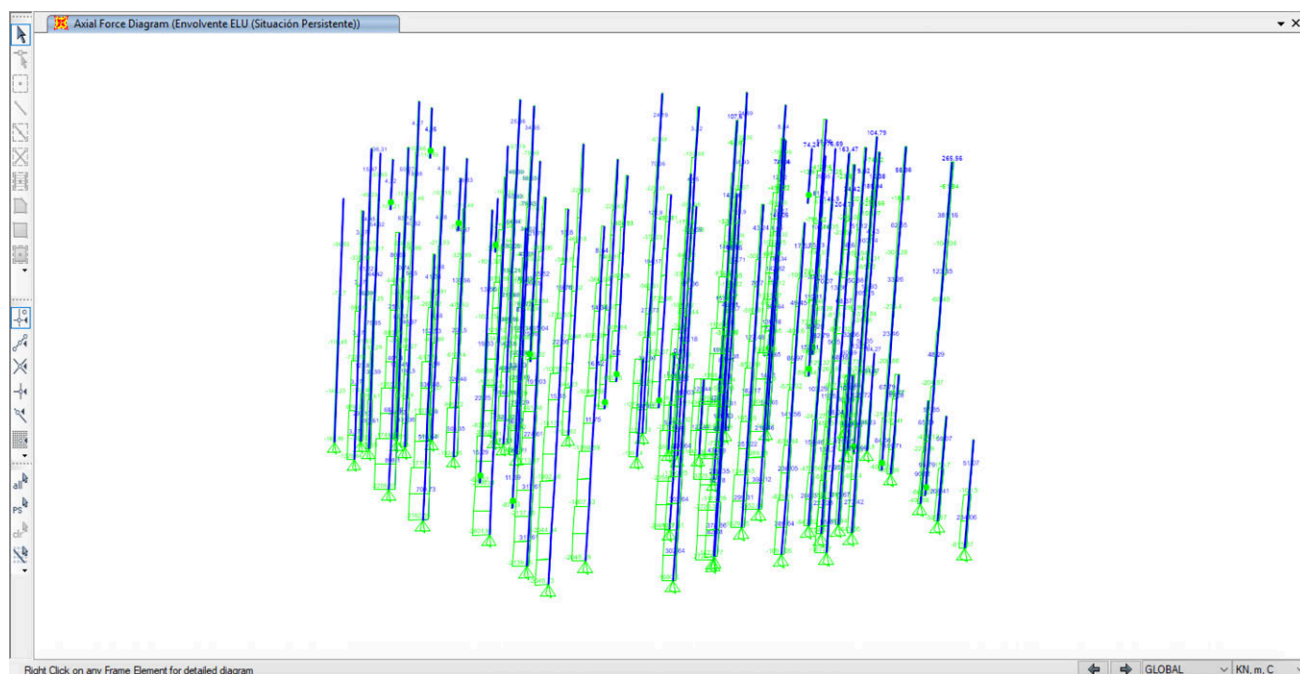


Aplicando el mismo procedimiento que en el caso anterior, se ha estudiado diversos puntos para las combinaciones mostradas y se toma el valor de elástico de 61 mkN/m. Nos encajaría igualmente la malla dispuesta para el caso anterior, ya que la necesidad en este caso sería de 4 barras del 16 por metro.

4.5. Estructura vertical metálica. Soportes

Al igual que ocurría en el caso de las vigas, mediante el proceso de verificación de los soportes podremos comprobar como los resultados obtenidos del dimensionado manual concuerdan en un 80% de los soportes.

Para verificar las secciones lo que se ha realizado es, una vez se ha modelado correctamente la estructura, se analizan los esfuerzos a los que están sometidos cada uno de los pilares a lo largo de cada una de las plantas. Principalmente lo único que debemos observar es el axil ya que como tanto las vigas y las correas están articuladas no podemos obtener momentos en el encuentro con las mismas. Si se apreciaran pequeños momentos, estos serían fruto de los desplazamientos excesivos como consecuencia del viento, por lo que no deberían tenerse en cuenta para la verificación (puesto que dichos desplazamientos son inadmisibles en cualquier estructura).



Para poder verificar correctamente todos los pilares se ha realizado una hoja Excel en el que se exportan las secciones, el axil máximo resistente en pandeo y el axil solicitado en el cálculo manual y se compara con el axil obtenido mediante el cálculo automático con SAP2000 (se muestra un extracto de los pilares P1 a P8, ver tabla completa en Anejo II.3 Verificación soportes metálicos).

Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
P1	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	HE100B	250	23	Cumple	HE100B	250	35,2	Cumple
	Segunda	HE100B	250	46	Cumple	HE100B	250	73,5	Cumple
	Primera	HE100B	250	69	Cumple	HE100B	250	111,8	Cumple
	Entreplanta	HE100B	250	92	Cumple	HE100B	250	150,2	Cumple
	Baja	HE100B	250	115	Cumple	HE100B	250	188,5	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	157	Cumple	HE 100 B	250	49,9	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	227	Cumple	HE 100 B	250	80,2	Cumple
	Segunda	HE 120 B	430	272	Cumple	HE 120 B	430	90,3	Cumple
	Primera	HE 120 B	430	334	Cumple	HE 120 B	430	169,6	Cumple
	Entreplanta	HE 140 B	659	380	Cumple	HE 140 B	659	228,8	Cumple
	Baja	HE 140 B	659	443	Cumple	HE 140 B	659	414,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	52	Cumple	HE 100 B	250	113,1	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	96	Cumple	HE 100 B	250	198,1	Cumple
	Segunda	HE 100 B	250	139	Cumple	HE 120 B	430	248,8	Cumple
	Primera	HE 100 B	250	181	Cumple	HE 120 B	430	301,7	Cumple
	Entreplanta	HE 120 B	430	219	Cumple	HE 120 B	430	344,1	Cumple
	Baja	HE 120 B	430	266	Cumple	HE 120 B	430	380,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	88	Cumple	HE 100 B	250	103,7	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	152	Cumple	HE 100 B	250	218,5	Cumple
	Segunda	HE 120 B	430	217	Cumple	HE 120 B	430	333,6	Cumple
	Primera	HE 120 B	430	295	Cumple	HE 120 B	430	404,4	Cumple

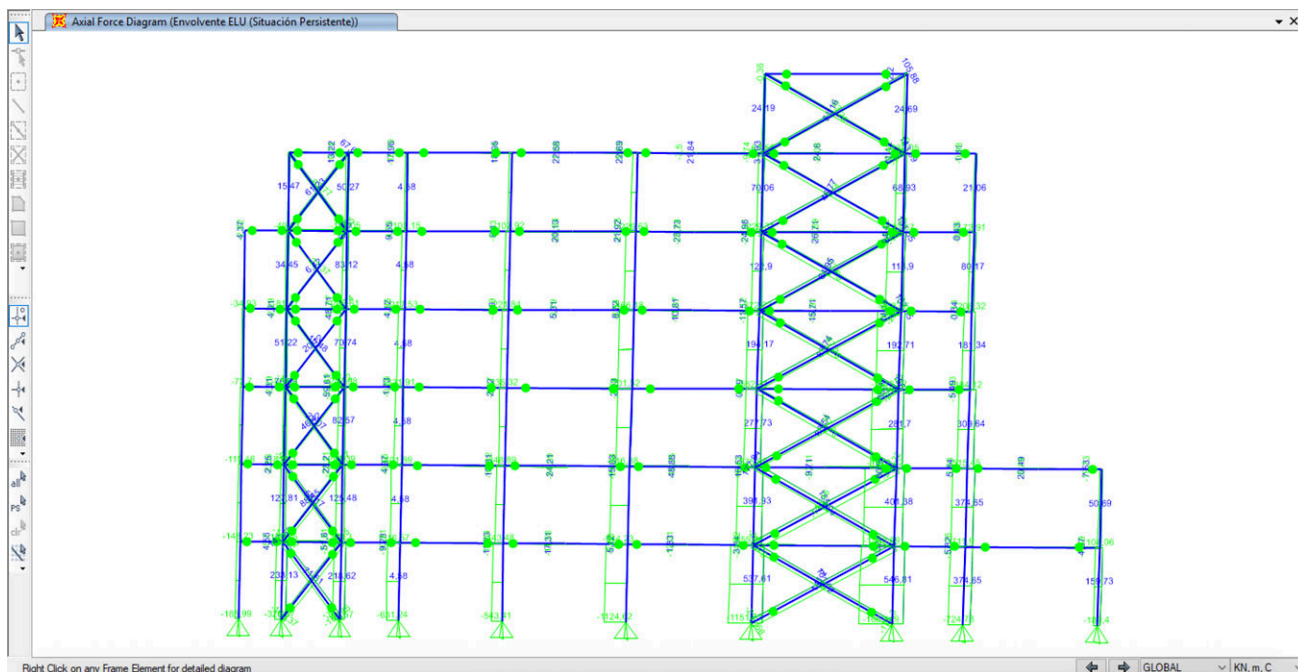


Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
	Entreplanta	HE 120 B	430	359	Cumple	HE 140 B	659	519,5	Cumple
	Baja	HE 120 B	430	424	Cumple	HE 140 B	659	634,5	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	90	Cumple	HE 100 B	250	107,7	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	181	Cumple	HE 100 B	250	221,4	Cumple
	Segunda	HE 120 B	430	271	Cumple	HE 120 B	430	334,4	Cumple
	Primera	HE 120 B	430	287	Cumple	HE 120 B	430	348,1	Cumple
	Entreplanta	HE 140 B	659	377	Cumple	HE 140 B	659	442,7	Cumple
	Baja	HE 140 B	659	468	Cumple	HE 140 B	659	542,8	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	261	Cumple	HE 140 B	659	229,3	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	521	Cumple	HE 140 B	659	465,6	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	782	Cumple	HE 160 B	941	698,9	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	799	Cumple	HE 160 B	941	714,3	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	1002	Cumple	HE 180 B	1242	941,8	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1201	Cumple	HE 180 B	1242	1122,2	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	Quinta	HE 100 B	250	164	Cumple	HE 100 B	250	98,6	Cumple
	Cuarta	HE 160 B	941	474	Cumple	HE 160 B	941	294,7	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	767	Cumple	HE 160 B	941	441,9	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	1058	Cumple	HE 180 B	1242	631,3	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1097	Cumple	HE 180 B	1242	631,7	Cumple
	Entreplanta	HE 200 B	1581	1411	Cumple	HE 200 B	1581	920,9	Cumple
	Baja	HE 200 B	1581	1560	Cumple	HE 200 B	1581	1199,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P8	Quinta	HE 100 B	250	164	Cumple	HE 100 B	250	120,1	Cumple
	Cuarta	HE 140 B	659	401	Cumple	HE 160 B	941	393,8	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	621	Cumple	HE 160 B	941	734,6	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	840	Cumple	HE 200 B	1581	1104,2	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	874	Cumple	HE 200 B	1581	1273,1	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	992	Cumple	HE 200 BC	3272	1522,7	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1034	Cumple	HE 200 BC	3272	1623,7	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-

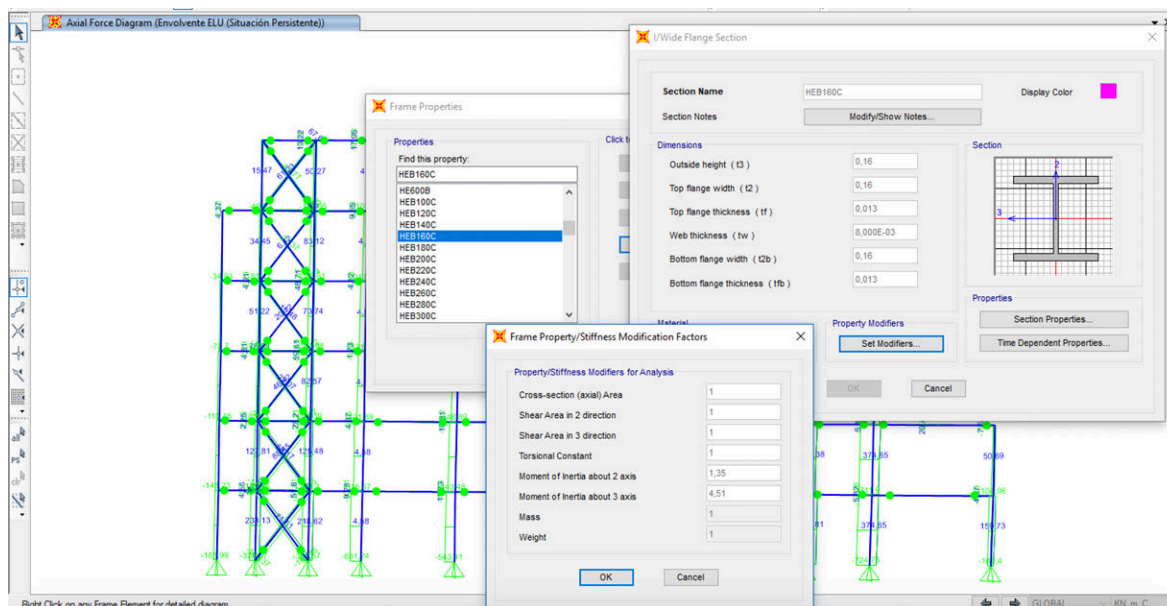
Como se puede observar en la tabla, en aquellos casos donde la sección es insuficiente se ha aumentado el calibre del perfil.

Si se analiza con detenimiento los resultados de la tabla y se comparan con la configuración geométrica de la estructura nos damos cuenta que las diferencias de axiles se encuentran en los puntos donde existen diagonales de arriostramientos: disminuye el axil para un tramo de un pilar concreto y aumenta en el mismo tramo para el pilar contrario. Es decir, se está produciendo una traslación de la carga como consecuencia de situar las diagonales y esto tendrá consecuencias en el dimensionado de la cimentación.

Para evitar problemas y estar siempre del lado de la seguridad, una primera decisión que se toma es aumentar la sección allí donde sea necesario (aunque el cómputo total de la carga sigue siendo la misma).



En el proyecto se están empleando tanto perfiles HEB como perfiles HEBc (cerrados en cajón) y es por ello que también se ha modelado el incremento de inercia referido a los ejes concretos y el incremento de área de un pilar cerrado en cajón con respecto a otro no cerrado.



Finalmente, tal y como se ha visto en el apartado de la estabilidad horizontal y global del edificio, se decide cerrar todos los soportes en cajón. Este cambio se hace motivado por un requisito de estabilidad frente al viento (cumplimiento del desplome), no así para el cumplimiento de la aptitud frente a las solicitaciones.

Como reflexión para futuros proyectos podríamos afirmar que dimensionar los soportes metálicos en una situación de compresión simple con pandeo sin tener en cuenta ni la acción del viento, ni establecer vigas continuas, nudos rígidos o pórticos rígidos, hace muy difícil cumplir los requisitos de

estabilidad global de la estructura (más aun cuando los perfiles son abiertos). Operar tal y como se ha realizado en este proyecto sirve para un encaje previo, pero no nos servirá en la gran mayoría de los casos para acertar con una solución viable a la primera.

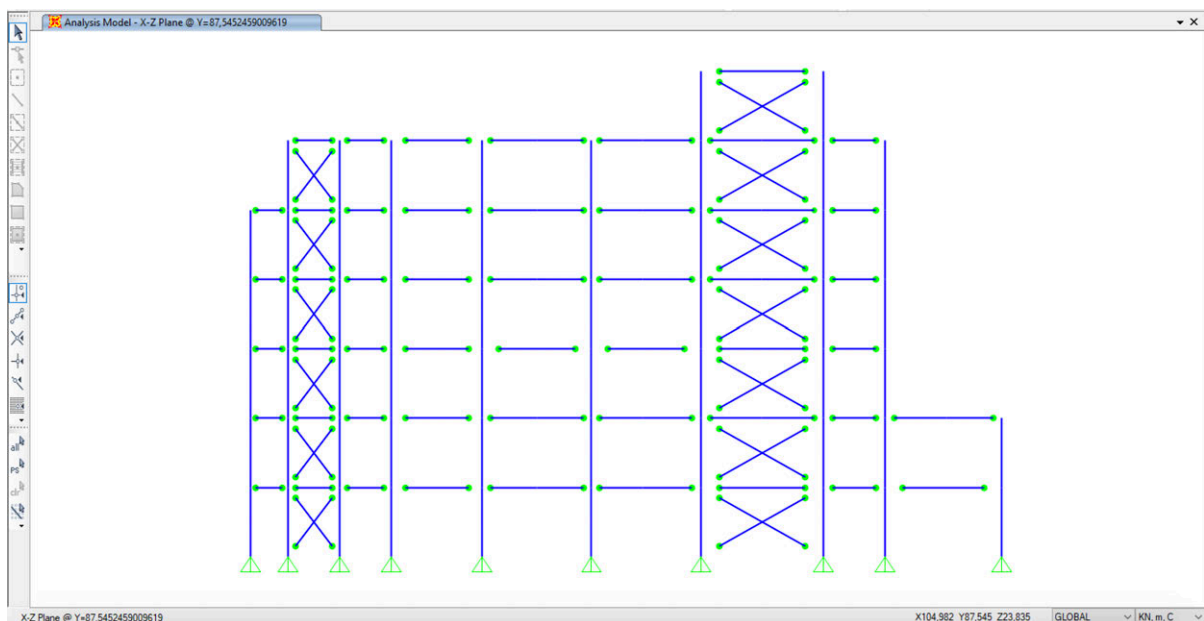
4.6. Arriostramientos

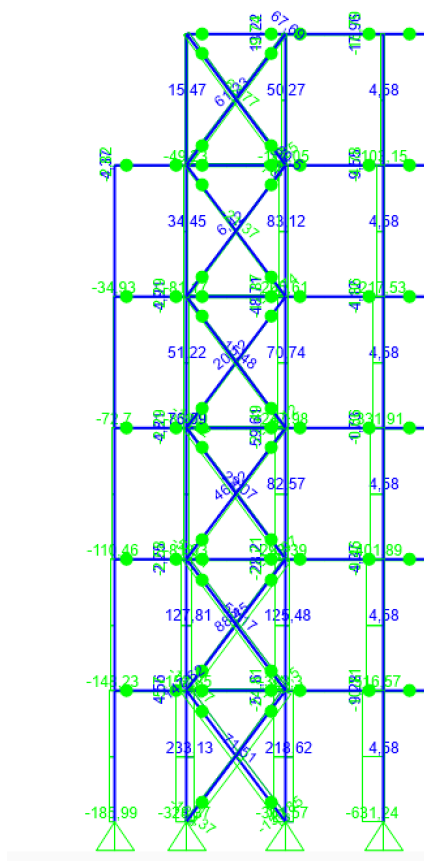
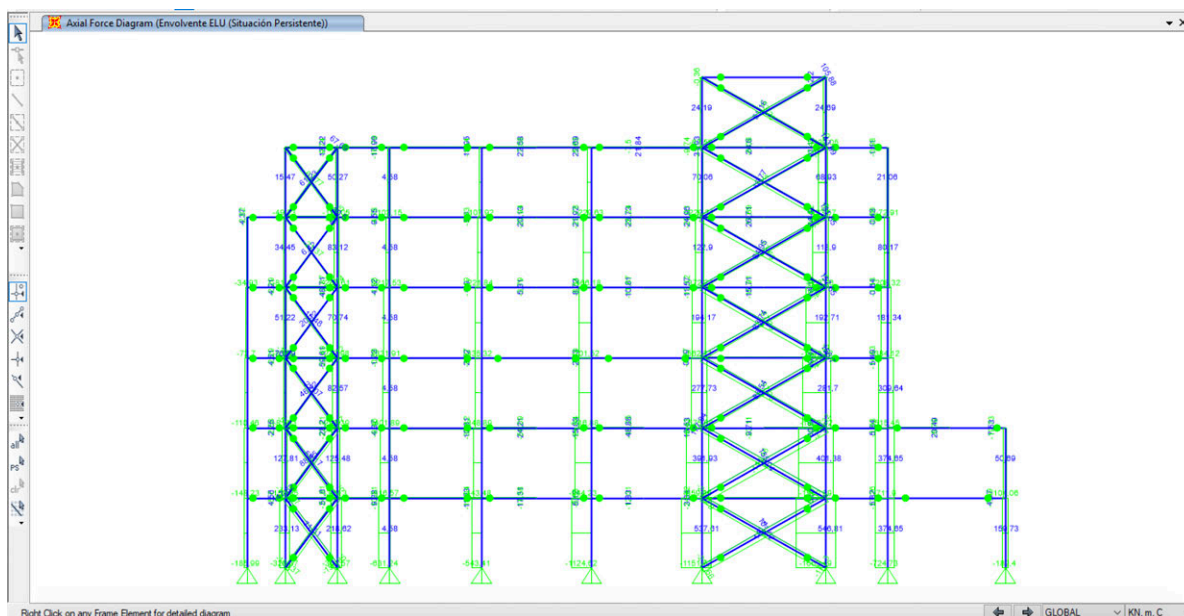
A nivel geométrico, cabe recordar que, la existencia de núcleo no continuos no es algo que beneficie a la estructura. Si las cargas no bajan directamente a la cimentación lo que se consigue es penalizar los soportes en el tramo en el que reciben la carga de las diagonales arriostrantes.

Sin embargo, esto es algo que no se puede evitar en este proyecto (siempre y cuando se plantee una estructura totalmente articulada). En lo que se refiere a los arriostramientos, mediante el cálculo automático en SAP2000 podemos verificar como la no continuidad y la geometría cambiante de las plantas hace que los resultados obtenidos difieran de los calculados manualmente. Es probablemente el elemento estructural más dispar de los vistos en el proyecto.

Pasando a analizar el modelado de los arriostramientos, se muestran a continuación las 3 situaciones que nos encontramos en el proyecto.

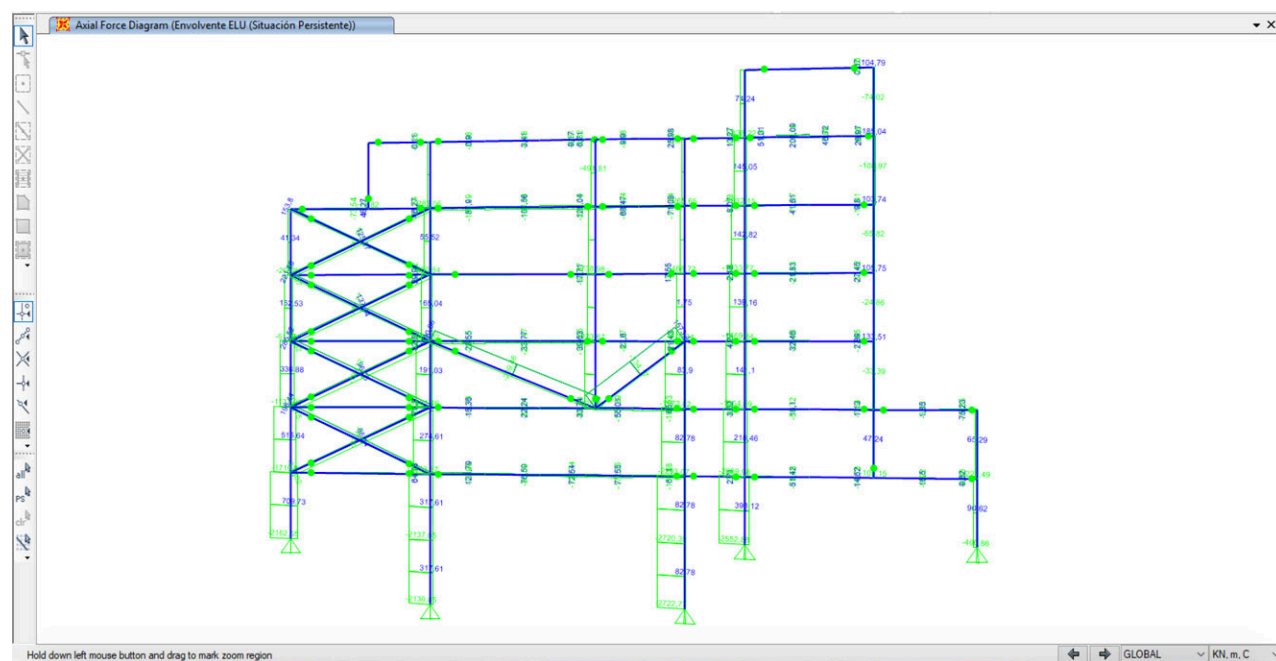
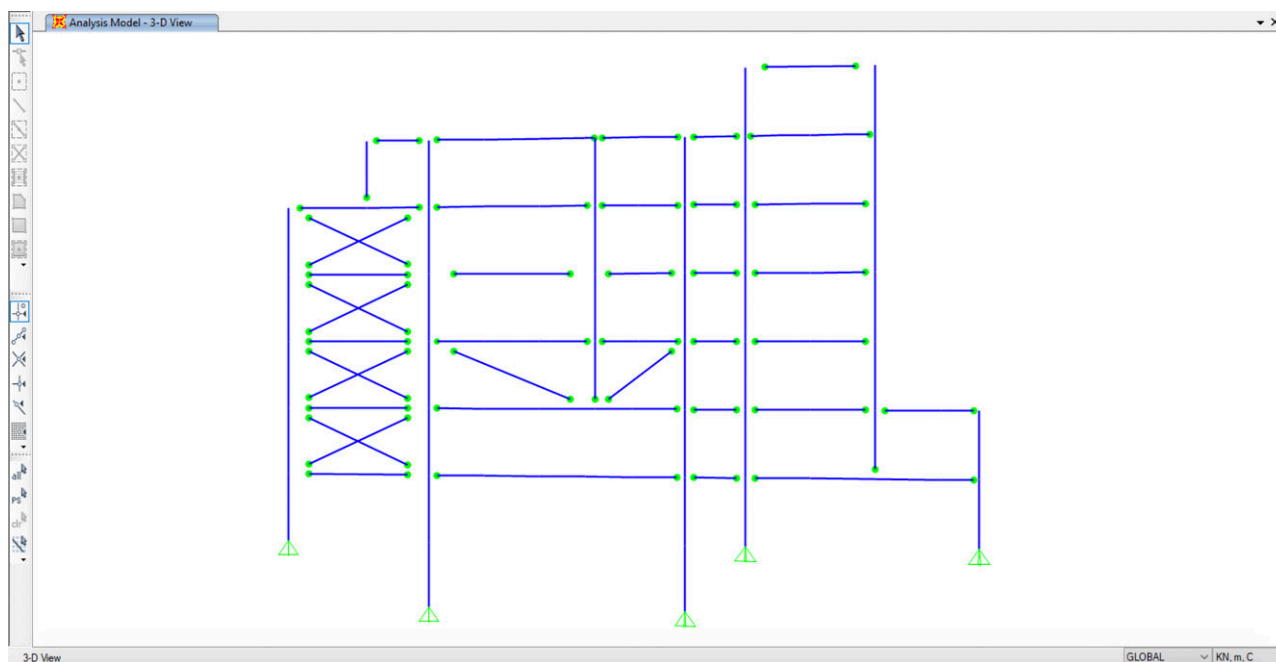
Por un lado, se distinguen los núcleos arriostrantes canónicos, que son aquellos en los que se traza perfectamente su desarrollo desde la cubierta hasta la cimentación. Como se puede observar en las capturas inferiores, se produce el proceso lógico de transferencia de cargas desde la cubierta hasta la cimentación. Al mismo tiempo, se puede observar en algunos núcleos como se produce la transferencia de la carga de un pilar al contrario (fenómeno ya comentado en el apartado de verificación de los soportes).

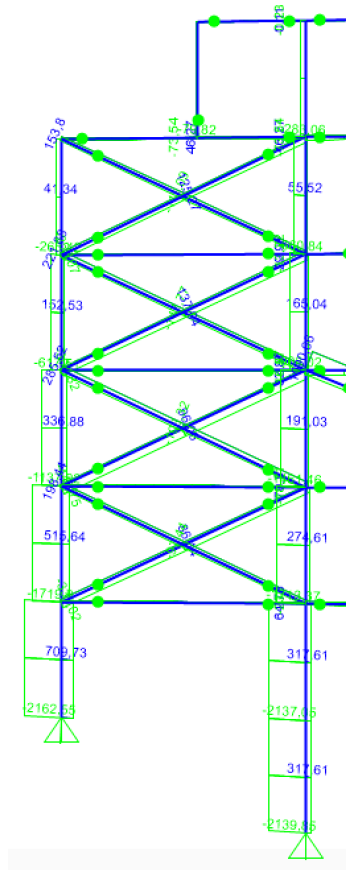




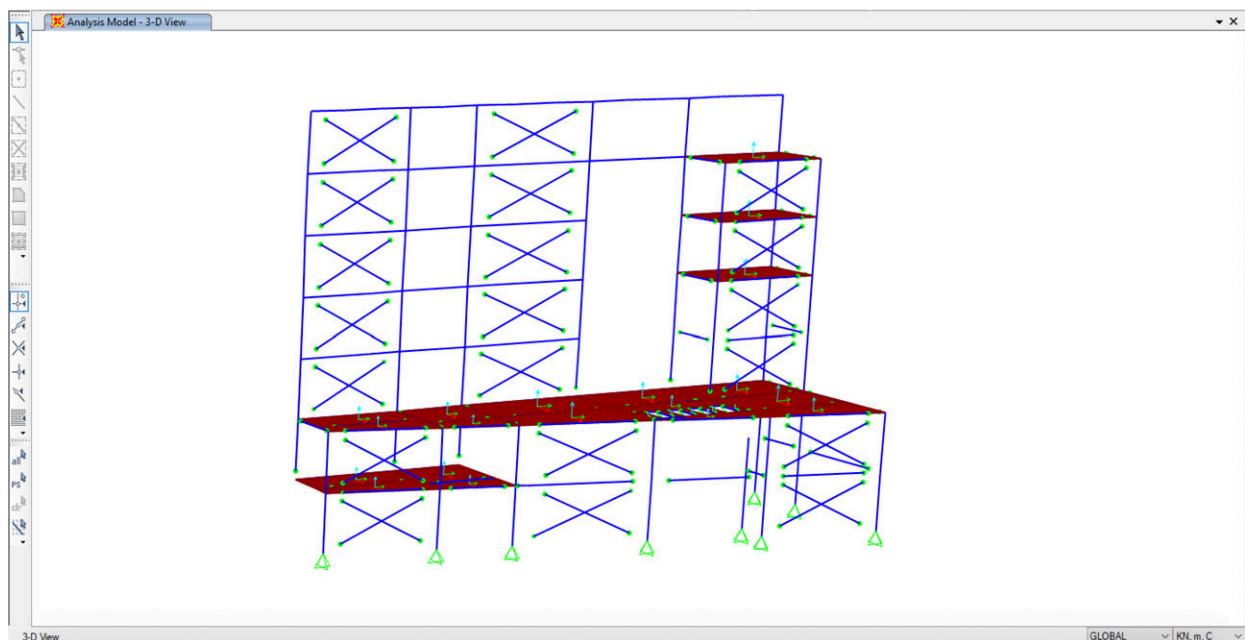
Por otro lado, nos encontramos la situación en la que el núcleo arriostrante queda interrumpido en el nivel de la planta primera o en la planta entreplanta. Estas situaciones se deben a la existencia de espacios inferiores donde no es posible trazar las diagonales. Tal y como se explicaba en párrafos anteriores, en este caso se consigue estabilizar en parte las plantas superiores (se ha comparado con situaciones en las que ese arriostramiento se eliminaba). Una vez se interrumpen, se produce la transferencia directa del último arriostramiento inferior al inmediato pilar, lo que lleva asociado en

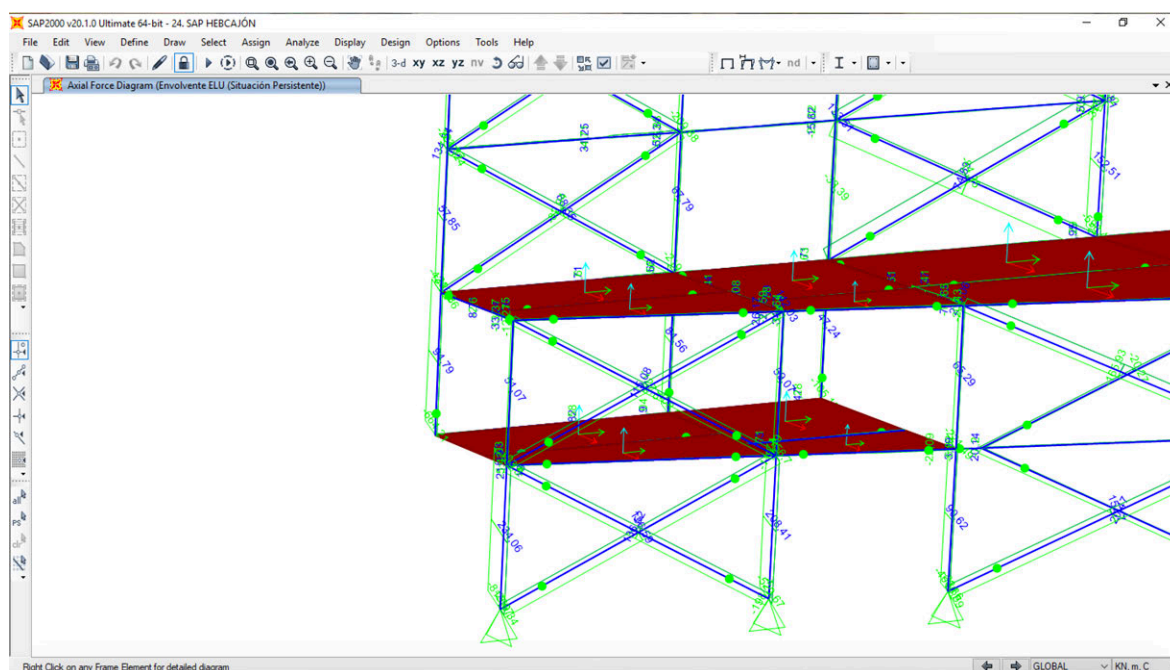
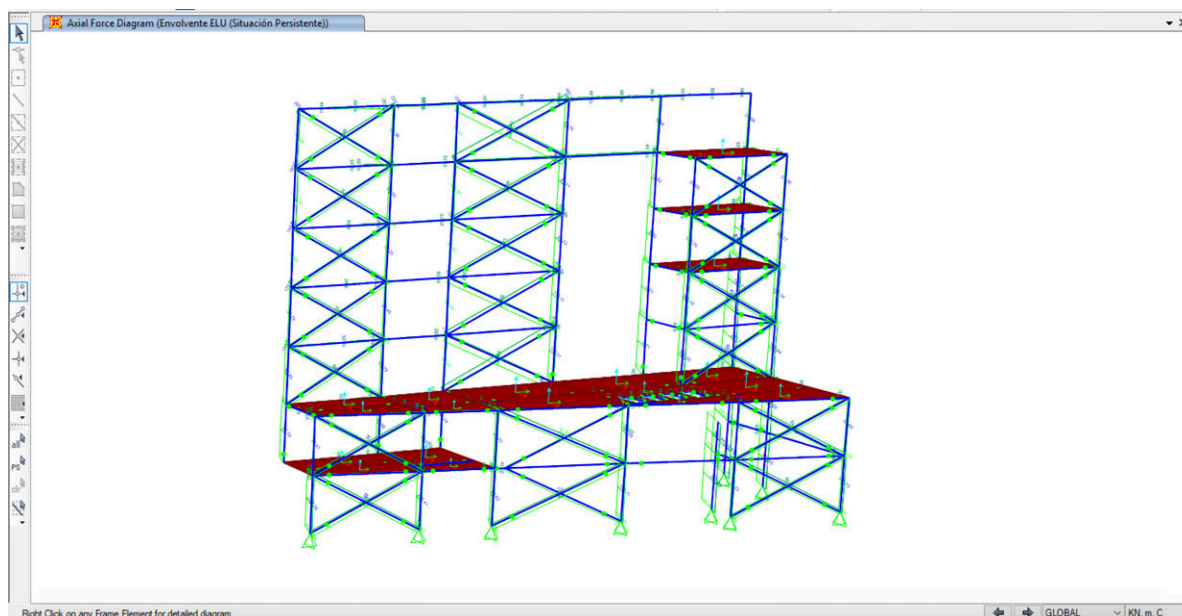
muchos casos un aumento de la capacidad resistente y de inercia en ese eje del pilar. Como consecuencia de esta situación ha sido necesario cerrar todos los pilares en cajón (explicación ampliada en Estabilidad horizontal y Verificación de soportes).





Finalmente, existe una situación diferente a la anterior y que involucra a un elemento constructivo más que se ha debido modelar correctamente: el diafragma rígido. Ocurre que, en el caso de la fachada que coincide en vertical con el auditorio, no es posible la continuidad en vertical de los arriostramientos, por lo que se intenta trasladar en horizontal las cargas hasta los núcleos (que recorren dos plantas más) situados en la medianera.





Tal y como se ve en las imágenes, se está produciendo una transferencia completa de los axiles entre los arriostramientos de las plantas primera y entreplanta, por lo que se entiende que se está funcionando correctamente el efecto del diafragma rígido. Con todo ello, se consigue la estabilidad global del edificio, aunque se entiende que probablemente fuera posible un modelado mucho más ajustado de lo que ocurre realmente en esa zona con un mayor conocimiento del programa SAP2000.

Para verificar los resultados obtenidos pasamos a compararlos con los cálculos realizados de manera manual. Aprovecharemos los cálculos mostrados para los núcleos A2-A6, situado en el eje X, y el A28-J28, situado en el eje Y (ver comprobación completa en Anejo II.4 Verificación de arriostramientos)

Referencia	Planta	Cálculo manual				Cálculo automático			
		Perfil	Resistencia	Solicitación	Verificación	Perfil	Resistencia	Solicitación	Verificación
A2-A6	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	64,96 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	91,2 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	98,60 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	45,3 kN	Cumple
	Segunda	UPN 80	288,10 kN	129,01 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	66,7 kN	Cumple
	Primera	UPN 80	288,10 kN	156,01 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	93,3 kN	Cumple
	Entrepantalla	UPN 80	288,10 kN	177,26 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	146,2 kN	Cumple
	Baja	UPN 80	288,10 kN	218,01 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	179,6 kN	Cumple

En este caso, se puede apreciar como los arriostramientos dispuestos cumplen las solicitaciones exigidas por el modelo. Sin embargo, se puede apreciar una clara diferencia entre el cálculo abstracto realizado previamente y el comportamiento del modelo: las cargas no aumentan a medida que se descende. En el modelo puede verse como parte de la carga que debería de ser absorbida por los arriostramientos se está traspasando a los pilares. Es conveniente tenerlo en cuenta a la hora del dimensionado final para no agotar la capacidad de los UPN. En general la verificación de resistencia se cumple, aunque lo realmente importante en los arriostramientos es la verificación del desplazamiento, como ya se ha comentado en la estabilidad horizontal.

Referencia	Planta	Cálculo manual				Cálculo automático			
		Perfil	Resistencia	Solicitación	Verificación	Perfil	Resistencia	Solicitación	Verificación
A28-J28	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	115,62 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	75,3 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	175,34 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	117,4 kN	Cumple
	Segunda	UPN 100	353,57 kN	183,49 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	153,5 kN	Cumple
	Primera	UPN 100	353,57 kN	231,56 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	160,1 kN	Cumple
	Entrepantalla	UPN 100	353,57 kN	256,06 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	179,1 kN	Cumple
	Baja	UPN 100	353,57 kN	286,44 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	181,9 kN	Cumple

Al igual que ocurría en el caso anterior todos los perfiles cumplen, incluso se podría bajar de un UPN100 a un UPN80. Esto es algo que debería revisarse con un poco más de atención, ya que puede ser que no esté llegando tanta carga de viento hasta este núcleo, o que parte de la carga se esté marchando por los pilares (perjudicando el dimensionado de los pilares).

Finalmente, la solución adoptada (la especificada en los planos finales) es la que nos proporciona el cálculo automático en función de la verificación de la estabilidad horizontal. Tras un proceso iterativo en el que se iba aumentando los perfiles para tratar de cumplir el desplome local y global, se termina encontrando un equilibrio igualando todos los arriostramientos en la dirección del eje X (UPN200) y todos los arriostramientos del eje Y (UPN300).

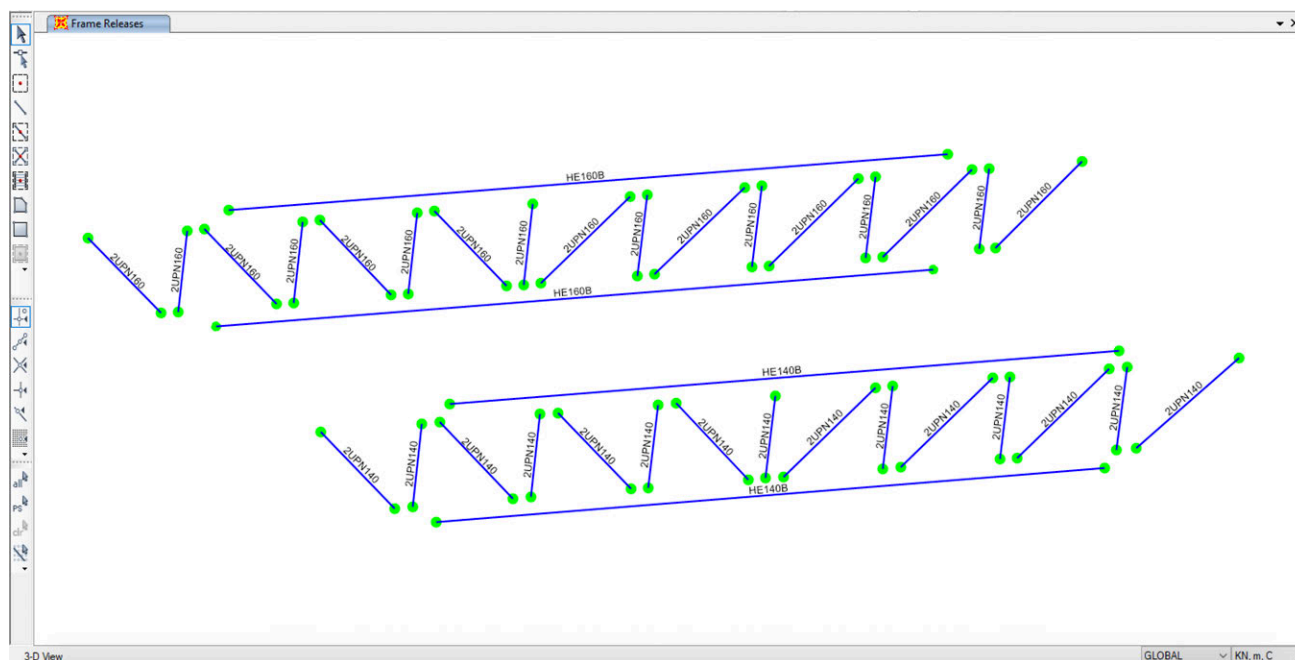
Teóricamente se entiende que debería darse una estratificación en altura a medida que avanzamos hacia la cubierta (tal y como se realizó en el cálculo manual). Sin embargo, como se ha podido comprobar en los párrafos anteriores, la no continuidad en altura y la transferencia de cargas entre núcleos, hace que conseguir la estabilidad global del edificio sea mucho más complicado. Para ello, además de tener que unificar todos los arriostramientos han sido necesarios situar dos pórticos rígidos en la dirección Y (la más perjudicada).

La conclusión más interesante que podemos sacar en este apartado es que, dadas las condiciones geométricas del edificio, hubiera sido muy beneficio haber definido los núcleos de los ascensores como pantallas de hormigón armado, ya que hubiéramos conseguido reducir bastante los calibres de los UPN

(sobre todo los del UPN300 que, a todas luces, parecen excesivos a pesar de ser los que proporcionan el equilibrio).

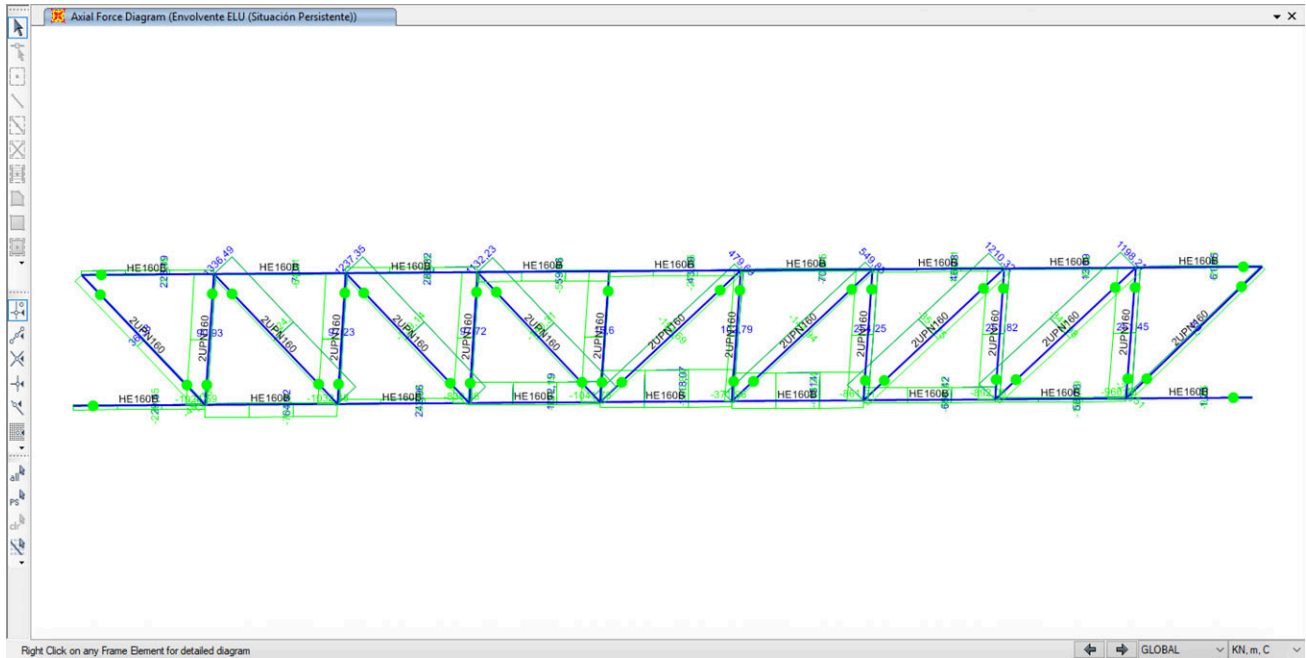
4.7. Celosías

Para la verificación de las celosías es bastante conveniente modelar el edificio completo tal y como hemos hecho en este proyecto debido a la peculiar forma del edificio. En referencia a la asignación de secciones de la celosía tipo Pratt, hemos empleado los resultados obtenidos del cálculo manual.

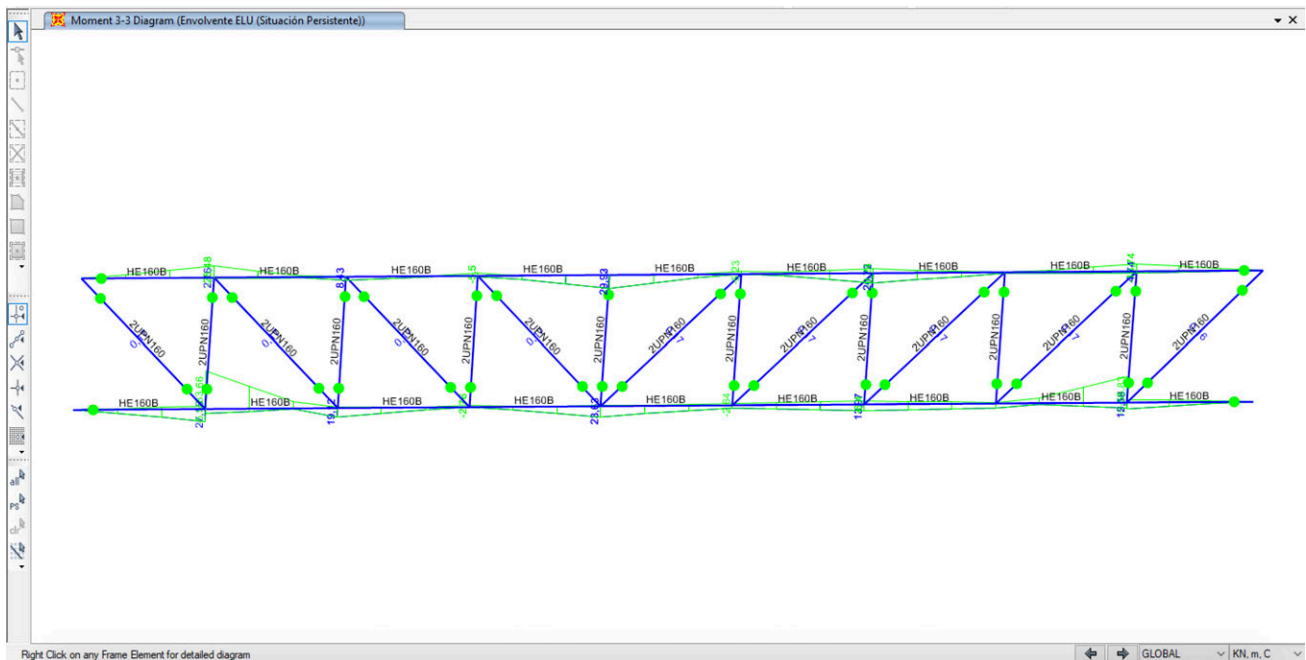


Pasamos a analizar los resultados de la celosía J, cuya geometría se ve modificada del modelo de cálculo manual, adaptándose a la forma real del proyecto (9 módulo y asimétrica). Esta celosía tiene la particularidad que, además de la forma asimétrica, soporta los apeos de los pilares P53 y P54.

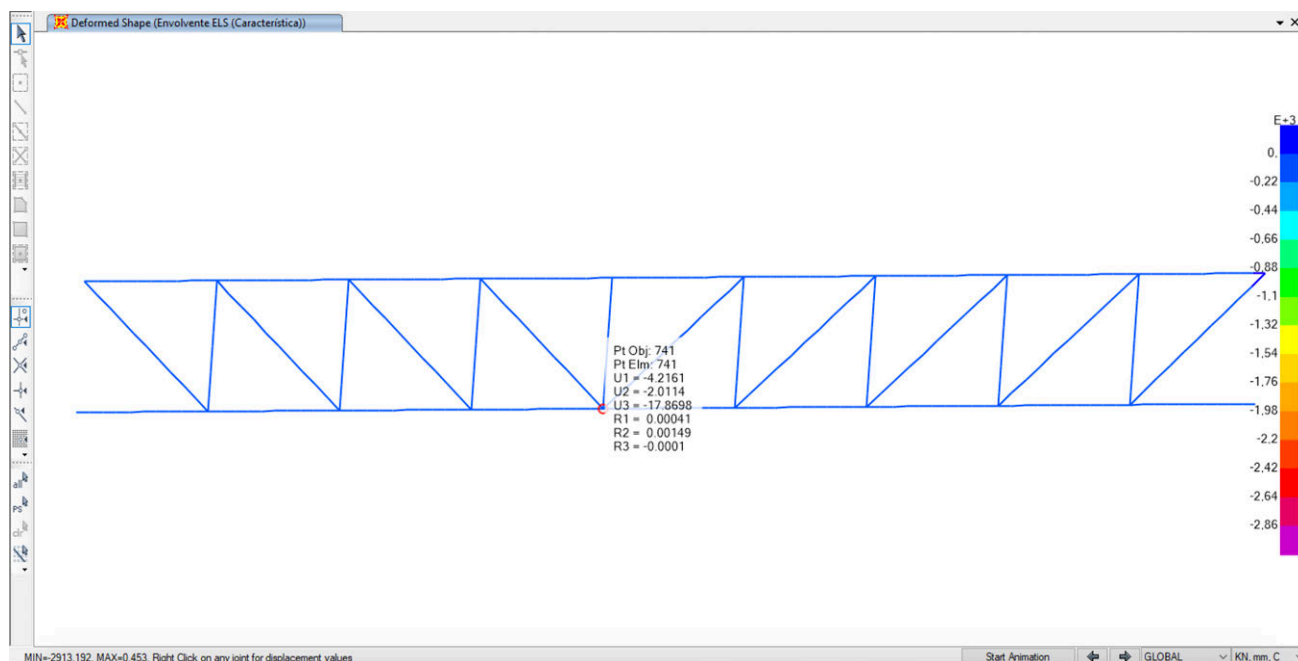
A continuación, se muestran capturas de pantalla del programa SAP2000 con los diagramas de axiles, momentos y deformación vertical.



Dado que la celosía no es simétrica, se puede observar que los resultados tampoco lo son. Se produce una descarga de las diagonales duplicadas del tramo central.



Los momentos que se obtienen en el cordón son producto de la carga puntual que genera cada montante al apoyarse sobre el cordón. Como vemos dicho momento se va equilibrando módulo a módulo.



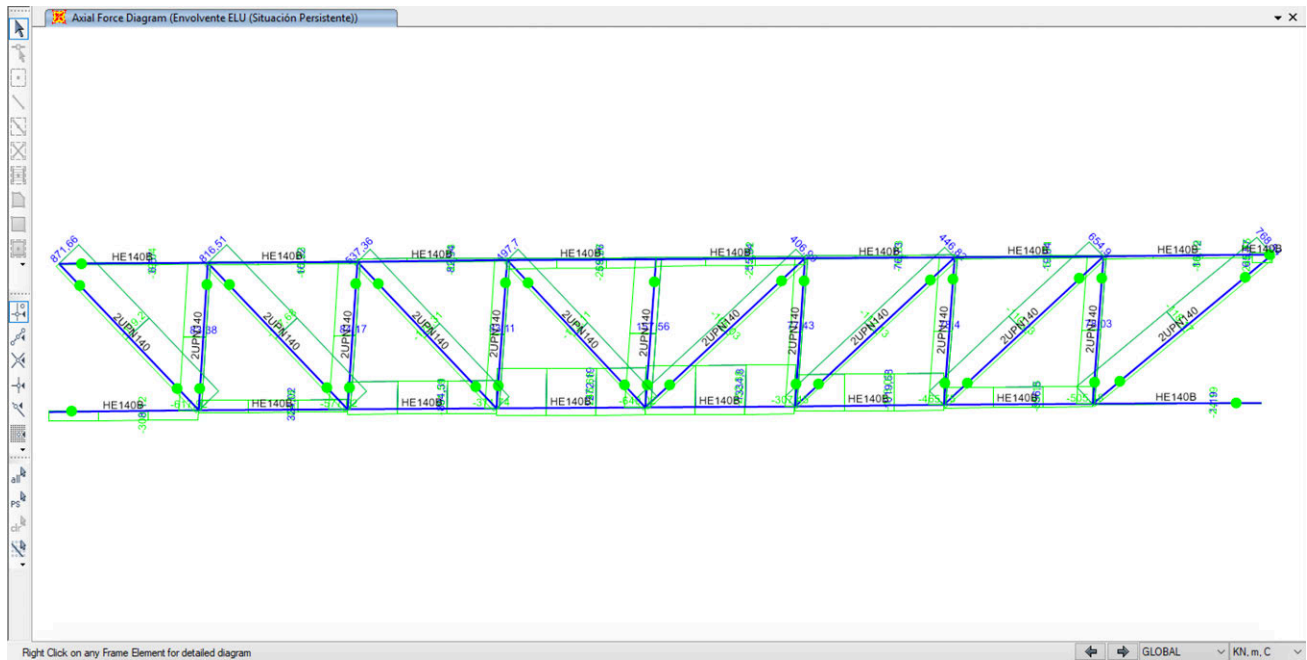
Como se puede apreciar en la imagen, la flecha que nos proporciona el programa es muy parecida a la obtenida mediante el cálculo manual, ya que habíamos calculado una deformación de 18,3 mm y SAP2000 calcula una deformación de 17,9 mm. En cualquier caso, se sigue cumpliendo la limitación establecida de $L/300$ (41,7 mm).

Por último, compararemos las solicitaciones manuales con las automáticas para verificar la resistencia de los perfiles empleados.

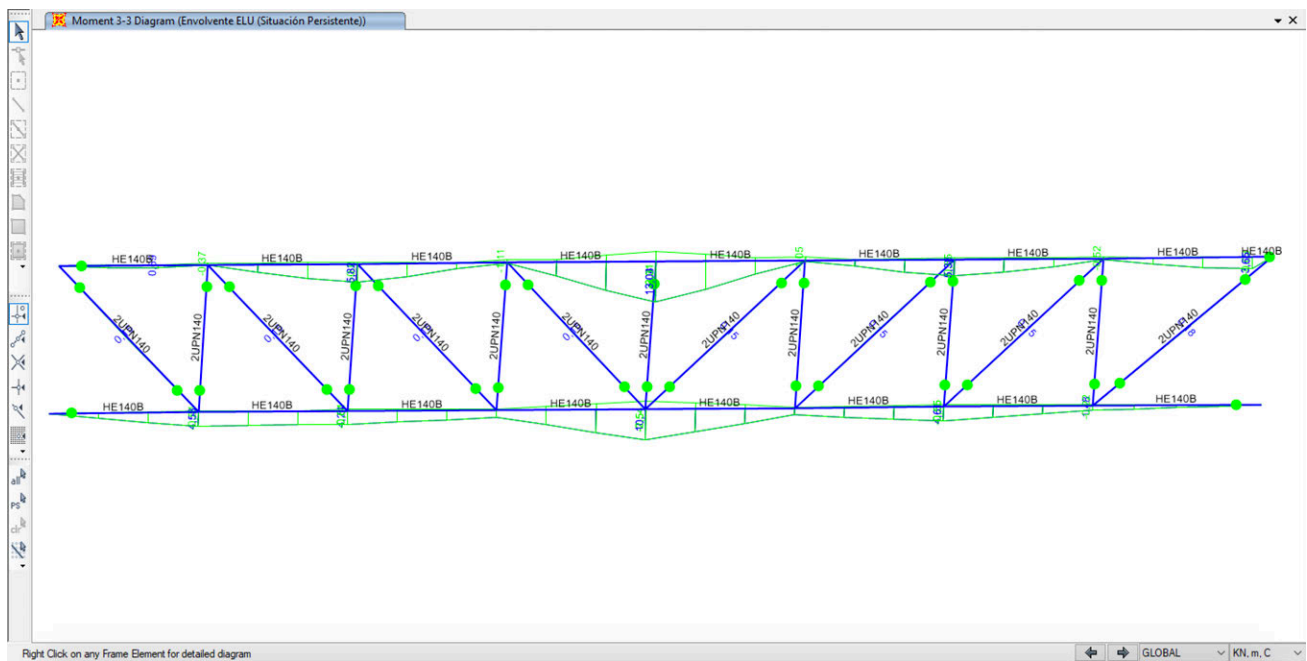
Barra	Perfil	Nrd	Ned (manual)	Ned (SAP2000)	Verificación
Cordón comprimido	HEB160	1032 kN	150 kN	514 kN	Cumple
Cordón traccionado	HEB160	1422	-	1716 kN	No Cumple
Montante	2UPN160	1202 kN	1019 kN	1041 kN	Cumple
Diagonal	2UPN160	1257 kN	1103 kN	1339 kN	No Cumple

En base a las comprobaciones realizadas en SAP2000, finalmente se decide aumentar los cordones a un perfil HEB180, y los montantes y diagonales a un perfil 2UPN180. Indirectamente se mejora el cumplimiento de la deformación, la cual ya habíamos visto que cumplía.

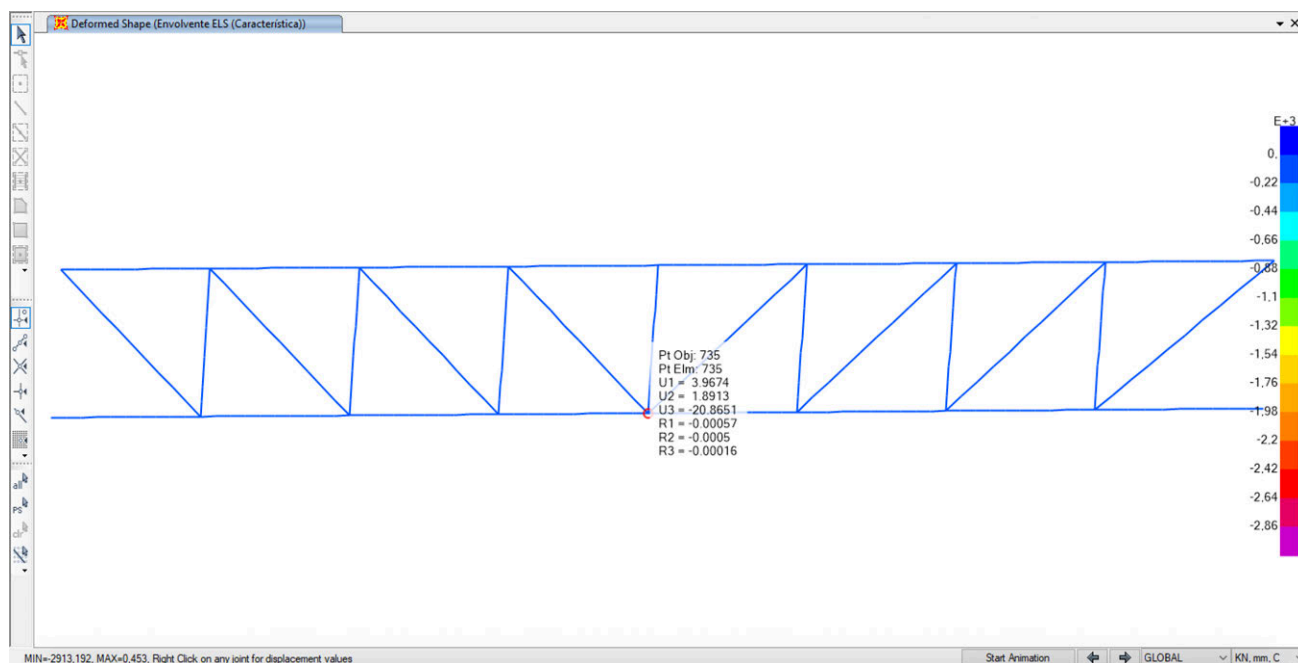
En referencia a la celosía T, se ha repetido el mismo proceso de verificación obteniéndose los siguientes resultados:



En este caso, al existir la simetría, el diagrama de axiles es perfectamente simétrico.



El diagrama de momentos sigue produciendo esos pequeños picos como consecuencia de los montantes.



En este caso la deformación que nos proporciona SAP2000 es algo mayor a la que habíamos calculado de manera manual, ya que se estimó una deformación de 16,9 mm y el programa ha determinado una deformación de 20,9 mm. En cualquier caso, se sigue cumpliendo la limitación establecida de $L/300$ (37,9 mm).

Finalmente se procede a verificar la resistencia de los perfiles como se ha hecho con la celosía J.

Barra	Perfil	Nrd	Ned (manual)	Ned (SAP2000)	Verificación
Cordón comprimido	HEB140	743 kN	124 kN	269 kN	Cumple
Cordón traccionado	HEB140	1126 kN		1335 kN	No cumple
Montante	2UPN140	1010 kN	86 kN	649 kN	Cumple
Diagonal	2UPN140	1069 kN	930 kN	872 kN	Cumple

En base a las comprobaciones realizadas en SAP2000, finalmente se decide aumentar los cordones a un perfil HEB160, y mantener los montantes y diagonales en un perfil 2UPN140. Indirectamente se mejora el cumplimiento de la deformación, la cual ya habíamos visto que cumplía.

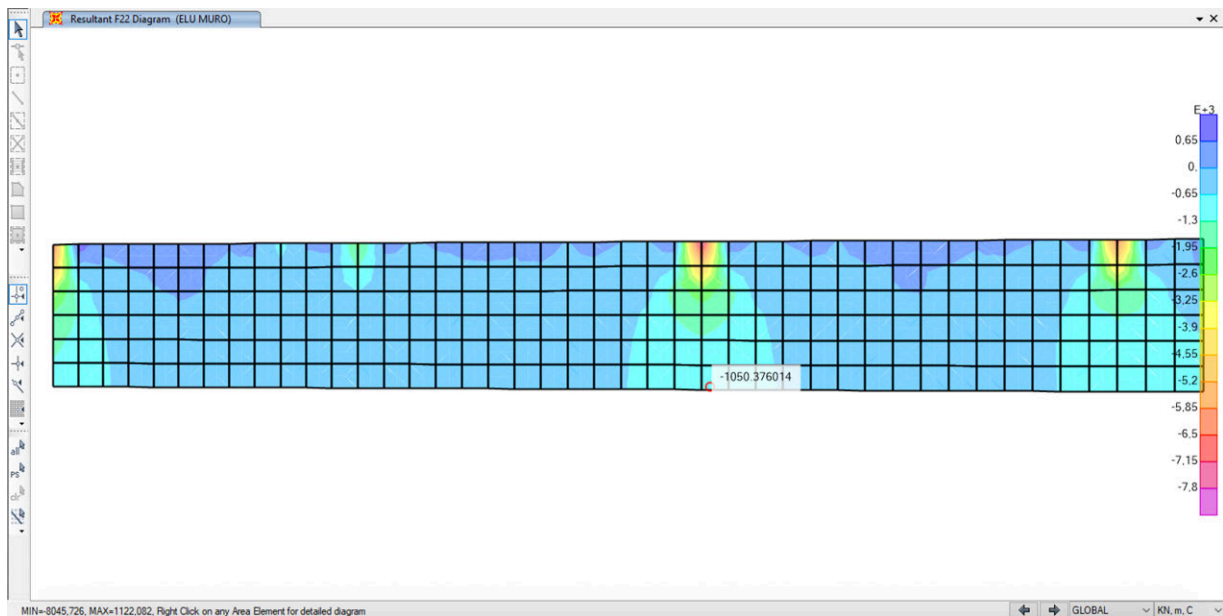
4.8. Muros de hormigón armado

Se ha decidido aplicar el mismo proceso de análisis y dimensionado que aplicamos a las losas de hormigón armado. A través del SAP se introducen las cargas que le transmiten los pilares en la cabeza del muro y se analiza su comportamiento.

F1



F2



En las imágenes superiores se puede apreciar con bastante claridad las bielas que se forman y a medida que entra la carga en el muro procedente el pilar. Tomaremos un valor medio para armar el muro y luego se deberá analizar las cargas en cabeza, armando de manera especial en los puntos donde llegan soportes muy cargados de la estructura.

Al igual que el proyecto original, se propone un muro de hormigón armado de 40 cm de espesor y la carga media común de compresión en el muro que se ha seleccionado después de realizar un barrido por toda la estructura es de 945 kN. Dado el espesor del muro, capacidad en compresión es muy superior al axil, sin embargo, armaremos a doble cara con un mallazo barras del 12 cada 250 mm.

Alumno: Sergio Santana Almeida
 Tutor: Juan Rey Rey

4.9. Estructuras de apeo

Como se puede comprobar en los planos, la estructura del edificio se caracteriza por tener un considerable número de situaciones donde se produce el apeo de pilares. Este ha sido uno de los principales motivos por los que se ha articulado la estructura por completo inicialmente.

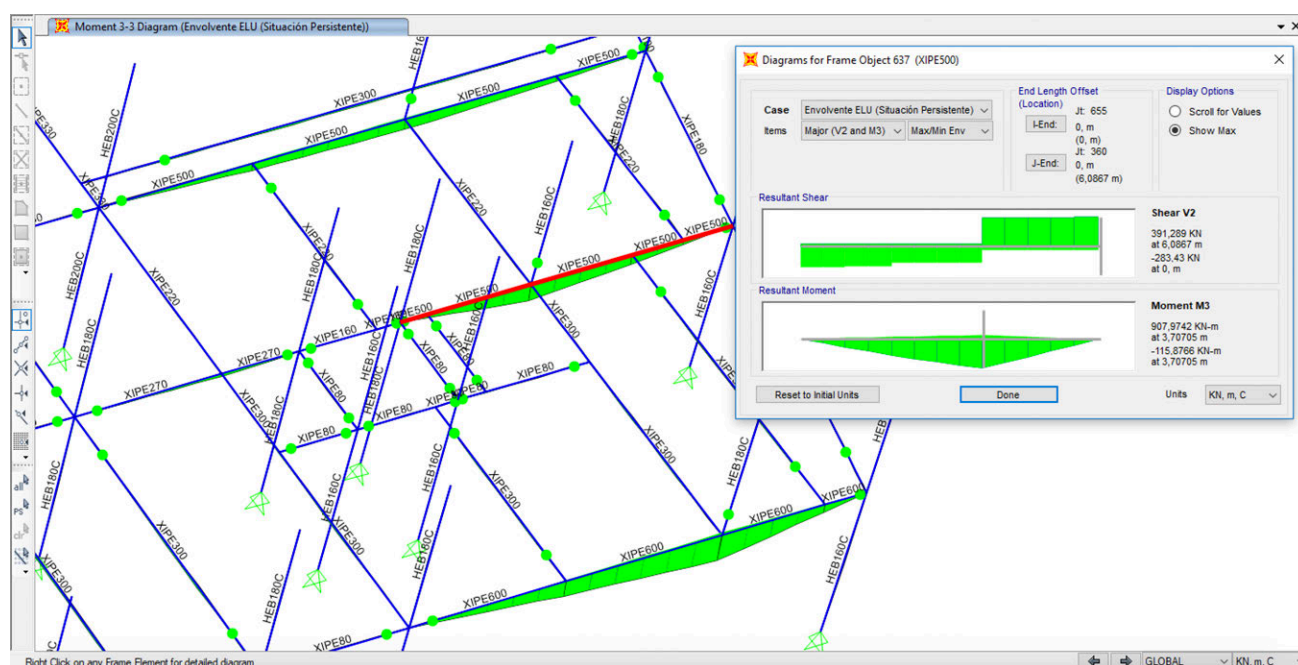
Durante el proceso de dimensionado se ha tratado de tener en cuenta cual era la bajada de cargas de la estructura y en que vanos se producía la transferencia de un pilar apeado a los otros más próximos. En el caso de los pilares se pudo ver que el dimensionado encajaba con lo que estaba ocurriendo en el modelo de SAP2000.

Sin embargo, en el caso de las vigas no se tuvo en consideración el caso de las cargas puntuales que entraran en distintos puntos de la viga. Se dimensionó sabiendo que esos casos había que controlarlos y verificarlos.

Gracias al proceso ordenado de ir tomando datos viga a viga se pudo comprobar que efectivamente las vigas dimensionadas eran insuficientes y necesitaban incrementar su sección. Por tanto, el control de las estructuras apea se ha realizado de manera conjunta con el de la estructura general.

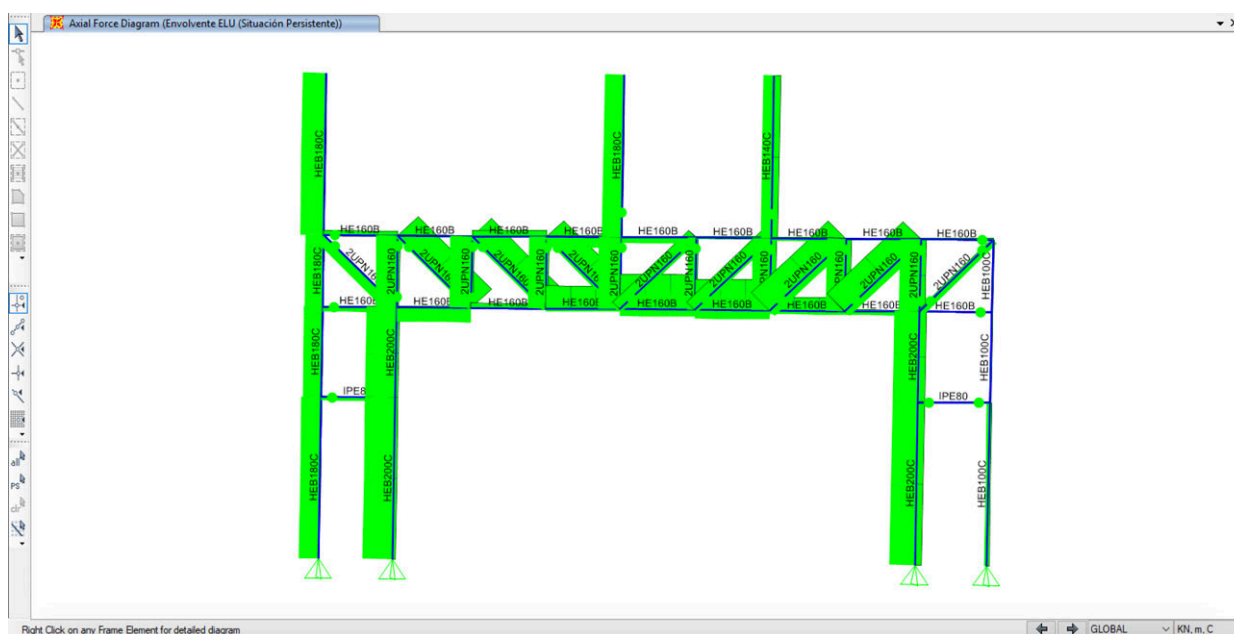
Como ejemplo de un punto de apeo, se presentan capturas del SAP2000 pertenecientes al pilar P49. Durante el dimensionado manual la viga sobre la que se apea el pilar se calculó con un perfil mixto 360, mientras que, tras tomar las solicitaciones, pasó a un XIPE500.

Forjado Entreplanta													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
224	X-IPE 360	Manual	531,3	296,7	Cumple	425,0	194,9	Cumple	20,3	15,1	6,6	20,3	Cumple
	X-IPE 500	Automático	1053,5	671,4	Cumple	757,9	291,4	Cumple	20,3	12,2	6,5	17,4	Cumple



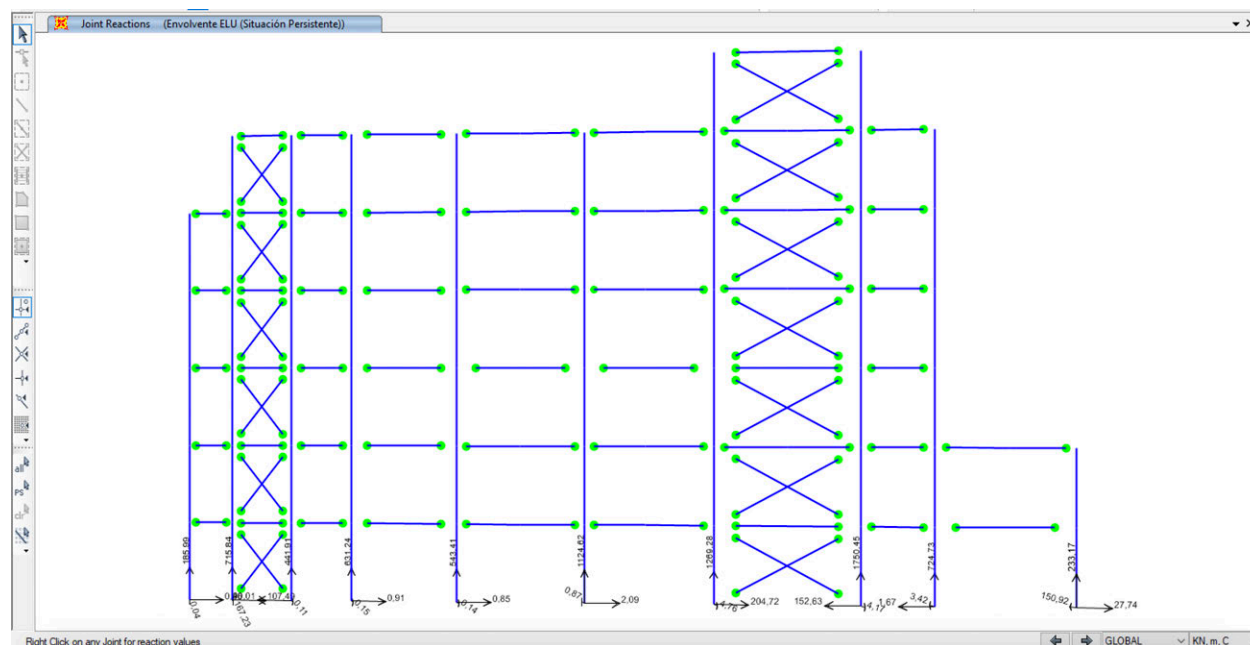
En el caso de la celosía J no resultaba tan complicado tener en consideración el efecto de la carga puntual, ya que está se diseñó para que coincidiera sobre uno de los nudos de la misma (encajando la modulación del forjado de planta cubierta del auditorio).

A pesar de considerar el incremento de carga de manera manual, también se verificó mediante las solicitudes en SAP2000 que era necesario realizar un incremento de las secciones de la celosía tal y como se explicó en la verificación de las mismas.



4.10. Reacciones en cimentación

Por último, con el objetivo de poder dimensionar la cimentación en base a las distribuciones de esfuerzos que se establecen en el modelo se extraen del mismo las reacciones en cada uno de los apoyos.



Alumno: Sergio Santana Almeida
Tutor: Juan Rey Rey

Es interesante emplear estas reacciones en cimentación ya que son las resultantes de un modelo equilibrado. Los perfiles se han ido ajustando y modificando desde los iniciales calculados a mano hasta obtener el equilibrio local y global a nivel de desplazamientos, y donde se han ido verificando la resistencia de cada uno de los elementos estructurales mostrados en esta memoria.

SopORTE	Perfil	Nek kN	Ned kN	SopORTE	Perfil	Nek kN	Ned kN	SopORTE	Perfil	Nek kN	Ned kN
P1	HEB100C	132,2	186	P9	HEB160C	504,2	724,8	P17	HEB140C	250,4	355,6
P2	HEB140C	493,6	715,9	P10	HEB140C	156,8	233,2	P18	HEB200C	980,3	1391,4
P3	HEB120C	202,9	441,9	P11	HEB160C	593,7	862,9	P19	HEB180C	665,6	940,6
P4	HEB140C	440,5	631,3	P12	HEB180C	534,7	773,4	P20	HEB200C	1025,4	1442
P5	HEB140C	383,9	543,4	P13	HEB200C	952,2	1382,9	P21	HEB200C	860,3	1214,2
P6	HEB180C	791,9	1124,6	P14	HEB200C	870,4	1229,9	P22	HEB140C	145,6	211,9
P7	HEB200C	873,1	1289,3	P15	HEB180C	1042,6	1508,1	P23	HEB200C	1704,8	2453,5
P8	HEB200C	1226,6	1750,5	P16	HEB200C	946,4	1358,3	P24	HEB220C	1838,9	2601,9

SopORTE	Perfil	Nek kN	Ned kN	SopORTE	Perfil	Nek kN	Ned kN	SopORTE	Perfil	Nek kN	Ned kN
P25	HEB200C	1668,1	2361,1	P32	HEB180C	350,8	496,1	P39	HEB160C	709,9	1009,6
P26	HEB200C	2395,9	3381,6	P33	HEB200C	1461,5	2046,7	P40	HEB160C	800,4	1139,9
P27	HEB180C	513,7	719,4	P34	HEB200C	1185,1	1680,2	P41	HEB200C	1462,2	2046,8
P28	HEB200C	1612,3	2313,9	P35	HEB180C	1149,3	1629,8	P42	HEB160C	1131,5	1607,9
P29	HEB220C	1506,3	2139,9	P36	HEB180C	610,7	879,7	P43	HEB180C	928,5	1324,8
P30	HEB200C	1915,8	2722,8	P37	HEB180C	673,4	963,8	P44	HEB180C	1195,1	1672,7
P31	HEB200C	1956,2	2765,7	P38	HEB160C	436,6	623,1	P45	HEB160C	665	941,9

Los datos mostrados en la tabla superior servirán de referencia para el dimensionado de basas metálicas, encepados y micropilotes.

5. PLIEGO DE CONDICIONES

En el presente apartado se remitirá, para cada tipo de estructura, a la siguiente normativa:

A- Estructura de acero: Instrucción de Acero Estructural (EAE)

- a. Capítulo XXI. Fabricación en taller.
- b. Capítulo XVII. Ejecución en obra.
- c. Capítulo XVIII. Tolerancias.
- d. Capítulo XIX. Bases generales del control.
- e. Capítulo XX. Control de calidad del proyecto.
- f. Capítulo XXI. Control de la conformidad de los productos.
- g. Capítulo XXII. Control de ejecución.
- h. Capítulo XXIII. Mantenimiento.

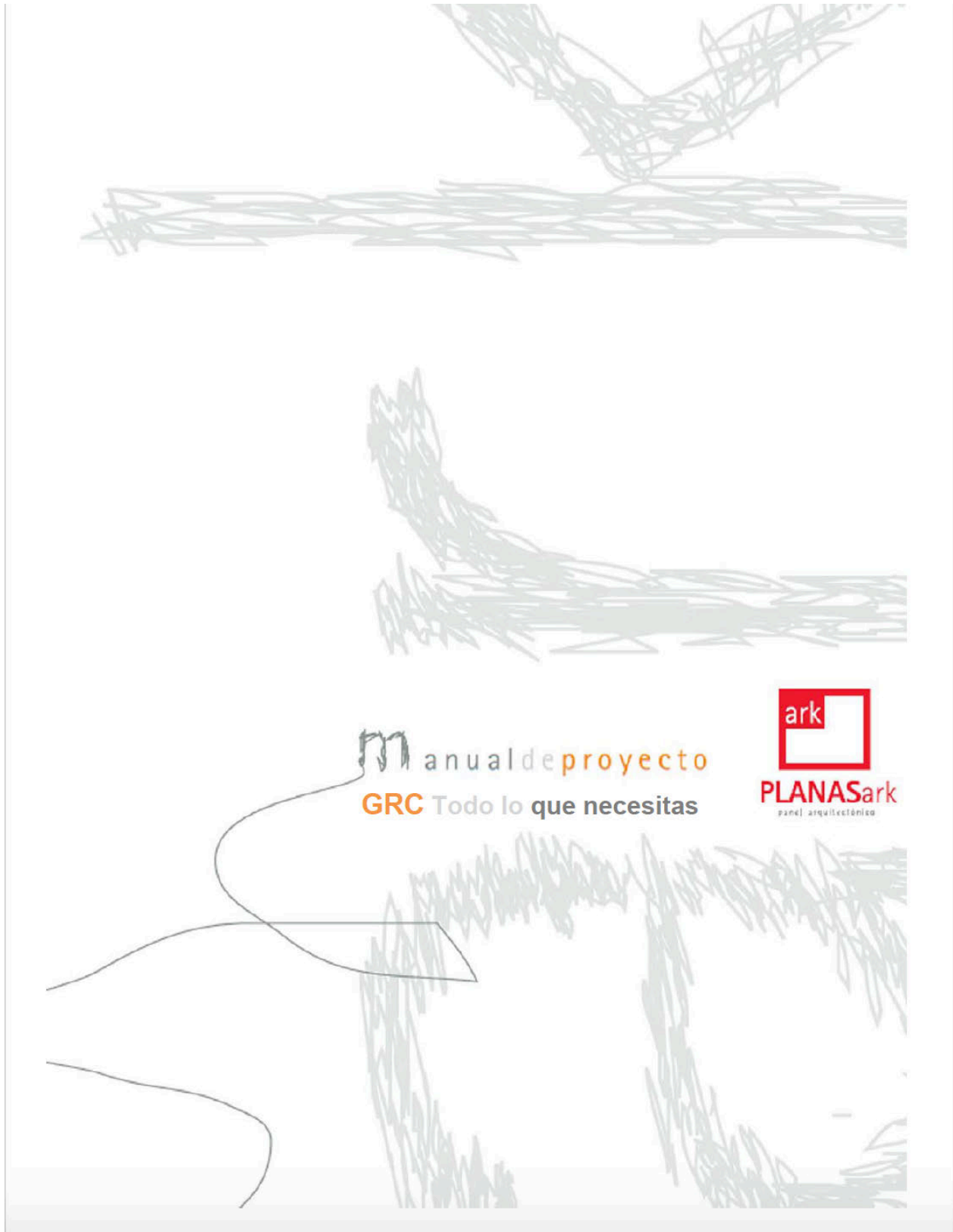
B- Estructura mixta: Eurocódigo 4

C- Estructura de hormigón: Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)

- a. Capítulo 13. Ejecución
- b. Capítulo 14. Bases generales del control.
- c. Capítulo 15. Control de calidad del proyecto.
- d. Capítulo 16. Control de la conformidad de los productos.
- e. Capítulo 17. Control de la ejecución.
- f. Capítulo 18. Mantenimiento.

ANEJO I: TABLAS Y FICHAS TÉCNICAS

I.1. Stud-Frame GRC



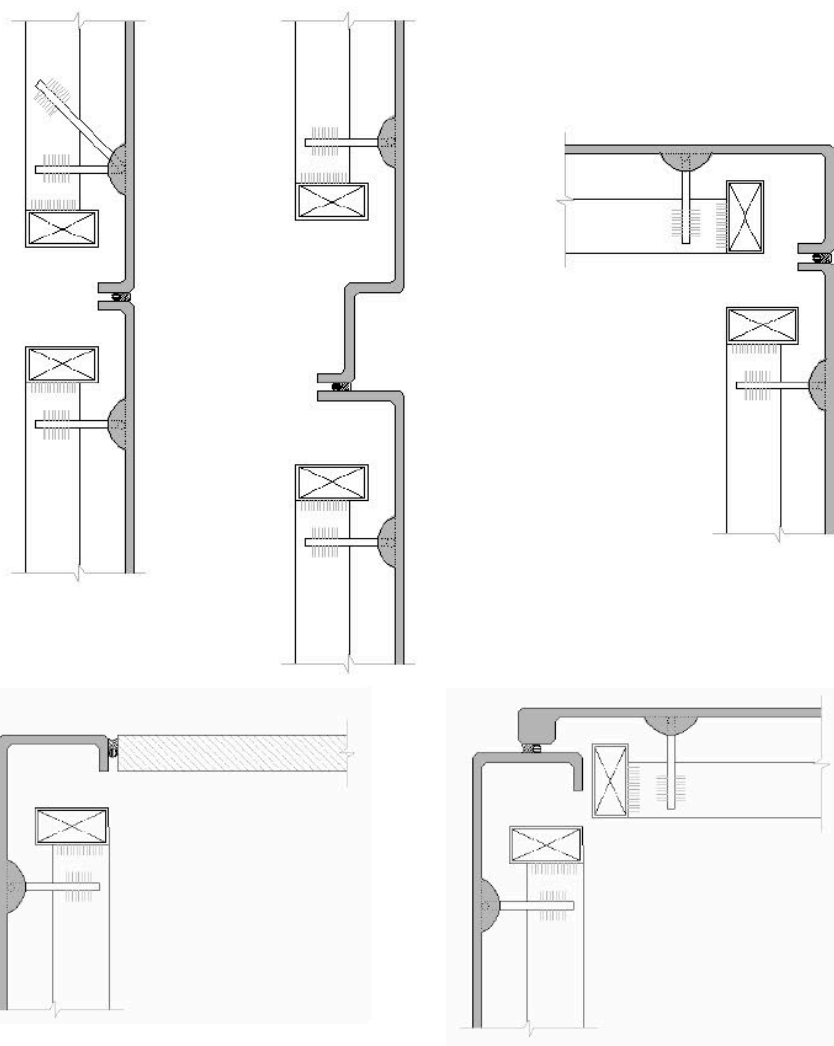


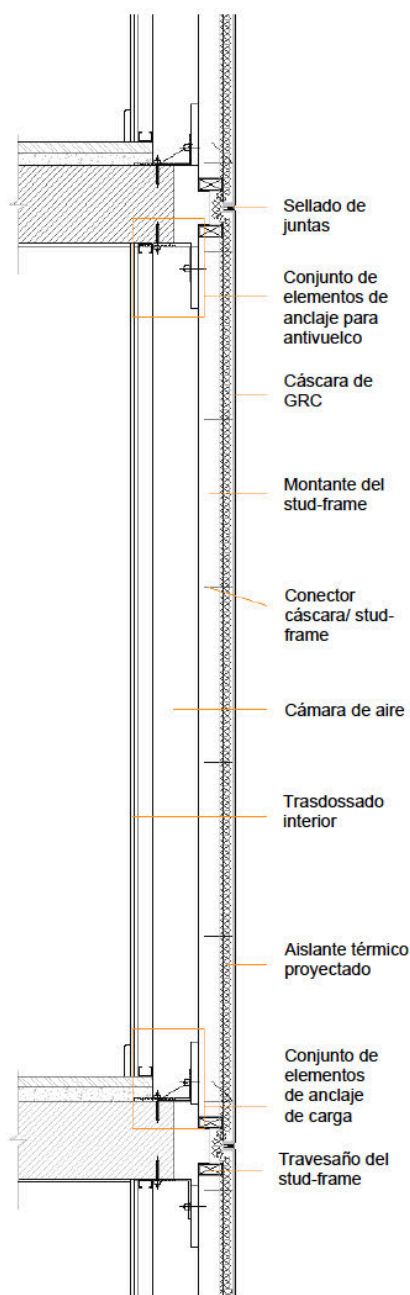
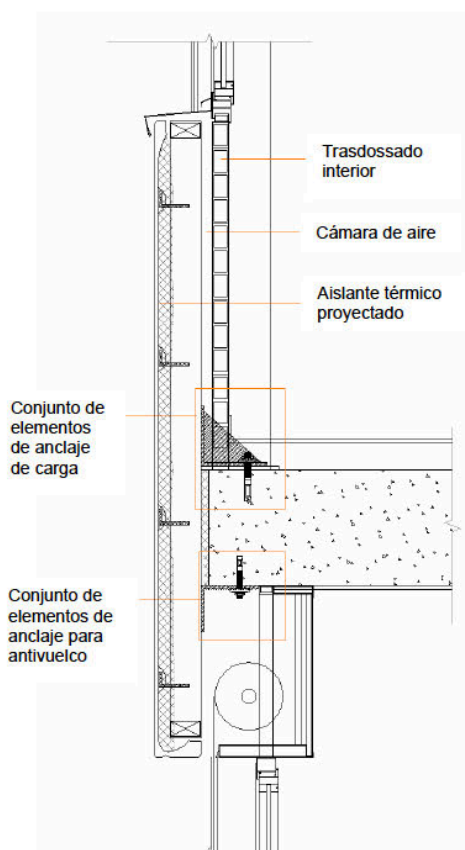
manual de proyecto

Tot el que necessites per al teu projecte - Todo lo que necesitas para tu proyecto

3.2. GRC stud-frame

Son paneles prefabricados autoportantes formados por una cáscara de GRC y un bastidor de acero galvanizado. La cáscara de GRC tiene un espesor mínimo de 10 mm. El bastidor está formado por montantes y travesaños, con una separación máxima entre montantes de 60 cm. La cáscara y el bastidor están unidos por conectores metálicos separados entre ellos 60 cm máximo. Los paneles resultantes tendrán un espesor estándar de 12 cm y unas medidas máximas de 3,19 m x 6,5 m. El espesor del panel puede reducirse, lo que conlleva unas medidas máximas menores porque conlleva el uso de bastidores de menor sección. Su peso varía de 50 a 65 kg/m² según el acabado del panel.



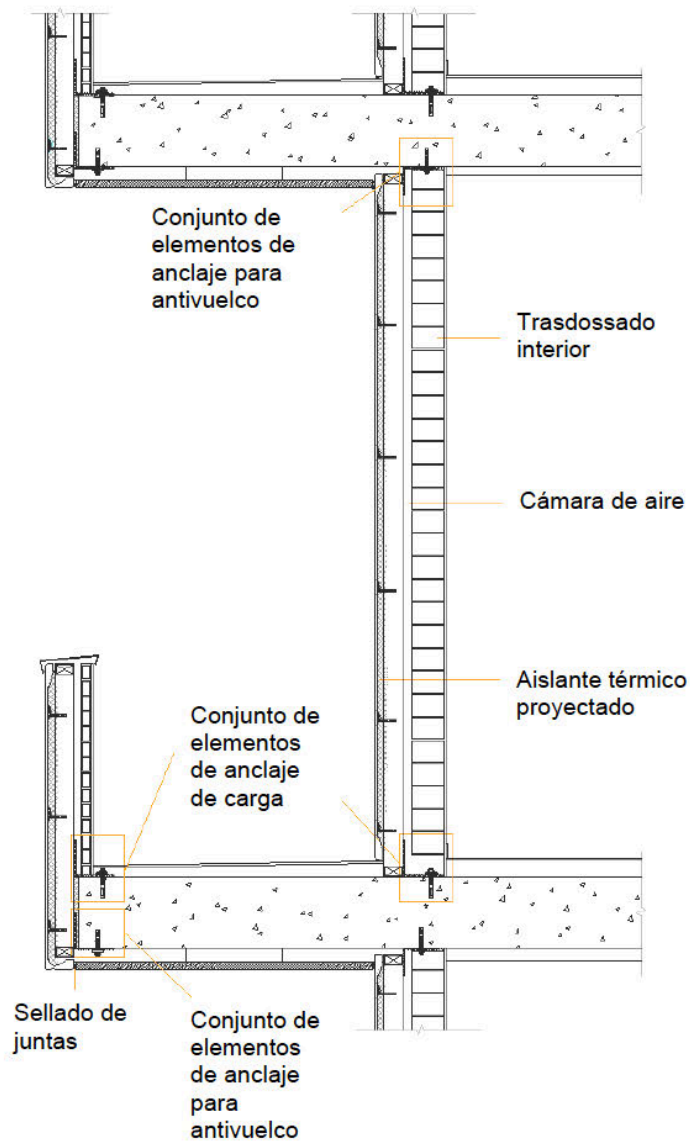


Los paneles están anclados a la estructura del edificio mediante fijaciones metálicas de 2 tipos: los portantes y los estabilizadores. Los primeros transmiten la carga de la fachada a la estructura y los segundos transmiten las cargas horizontales, como por ejemplo el viento, y estabilizan la fachada. Los anclajes son de acero galvanizado.

GRC

Manual de proyecto

Tot el que necessites per al teu projecte - Todo lo que necesitas para tu proyecto

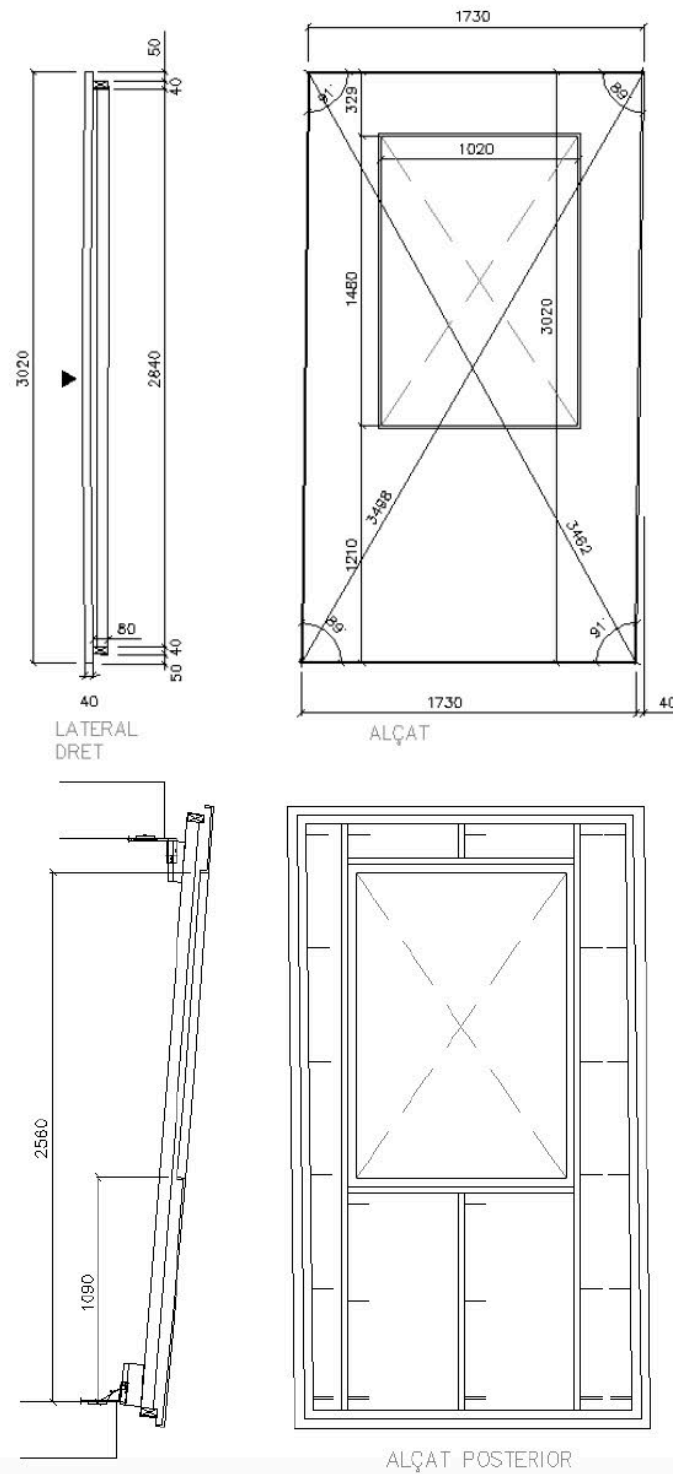


Las juntas entre paneles suelen hacer entre 1 y 2 cm según proyecto. Estas se sellan con materiales como elastómeros de poliuretano o silicona neutra, aplicados encima de un cordón de fondo.

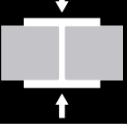
m
GRC

anual de proyecto

Tot el que necessites per al teu projecte - Todo lo que necesitas para tu proyecto



I.2. Pintura intumescente

IPE 	MASIVIDAD				kg/m	m ² /m	m ² /t
	4 CARAS	3 CARAS	2 CARAS	1 CARA			
							
80	430,6	370,4	120,4	60,2	6,0	0,328	54,67
100	389,3	335,9	106,8	53,4	8,1	0,400	49,38
120	359,1	310,6	97,0	48,5	10,4	0,475	45,67
140	335,4	290,9	89,0	44,5	12,9	0,551	42,71
160	309,5	268,7	81,6	40,8	15,8	0,623	39,43
180	292,1	254,0	76,2	38,1	18,8	0,698	37,13
200	269,5	234,4	70,2	35,1	22,4	0,768	34,29
220	253,9	221,0	65,9	32,9	26,2	0,848	32,37
240	235,5	204,9	61,4	30,7	30,7	0,922	30,03
270	226,6	197,2	58,8	29,4	36,1	1,040	28,21
300	215,6	187,7	55,8	27,9	42,2	1,160	27,49
330	199,7	174,1	51,1	25,6	49,1	1,250	25,46
360	185,7	162,3	46,8	23,4	57,1	1,350	23,64
400	174,0	152,7	42,6	21,3	66,3	1,470	22,17
450	163,0	143,7	38,5	19,2	77,6	1,610	20,75
500	150,0	132,8	34,5	17,2	90,7	1,740	19,18
550	140,3	124,6	31,3	15,7	106,0	1,880	17,74
600	129,5	115,4	28,4	14,2	122,0	2,010	16,48



PINTURAS BLATEM, S.L.								
INESFIRE TIX BLANCO 422 HY								
TEMPERATURA DE CÁLCULO: 550 °C								
CAMPO DE APLICACIÓN: VIGAS I y H								
Masividad (m ⁻¹)	Espesor (mm)							
	R 15	R 30	R 45	R 60	R 90	R 120	R 180	R 240
10	0,366*	0,366*	366*	0,622*	1,186*	1,750*	-	-
20	0,366*	0,366*	0,366*	0,622*	1,186*	1,750*	-	-
30	0,366*	0,366*	0,366*	0,622*	1,186*	1,750*	-	-
40	0,366*	0,366*	0,366*	0,622*	1,186*	1,750*	-	-
50	0,366*	0,366*	0,366*	0,622*	1,186*	1,750*	-	-
60	0,366*	0,366*	0,366*	0,622*	1,186*	1,750*	-	-
69	0,366*	0,366*	0,366*	0,622*	1,186*	1,750*	-	-
77	0,366*	0,366*	0,398	0,714	1,347	1,980	-	-
80	0,366*	0,366*	0,424	0,756	1,419	2,082	-	-
90	0,366*	0,366*	0,503	0,881	1,636	2,392	-	-
100	0,366*	0,366*	0,584	1,009	1,859	2,708*	-	-
110	0,366*	0,366*	0,667	1,140	2,087	-	-	-
120	0,366*	0,366*	0,751	1,274	2,320	-	-	-
130	0,366*	0,366*	0,839	1,412	2,560	-	-	-
140	0,366*	0,366*	0,928	1,554	-	-	-	-
150	0,366*	0,366*	1,020	1,700	-	-	-	-
160	0,366*	0,379*	1,114	1,849	-	-	-	-
170	0,366*	0,419	1,211	2,002	-	-	-	-
180	0,366*	0,461	1,310	2,160	-	-	-	-
190	0,366*	0,503	1,413	2,322	-	-	-	-
200	0,366*	0,547	1,518	2,489	-	-	-	-
210	0,366*	0,592	1,626	2,661*	-	-	-	-
220	0,366*	0,638	1,738	-	-	-	-	-
230	0,366*	0,686	1,853	-	-	-	-	-
240	0,366*	0,735	1,971	-	-	-	-	-
250	0,366*	0,786	2,093	-	-	-	-	-
260	0,366*	0,838	2,218	-	-	-	-	-
270	0,366*	0,892	2,348	-	-	-	-	-
280	0,366*	0,947	2,482	-	-	-	-	-
290	0,366*	1,005	2,620	-	-	-	-	-
300	0,366*	1,064	2,763*	-	-	-	-	-
310	0,366*	1,125*	-	-	-	-	-	-
320	0,366*	1,189*	-	-	-	-	-	-
330	0,366*	1,255*	-	-	-	-	-	-

I.3. Forjados alveolares

Forjados alveolares

Los forjados alveolares son forjados contruidos mediante jácenas y placas alveolares. Las placas alveolares constituyen una tipología particular de forjado unidireccional de hormigón con huecos de aligeramiento (alveolos) que PRECAT fabrica con armadura pretensada. El aligeramiento se constituye mediante la realización en el espesor del elemento de unos agujeros longitudinales de dimensiones especiales para crear las almas que con los espesores de intrados y estrados constituyen la sección de hormigón.

Los productos PRECAT se fabrican en una instalación completamente automatizada de última generación, pudiendo combinar dos técnicas de fabricación diferente, el extrusión y el deslizamiento (slipform), en función de la tipología de sección y armado de la placa.

La instalación de PRECAT de placas alveolares es potencialmente la de mayor capacidad de nuestro ámbito de actuación, tanto en capacidad productiva como en amplitud de gamas de cantos, que van desde 16 cm a 83 cm.

La fabricación se realiza en largas plantas metálicas con cantos biselados, lo que combinado con nuestro buen saber hacer, tienen como resultado un excelente acabado liso de la cara inferior; en la cara superior se realiza para el uso de la placa como forjado un acabado rugoso para mejorar la adherencia con la capa de hormigón vertida in situ.

Los forjados alveolares de PRECAT se diseñan en nuestro departamento de Ingeniería estructural y a pesar de que tradicionalmente la armadura activa ha constituido la única armadura de la losa alveolar, en nuestros diseños para cantos elevados se utiliza la armadura de cortante para contribuir a soportar grandes sollicitaciones. PRECAT garantiza un comportamiento ante el fuego de todas sus secciones con un mínimo REI-90, pudiendo alcanzar un mayor REI en determinados proyectos.

El forjado alveolar se completa con la construcción de jácenas prefabricadas de secciones rectangulares, L y T invertida, pretensadas o no, aunque también es posible construir forjados alveolares sobre vigas metálicas, o vigas de hormigón in situ.

Las uniones entre pilar y jácenas pueden ser simplemente apoyadas en cabeza de pilar o en ménsula de hormigón vista u oculta; o bien mediante uniones rígidas atornilladas o mediante la construcción de la unión, utilizando el vertido de hormigón in situ y el empuje de pilares.

JÁCENAS

Curvas de capacidad

Secciones usuales

		A	cm	30	40	50	60	70	80	90	100
RECTANGULAR	A	cm	30	40	50	60	70	80	90	100	
	B	cm	40	50	60	70	80	90	100		
	C	cm	50	60	70	80	90	100			
L	A	cm	40	50	60	70	80	90	100		
	B	cm	25	30	40	50	60	70	80	90	100
	C	cm	15	20	25	30	40	50	60	70	80
I	A	cm	50	60	70	80	90	100			
	B	cm	25	30	40	50	60	70	80	90	100
	C	cm	15	20	25	30	40	50	60	70	80

“PRECAT ofrece gamas de cantos alveolares que van desde 16 cm a 83 cm”

CARACT. MATERIALES CONSTRUCTIVOS

Hormigón RP 50 (f_{ck}=50 N/mm²)

Acero armadura activa: Y1860 S7

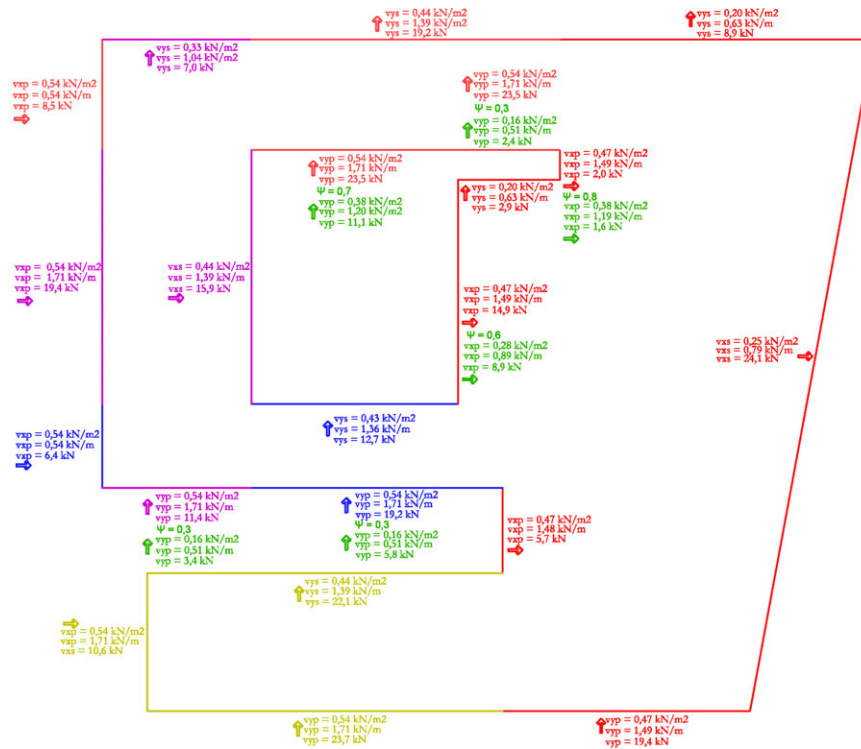
Acero armadura pasiva: B500SD

Comportamiento al fuego: R 120

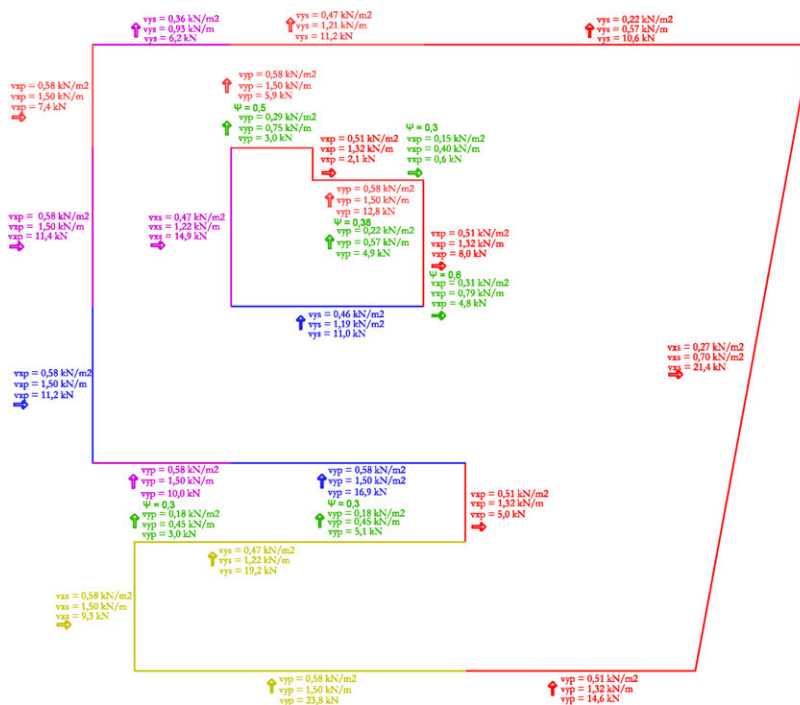


ANEJO II: DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA

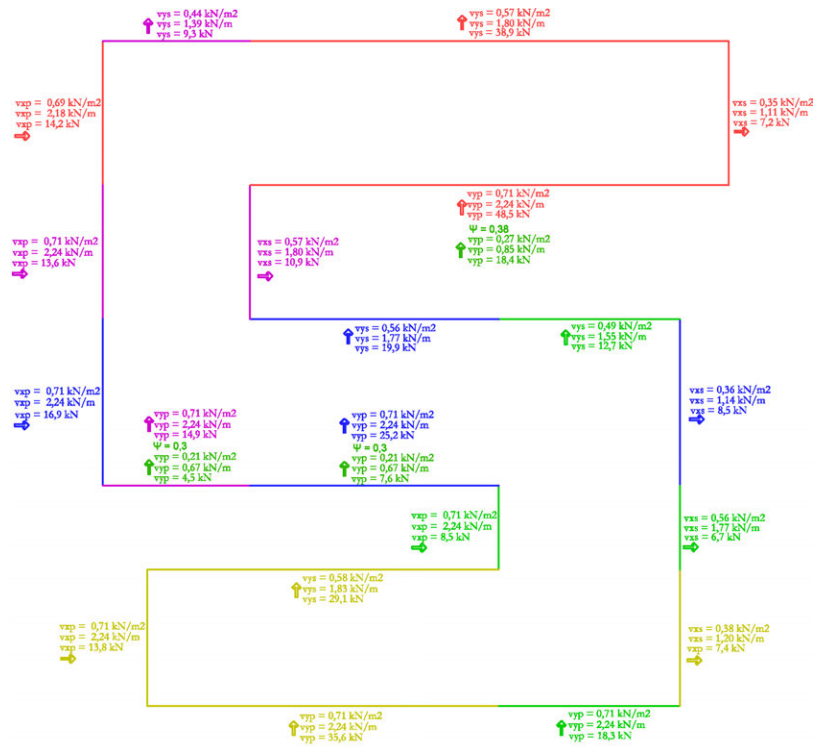
II.1. Combinación de las presiones de viento sobre el modelo real



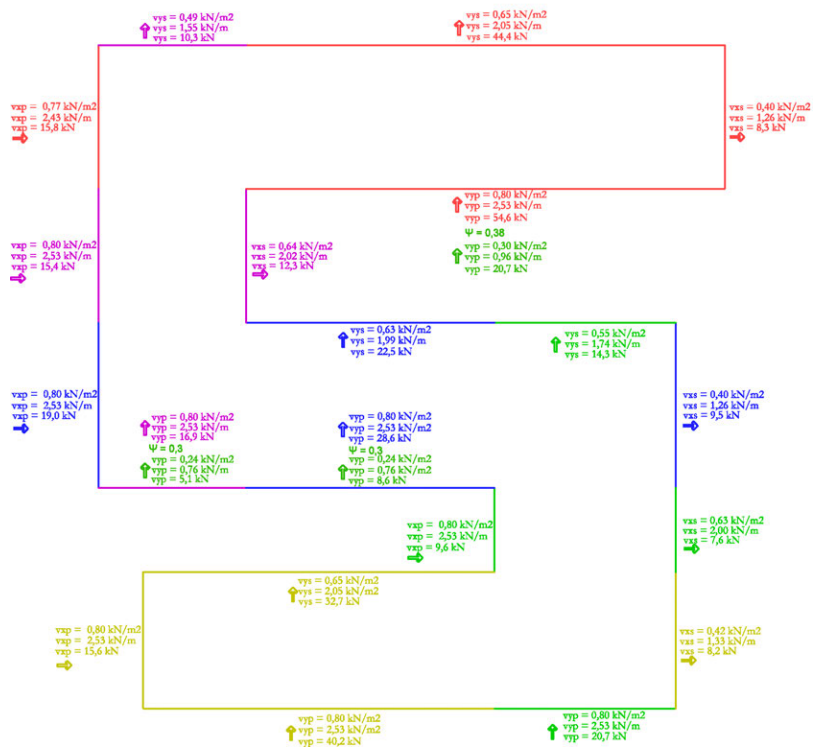
Combinación planta baja (sentido positivo)



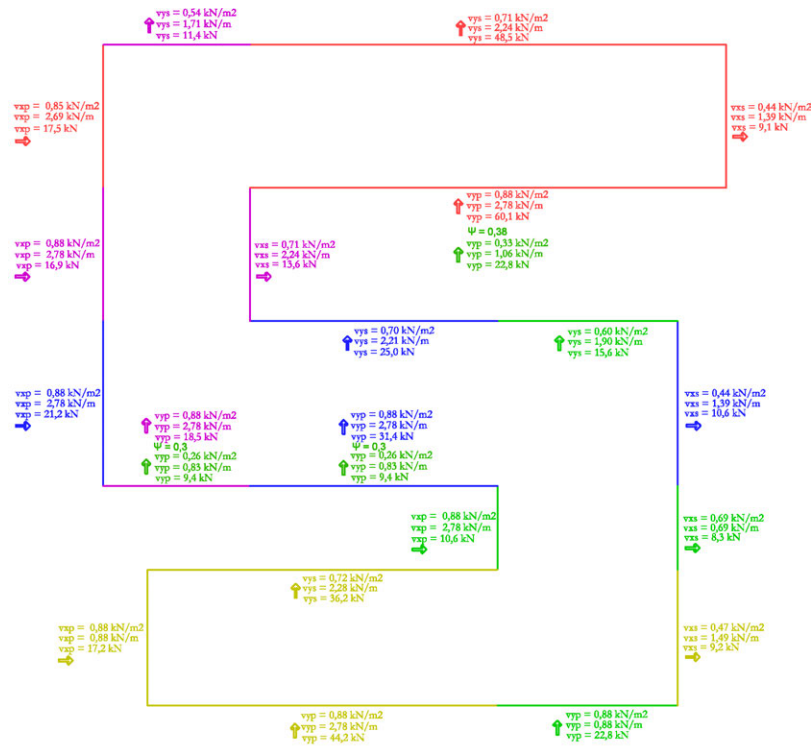
Combinación planta entreplanta (sentido positivo)



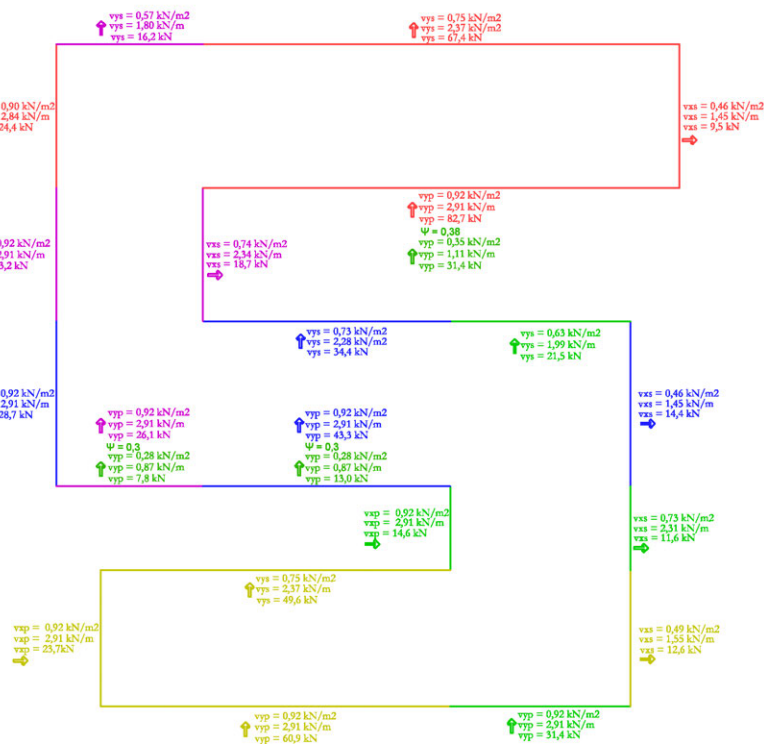
Combinación planta primera (sentido positivo)



Combinación planta segunda (sentido positivo)



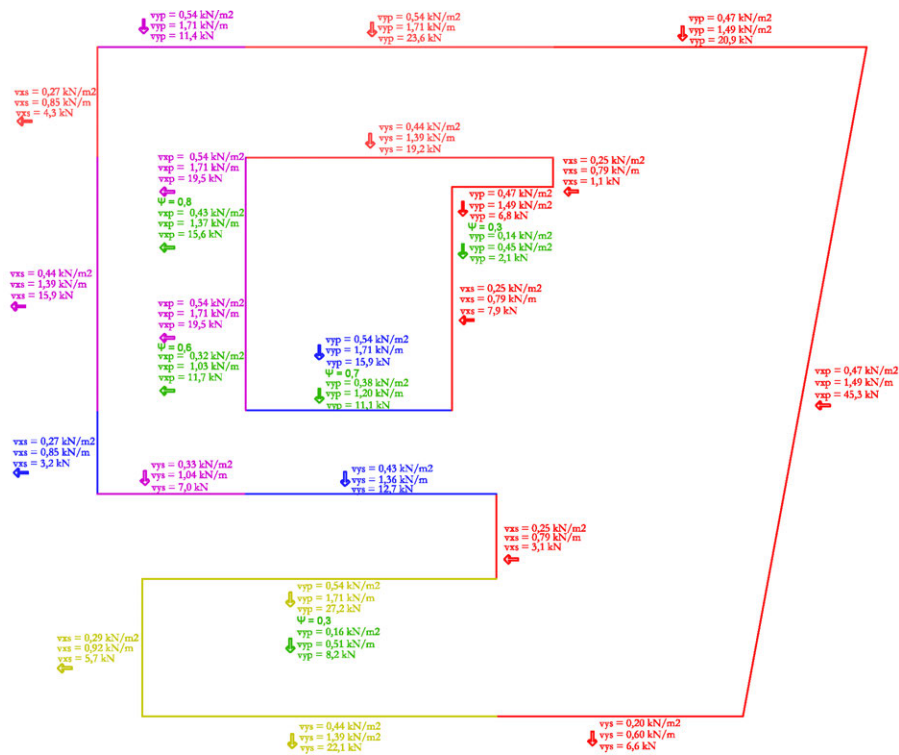
Combinación planta tercera (sentido positivo)



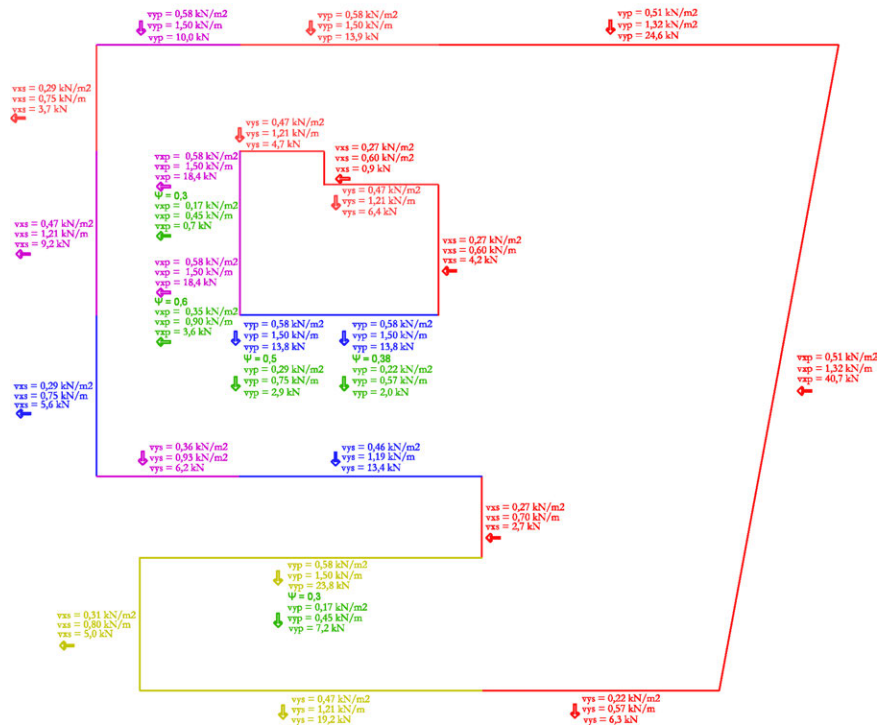
Combinación planta cuarta (sentido positivo)



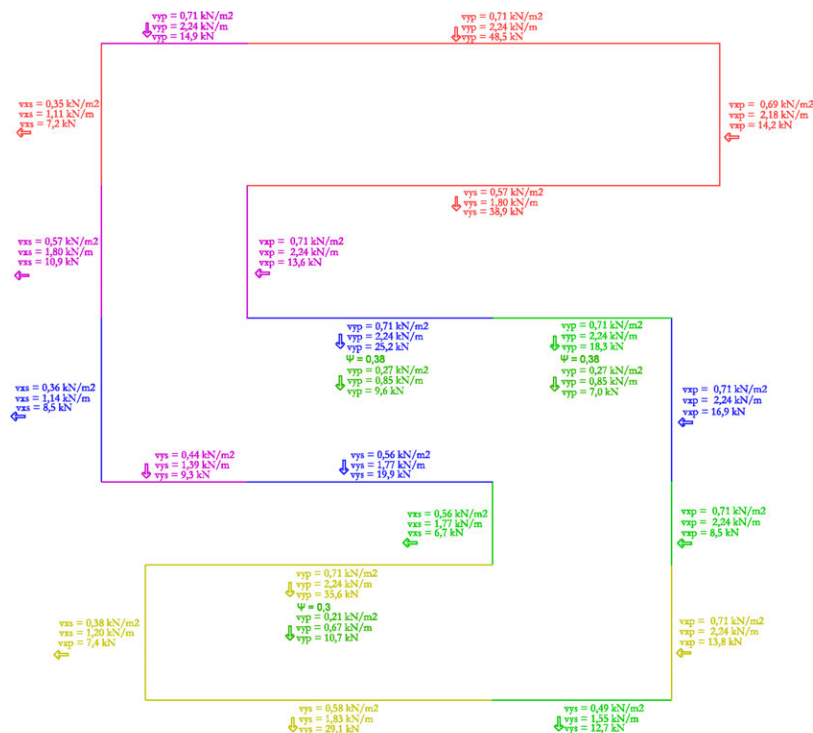
Combinación planta quinta (sentido positivo)



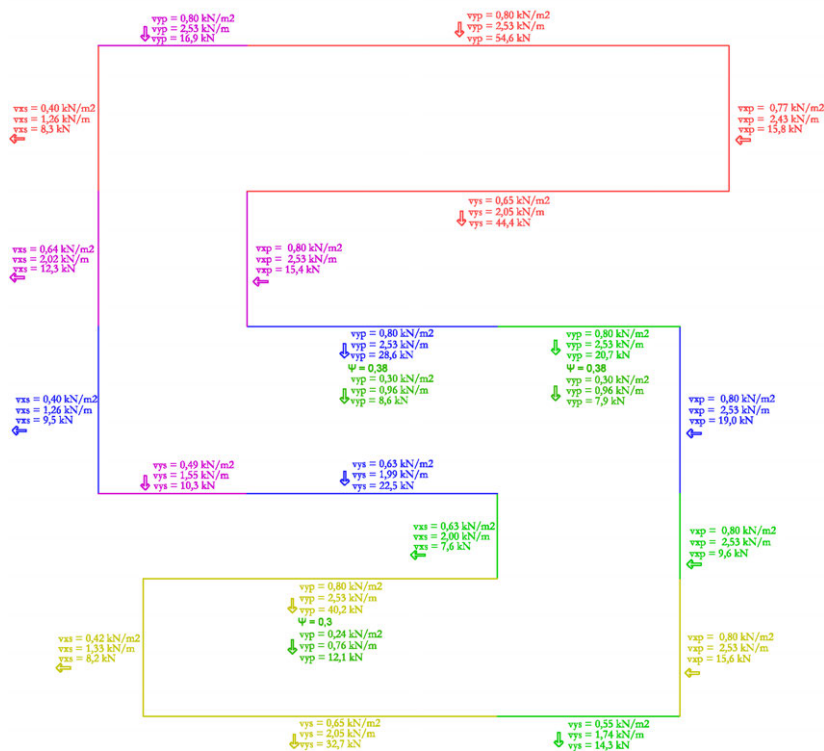
Combinación planta baja (sentido negativo)



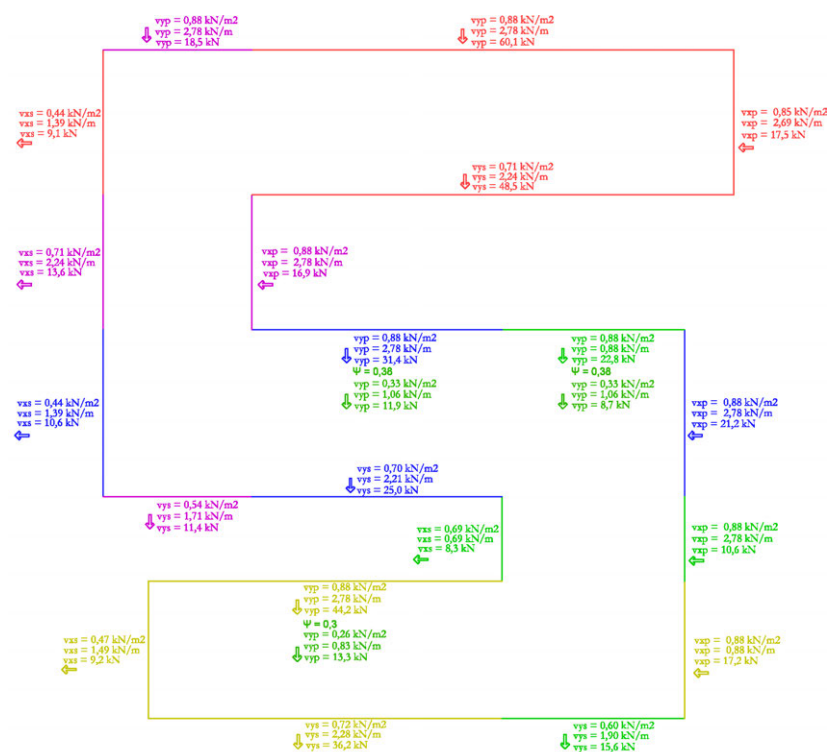
Combinación planta entreplanta (sentido negativo)



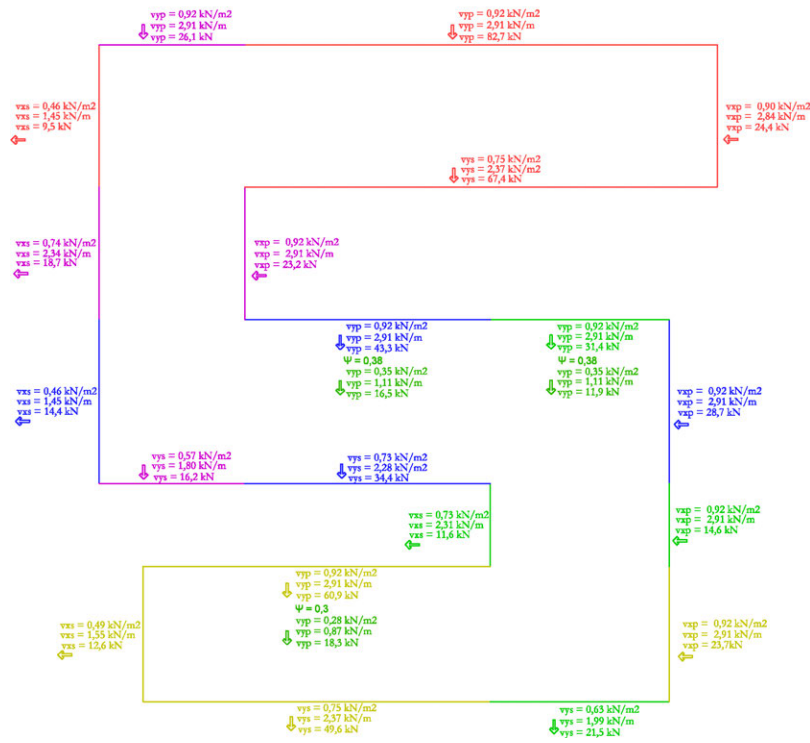
Combinación planta primera (sentido negativo)



Combinación planta segunda (sentido negativo)



Combinación planta tercera (sentido negativo)



Combinación planta cuarta (sentido negativo)



Combinación planta quinta (sentido negativo)



II.2. Verificación de vigas mixtas

Forjado Cubierta													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
1	X-IPE 200	Manual	149,9	44,4	Cumple	162,7	33,4	Cumple	17,7	15,6	2,7	17,3	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	44,2	Cumple	162,7	31,6	Cumple	17,7	15,4	2,7	17,2	Cumple
2	X-IPE 270	Manual	282,4	91,5	Cumple	261,6	68,8	Cumple	17,7	12,0	2,8	13,9	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	88,9	Cumple	261,6	63,5	Cumple	17,7	11,7	2,7	13,4	Cumple
3	X-IPE 330	Manual	430,9	147,8	Cumple	365,6	93,7	Cumple	21,0	12,9	4,2	15,7	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	126,2	Cumple	365,6	61,5	Cumple	21,0	11,0	3,6	13,3	Cumple
4	X-IPE 360	Manual	531,3	194,8	Cumple	425,0	107,3	Cumple	24,2	16,3	5,6	20,0	Cumple
	X-IPE 360	Automático	531,3	167,2	Cumple	425,0	70,9	Cumple	24,2	13,8	4,9	17,0	Cumple
5	X-IPE 220	Manual	185,2	60,1	Cumple	188,8	59,8	Cumple	13,4	8,9	1,9	10,2	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	56,6	Cumple	188,8	29,8	Cumple	13,4	8,4	1,7	9,5	Cumple
6	X-IPE 270	Manual	282,4	61,4	Cumple	261,6	64,5	Cumple	21,7	17,6	4,1	20,2	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	60,1	Cumple	261,6	57,1	Cumple	21,7	17,0	3,9	19,6	Cumple
7	X-IPE 220	Manual	185,2	35,8	Cumple	188,8	37,6	Cumple	21,7	18,4	3,7	20,8	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	83,3	Cumple	314,1	40,9	Cumple	21,7	15,4	4,6	18,4	Cumple
8	X-IPE 300	Manual	353,3	97,7	Cumple	314,1	43,5	Cumple	29,9	21,7	6,0	25,6	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	35,5	Cumple	162,7	34,5	Cumple	29,9	25,2	4,1	27,8	Cumple
9	X-IPE 160	Manual	96,5	34,8	Cumple	115,3	50,1	Cumple	9,3	7,9	1,0	8,6	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	23,2	Cumple	115,3	31,1	Cumple	9,3	5,3	0,7	5,8	Cumple
10	X-IPE 200	Manual	149,9	59,7	Cumple	162,7	75,3	Cumple	10,6	8,3	1,4	9,2	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	73,2	Cumple	188,8	69,6	Cumple	10,6	7,1	1,4	8,0	Cumple

Forjado Quinta													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
11	X-IPE 270	Manual	282,4	99,8	Cumple	261,6	67,1	Cumple	19,8	10,3	5,0	13,7	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	95,1	Cumple	261,6	65,2	Cumple	19,8	9,7	4,7	12,9	Cumple
12	X-IPE 300	Manual	353,3	176,6	Cumple	314,1	118,7	Cumple	19,8	14,2	6,7	18,8	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	169,9	Cumple	314,1	117,4	Cumple	19,8	13,7	6,4	18,1	Cumple
13	X-IPE 300	Manual	353,3	167,5	Cumple	314,1	126,0	Cumple	17,7	10,2	5,7	14,0	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	123,8	Cumple	314,1	48,6	Cumple	17,7	7,3	4,0	10,0	Cumple
14	X-IPE 160	Manual	96,5	40,1	Cumple	115,3	60,8	Cumple	8,8	5,9	1,4	6,9	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	4,5	Cumple	42,0	2	Cumple	8,8	4,8	0,3	5,0	Cumple
15	X-IPE 220	Manual	185,2	90,3	Cumple	188,8	91,2	Cumple	13,2	9,4	3,6	11,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	84,8	Cumple	188,8	45,7	Cumple	13,2	8,8	3,4	11,1	Cumple
16	X-IPE 400	Manual	655,0	312,8	Cumple	509,3	166,8	Cumple	25,0	14,7	9,8	21,5	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	272,9	Cumple	509,3	111,4	Cumple	25,0	12,5	8,6	18,4	Cumple
17	X-IPE 240	Manual	224,0	113,0	Cumple	217,0	102,0	Cumple	14,8	10,7	4,6	13,8	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	105,6	Cumple	217,0	49,6	Cumple	14,8	9,9	4,3	12,9	Cumple
18	X-IPE 270	Manual	282,4	143,9	Cumple	261,6	145,3	Cumple	13,2	7,6	3,4	9,9	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	143,6	Cumple	261,6	75,2	Cumple	13,2	7,5	3,3	9,8	Cumple
19	X-IPE 270	Manual	282,4	160,4	Cumple	261,6	162,0	Cumple	13,2	8,6	3,7	11,2	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	162,2	Cumple	261,6	84,9	Cumple	13,2	8,8	3,8	11,4	Cumple
20	X-IPE 180	Manual	121,8	73,9	Cumple	138,0	111,9	Cumple	8,8	7,4	2,0	8,7	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	0,2	Cumple	42,0	0,3	Cumple	8,8	3,0	0,2	3,1	Cumple
21	X-IPE 140	Manual	75,5	32,9	Cumple	94,2	62,7	Cumple	7,0	5,0	0,9	5,7	Cumple
	X-IPE 120	Automático	56,9	14,8	Cumple	75,0	20,9	Cumple	7,0	3,8	0,5	4,2	Cumple
22	X-IPE 140	Manual	75,5	22,0	Cumple	94,2	21,9	Cumple	13,4	9,3	1,7	10,5	Cumple
	X-IPE 140	Automático	75,5	24,4	Cumple	94,2	24,6	Cumple	13,4	11,0	2,0	12,4	Cumple
23	X-IPE 80	Manual	29,2	5,4	Cumple	42,0	11,7	Cumple	6,2	3,5	0,2	3,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	5,3	Cumple	42,0	11,4	Cumple	6,2	3,2	0,2	3,4	Cumple
24	X-IPE 220	Manual	185,2	71,4	Cumple	188,8	71,0	Cumple	13,4	7,9	2,8	9,8	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	64,6	Cumple	188,8	65,1	Cumple	13,4	7,1	2,5	8,9	Cumple



Forjado Quinta												
Viga			Flexión			Cortante			Flecha			
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm
25	X-IPE 180	Manual	121,8	39,0	Cumple	138,0	38,8	Cumple	13,4	8,4	2,4	10,0
	X-IPE 300	Automático	353,3	209,2	Cumple	314,1	210,7	Cumple	13,4	8,0	4,2	10,9
26	X-IPE 450	Manual	833,8	372,1	Cumple	628,0	198,5	Cumple	25,0	12,2	8,7	18,2
	X-IPE 450	Automático	833,8	375,6	Cumple	628,0	144,3	Cumple	25,0	12,4	8,8	18,5
27	X-IPE 180	Manual	121,8	54,8	Cumple	138,0	78,2	Cumple	9,3	6,0	1,7	7,2
	X-IPE 80	Automático	29,2	1,6	Cumple	42,0	2,2	Cumple	9,3	0,8	0,1	0,8
28	X-IPE 240	Manual	224,0	109,6	Cumple	217,0	110,7	Cumple	13,2	8,3	3,6	10,8
	X-IPE 240	Automático	224,0	103,5	Cumple	217,0	55,6	Cumple	13,2	7,8	3,4	10,2
29	X-IPE 160	Manual	96,5	48,7	Cumple	115,3	73,8	Cumple	8,8	7,2	1,7	8,4
	X-IPE 80	Automático	29,2	1,4	Cumple	42,0	2	Cumple	8,8	0,6	0,0	0,7
30	X-IPE 360	Manual	531,3	283,0	Cumple	425,0	212,4	Cumple	17,8	10,0	5,4	13,7
	X-IPE 360	Automático	531,3	228,3	Cumple	425,0	92,4	Cumple	17,8	7,9	4,4	11,0
31	X-IPE 360	Manual	531,3	333,3	Cumple	425,0	250,6	Cumple	17,7	11,9	6,3	16,3
	X-IPE 400	Automático	655,0	371,4	Cumple	509,3	133,6	Cumple	17,7	9,7	5,5	13,5
32	X-IPE 300	Manual	353,3	156,0	Cumple	314,1	86,0	Cumple	24,2	16,6	8,8	22,6
	X-IPE 300	Automático	353,3	138,7	Cumple	314,1	76,8	Cumple	24,2	13,6	7,2	18,6
33	X-IPE 360	Manual	531,3	257,8	Cumple	425,0	142,0	Cumple	24,2	16,2	8,5	22,1
	X-IPE 360	Automático	531,3	243,3	Cumple	425,0	134,7	Cumple	24,2	15,0	8,0	20,5
34	X-IPE 270	Manual	282,4	109,8	Cumple	261,6	70,4	Cumple	20,8	12,5	6,0	16,5
	X-IPE 270	Automático	282,4	107,7	Cumple	261,6	69,5	Cumple	20,8	12,0	5,7	15,9
35	X-IPE 330	Manual	430,9	194,0	Cumple	365,6	124,3	Cumple	20,8	12,4	6,3	16,7
	X-IPE 330	Automático	430,9	188,5	Cumple	365,6	121,5	Cumple	20,8	11,9	6,1	16,1
36	X-IPE 140	Manual	75,5	29,5	Cumple	94,2	53,6	Cumple	7,3	4,8	0,9	5,0
	X-IPE 80	Automático	29,2	1,5	Cumple	42,0	2,1	Cumple	7,3	0,6	0,0	0,6
37	X-IPE 360	Manual	531,3	311,5	Cumple	425,0	234,2	Cumple	17,7	11,1	5,9	15,1
	X-IPE 360	Automático	531,3	345,1	Cumple	425,0	124,3	Cumple	17,7	12,3	6,5	16,8
38	X-IPE 240	Manual	224,0	88,9	Cumple	217,0	56,3	Cumple	21,0	16,2	6,7	17,6
	X-IPE 240	Automático	224,0	72,2	Cumple	217,0	45,9	Cumple	21,0	12,9	5,3	14,0
39	X-IPE 330	Manual	430,9	198,2	Cumple	365,6	125,6	Cumple	21,0	12,9	6,6	17,4
	X-IPE 330	Automático	430,9	192,9	Cumple	365,6	122,9	Cumple	21,0	12,6	6,4	17,0
40	X-IPE 400	Manual	655,0	340,4	Cumple	509,3	180,8	Cumple	25,1	15,8	10,4	23,0
	X-IPE 400	Automático	655,0	337,2	Cumple	509,3	177,4	Cumple	25,1	15,6	10,3	22,7
41	X-IPE 270	Manual	282,4	151,1	Cumple	261,6	121,4	Cumple	16,6	12,0	5,9	16,1
	X-IPE 270	Automático	282,4	141,3	Cumple	261,6	62,5	Cumple	16,6	11,3	5,6	15,1
42	X-IPE 120	Manual	56,9	20,6	Cumple	75,0	29,7	Cumple	9,3	8,3	1,2	9,1
	X-IPE 120	Automático	56,9	19,1	Cumple	75,0	27,5	Cumple	9,3	7,6	1,1	8,4
43	X-IPE 300	Manual	353,3	181,8	Cumple	314,1	153,8	Cumple	15,8	9,5	4,5	12,6
	X-IPE 300	Automático	353,3	110,1	Cumple	314,1	71,3	Cumple	15,8	5,6	2,8	7,5
44	X-IPE 160	Manual	96,5	35,8	Cumple	115,3	51,6	Cumple	9,3	5,8	1,4	6,8
	X-IPE 80	Automático	29,2	1,5	Cumple	42,0	2,1	Cumple	9,3	0,8	0,0	0,8
45	X-IPE 120	Manual	56,9	17,6	Cumple	75,0	36,2	Cumple	6,5	3,8	0,6	4,2
	X-IPE 80	Automático	29,2	0,7	Cumple	42,0	1,4	Cumple	6,5	0,2	0,0	0,2
46	X-IPE 220	Manual	185,2	62,9	Cumple	188,8	52,9	Cumple	15,9	9,2	3,5	11,6
	X-IPE 300	Automático	353,3	193,5	Cumple	314,1	106,3	Cumple	15,9	10,2	5,4	13,9
47	X-IPE 240	Manual	224,0	100,7	Cumple	217,0	84,6	Cumple	15,9	11,3	4,3	14,3
	X-IPE 240	Automático	224,0	55,4	Cumple	217,0	63,2	Cumple	15,9	6,3	2,4	7,9
48	X-IPE 200	Manual	149,9	45,3	Cumple	162,7	38,0	Cumple	15,9	9,3	3,0	11,3
	X-IPE 200	Automático	149,9	27,7	Cumple	162,7	48,8	Cumple	15,9	5,2	1,7	6,4



Forjado Cuarta													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
49	X-IPE 240	Manual	224,0	90,1	Cumple	217,0	60,6	Cumple	19,8	15,4	5,3	19,5	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	84,9	Cumple	217,0	58,2	Cumple	19,8	14,3	4,9	18,1	Cumple
50	X-IPE 300	Manual	353,3	157,2	Cumple	314,1	105,7	Cumple	19,8	14,2	5,5	18,5	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	139,6	Cumple	314,1	96,5	Cumple	19,8	12,6	4,9	16,4	Cumple
51	X-IPE 300	Manual	353,3	150,2	Cumple	314,1	112,9	Cumple	17,7	10,2	4,7	13,8	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	110,5	Cumple	314,1	43,9	Cumple	17,7	7,3	3,3	9,8	Cumple
52	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	56,0	Cumple	8,8	5,9	1,2	6,8	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,5	Cumple	42,0	3,7	Cumple	8,8	0,5	0,0	0,6	Cumple
53	X-IPE 220	Manual	185,2	92,8	Cumple	188,8	93,8	Cumple	13,2	9,4	3,6	11,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	77,7	Cumple	188,8	43,3	Cumple	13,2	7,8	3,0	9,9	Cumple
54	X-IPE 400	Manual	655,0	291,9	Cumple	509,3	155,7	Cumple	25,0	14,7	8,3	21,1	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	251,5	Cumple	509,3	104	Cumple	25,0	12,2	7,0	17,7	Cumple
55	X-IPE 240	Manual	224,0	104,1	Cumple	217,0	94,0	Cumple	14,8	10,7	3,8	13,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	96,8	Cumple	217,0	47,1	Cumple	14,8	9,8	3,5	12,4	Cumple
56	X-IPE 160	Manual	96,5	36,8	Cumple	115,3	70,0	Cumple	7,0	4,0	0,8	4,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	4,3	Cumple	42,0	8,6	Cumple	7,0	4,1	0,2	4,3	Cumple
57	X-IPE 270	Manual	282,4	128,9	Cumple	261,6	130,2	Cumple	13,2	7,6	2,8	9,8	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	140,1	Cumple	261,6	53,7	Cumple	13,2	8,4	3,1	10,7	Cumple
58	X-IPE 180	Manual	121,8	41,1	Cumple	138,0	40,9	Cumple	13,4	9,3	2,2	11,0	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	39,4	Cumple	138,0	39,7	Cumple	13,4	8,9	2,1	10,5	Cumple
59	X-IPE 220	Manual	185,2	71,6	Cumple	188,8	71,3	Cumple	13,4	8,9	2,6	10,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	66	Cumple	188,8	66,5	Cumple	13,4	8,1	2,3	9,9	Cumple
60	X-IPE 240	Manual	224,0	93,9	Cumple	217,0	93,5	Cumple	13,4	8,4	2,8	10,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	50	Cumple	217,0	50,4	Cumple	13,4	4,4	1,4	5,6	Cumple
61	X-IPE 360	Manual	531,3	256,3	Cumple	425,0	192,7	Cumple	17,7	9,9	4,5	13,5	Cumple
	X-IPE 360	Automático	531,3	273,6	Cumple	425,0	98,7	Cumple	17,7	10,8	4,9	14,7	Cumple
62	X-IPE 180	Manual	121,8	65,8	Cumple	138,0	99,6	Cumple	8,8	7,4	1,7	8,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	0,2	Cumple	42,0	0,3	Cumple	8,8	3,0	0,1	3,1	Cumple
63	X-IPE 240	Manual	224,0	100,9	Cumple	217,0	101,7	Cumple	13,2	8,4	3,0	10,7	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	91,8	Cumple	217,0	49,4	Cumple	13,2	7,6	2,7	9,7	Cumple
64	X-IPE 450	Manual	833,8	346,7	Cumple	628,0	185,1	Cumple	25,0	12,1	7,3	17,9	Cumple
	X-IPE 450	Automático	833,8	295,1	Cumple	628,0	120,4	Cumple	25,0	10,0	6,2	14,8	Cumple
65	X-IPE 300	Manual	353,3	179,1	Cumple	314,1	134,6	Cumple	17,7	12,4	5,6	16,7	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	187,4	Cumple	314,1	71,4	Cumple	17,7	13,1	5,9	17,6	Cumple
66	X-IPE 160	Manual	96,5	44,6	Cumple	115,3	67,6	Cumple	8,8	7,2	1,4	8,3	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,5	Cumple	42,0	3,8	Cumple	8,8	2,8	0,1	2,9	Cumple
67	X-IPE 300	Manual	353,3	134,2	Cumple	314,1	73,9	Cumple	24,2	15,7	6,9	21,0	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	131,3	Cumple	314,1	72,7	Cumple	24,2	15,4	6,7	20,6	Cumple
68	X-IPE 300	Manual	353,3	142,1	Cumple	314,1	100,6	Cumple	18,8	11,6	4,6	15,1	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	225,8	Cumple	365,6	125	Cumple	18,8	13,6	5,6	18,0	Cumple
69	X-IPE 450	Manual	833,8	376,9	Cumple	628,0	207,7	Cumple	24,2	13,2	6,6	18,4	Cumple
	X-IPE 450	Automático	833,8	396,2	Cumple	628,0	178,5	Cumple	24,2	13,9	6,9	19,4	Cumple
70	X-IPE 270	Manual	282,4	118,3	Cumple	261,6	73,5	Cumple	21,5	12,9	7,2	18,0	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	229,4	Cumple	365,6	99,8	Cumple	21,5	13,2	9,3	19,8	Cumple
71	X-IPE 330	Manual	430,9	209,3	Cumple	365,6	130,0	Cumple	21,5	12,8	7,6	18,1	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	192,6	Cumple	365,6	120,4	Cumple	21,5	11,7	7,0	16,6	Cumple
72	X-IPE 400	Manual	655,0	357,7	Cumple	509,3	197,1	Cumple	24,2	14,0	11,0	21,8	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	305,4	Cumple	509,3	128,2	Cumple	24,2	11,6	9,4	18,3	Cumple
73	X-IPE 270	Manual	282,4	149,4	Cumple	261,6	114,1	Cumple	17,5	12,2	6,2	16,6	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	136,6	Cumple	261,6	105,1	Cumple	17,5	11,0	5,6	15,0	Cumple
74	X-IPE 400	Manual	655,0	347,3	Cumple	509,3	177,4	Cumple	26,1	15,4	12,2	24,0	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	288,3	Cumple	509,3	146,2	Cumple	26,1	12,4	10,2	19,6	Cumple
75	X-IPE 220	Manual	185,2	59,0	Cumple	188,8	45,0	Cumple	17,5	10,0	4,4	13,1	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	56,6	Cumple	188,8	42,7	Cumple	17,5	9,5	4,2	12,4	Cumple
76	X-IPE 270	Manual	282,4	120,2	Cumple	261,6	74,7	Cumple	21,5	14,8	8,3	20,7	Cumple
	X-IPE 360	Automático	531,3	288,5	Cumple	425,0	172,1	Cumple	21,5	12,8	9,5	19,6	Cumple
77	X-IPE 120	Manual	56,9	22,5	Cumple	75,0	40,0	Cumple	7,5	6,8	0,9	7,4	Cumple
	X-IPE 120	Automático	56,9	21,8	Cumple	75,0	38,4	Cumple	7,5	6,6	0,9	7,2	Cumple
78	X-IPE 100	Manual	41,5	9,3	Cumple	57,7	16,5	Cumple	7,5	5,2	0,5	5,6	Cumple



Forjado Cuarta													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
	X-IPE 100	Automático	41,5	10,8	Cumple	57,7	18,9	Cumple	7,5	5,8	0,6	6,2	Cumple
79	X-IPE 360	Manual	531,3	306,6	Cumple	425,0	214,1	Cumple	19,1	12,5	6,6	17,1	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	110,7	Cumple	261,6	71,3	Cumple	19,1	12,0	5,1	15,4	Cumple
80	X-IPE 270	Manual	282,4	142,7	Cumple	261,6	120,7	Cumple	15,8	10,0	5,0	13,4	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	36,8	Cumple	138,0	32,1	Cumple	15,8	9,7	2,7	11,5	Cumple
81	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	35,8	Cumple	13,8	11,7	2,7	13,6	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	34,2	Cumple	115,3	33,5	Cumple	13,8	11,1	2,6	12,9	Cumple
82	X-IPE 120	Manual	56,9	20,6	Cumple	75,0	29,7	Cumple	9,3	8,3	1,2	9,1	Cumple
	X-IPE 120	Automático	56,9	19,1	Cumple	75,0	27,5	Cumple	9,3	8,0	1,1	8,7	Cumple
83	X-IPE 330	Manual	430,9	198,2	Cumple	365,6	125,6	Cumple	21,0	12,9	6,6	17,4	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	192,9	Cumple	365,6	122,9	Cumple	21,0	12,4	6,4	16,8	Cumple
84	X-IPE 240	Manual	224,0	95,4	Cumple	217,0	60,5	Cumple	21,0	16,2	6,7	20,8	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	109,9	Cumple	261,6	70,1	Cumple	21,0	12,8	6,1	17,0	Cumple
85	X-IPE 140	Manual	75,5	30,3	Cumple	94,2	55,1	Cumple	7,3	4,8	0,9	5,4	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,8	Cumple	42,0	3,9	Cumple	7,3	1,6	0,1	1,7	Cumple
86	X-IPE 300	Manual	353,3	176,4	Cumple	314,1	132,6	Cumple	17,7	10,8	6,0	14,9	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	184,5	Cumple	314,1	70,4	Cumple	17,7	11,3	6,2	15,6	Cumple
87	X-IPE 80	Manual	29,2	5,4	Cumple	42,0	11,7	Cumple	6,2	3,5	0,2	3,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	4,8	Cumple	42,0	10,4	Cumple	6,2	2,9	0,2	3,1	Cumple

Forjado Tercera													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
88	X-IPE 240	Manual	224,0	90,1	Cumple	217,0	60,6	Cumple	19,8	15,4	5,3	19,5	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	84,9	Cumple	217,0	58,2	Cumple	19,8	14,3	4,9	18,1	Cumple
89	X-IPE 300	Manual	353,3	157,2	Cumple	314,1	105,7	Cumple	19,8	14,2	5,5	18,5	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	139,6	Cumple	314,1	96,5	Cumple	19,8	12,6	4,9	16,4	Cumple
90	X-IPE 300	Manual	353,3	150,2	Cumple	314,1	112,9	Cumple	17,7	10,2	4,7	13,8	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	110,5	Cumple	314,1	43,9	Cumple	17,7	7,3	3,3	9,8	Cumple
91	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	56,0	Cumple	8,8	5,9	1,2	6,8	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,5	Cumple	42,0	3,8	Cumple	8,8	0,5	0,0	0,6	Cumple
92	X-IPE 220	Manual	185,2	92,8	Cumple	188,8	93,8	Cumple	13,2	9,4	3,6	11,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	77,7	Cumple	188,8	43,3	Cumple	13,2	7,8	3,0	9,9	Cumple
93	X-IPE 400	Manual	655,0	291,9	Cumple	509,3	155,7	Cumple	25,0	14,7	8,3	21,1	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	251,5	Cumple	509,3	103,9	Cumple	25,0	12,2	7,0	17,7	Cumple
94	X-IPE 240	Manual	224,0	104,1	Cumple	217,0	94,0	Cumple	14,8	10,7	3,8	13,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	96,8	Cumple	217,0	47,1	Cumple	14,8	9,8	3,5	12,4	Cumple
95	X-IPE 160	Manual	96,5	36,8	Cumple	115,3	70,0	Cumple	7,0	4,0	0,8	4,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	4,3	Cumple	42,0	8,6	Cumple	7,0	4,1	0,2	4,3	Cumple
96	X-IPE 270	Manual	282,4	128,9	Cumple	261,6	130,2	Cumple	13,2	7,6	2,8	9,8	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	140,1	Cumple	261,6	53,7	Cumple	13,2	8,4	3,1	10,7	Cumple
97	X-IPE 180	Manual	121,8	41,1	Cumple	138,0	40,9	Cumple	13,4	9,3	2,2	9,8	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	39,4	Cumple	138,0	39,7	Cumple	13,4	8,9	2,1	10,7	Cumple
98	X-IPE 220	Manual	185,2	71,6	Cumple	188,8	71,3	Cumple	13,4	8,9	2,6	10,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	66	Cumple	188,8	66,5	Cumple	13,4	8,2	2,4	10,1	Cumple
99	X-IPE 240	Manual	224,0	93,9	Cumple	217,0	93,5	Cumple	13,4	8,4	2,8	10,6	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	245,9	Cumple	365,6	89,9	Cumple	13,4	7,6	3,3	10,2	Cumple
100	X-IPE 80	Manual	29,2	5,4	Cumple	42,0	11,7	Cumple	6,2	3,5	0,2	3,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	5,7	Cumple	42,0	10,4	Cumple	6,2	3,7	0,2	3,9	Cumple
101	X-IPE 300	Manual	353,3	149,7	Cumple	314,1	112,6	Cumple	17,7	9,6	4,7	12,8	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	141,1	Cumple	314,1	66,6	Cumple	17,7	9,1	4,4	12,1	Cumple
102	X-IPE 160	Manual	96,5	36,9	Cumple	115,3	55,9	Cumple	8,8	5,6	1,3	6,5	Cumple
	X-IPE 100	Automático	41,5	9,8	Cumple	57,7	14,8	Cumple	8,8	7,8	0,7	8,3	Cumple
103	X-IPE 160	Manual	96,5	29,0	Cumple	115,3	29,2	Cumple	13,2	8,2	1,9	9,5	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	28,1	Cumple	115,3	28,3	Cumple	13,2	7,7	1,8	8,9	Cumple
104	X-IPE 270	Manual	282,4	103,3	Cumple	261,6	55,2	Cumple	25,0	15,7	7,3	20,7	Cumple



Forjado Tercera													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
	X-IPE 270	Automático	282,4	101,4	Cumple	261,6	54,4	Cumple	25,0	14,7	6,8	19,4	Cumple
105.1	X-IPE 400	Manual	655,0	243,8	Cumple	509,3	85,9	Cumple	37,8	20,9	13,4	30,0	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	243,9	Cumple	509,3	85,3	Cumple	37,8	22,2	14,2	31,9	Cumple
105.2	X-IPE 300	Manual	353,3	125,1	Cumple	314,1	61,5	Cumple	27,1	15,0	7,8	20,3	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	123,4	Cumple	314,1	60,1	Cumple	27,1	14,1	7,3	19,1	Cumple
106	X-IPE 200	Manual	149,9	50,2	Cumple	162,7	27,6	Cumple	24,2	17,0	5,3	20,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	88,6	Cumple	217,0	57,4	Cumple	24,2	17,1	6,9	21,8	Cumple
111	X-IPE 400	Manual	655,0	293,4	Cumple	509,3	161,7	Cumple	24,2	14,0	7,8	20,1	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	346,1	Cumple	509,3	128,8	Cumple	24,2	16,8	9,2	24,0	Cumple
113	X-IPE 270	Manual	282,4	97,6	Cumple	261,6	60,6	Cumple	21,5	12,9	5,1	16,8	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	93,1	Cumple	261,6	58,2	Cumple	21,5	12,4	4,9	16,1	Cumple
114	X-IPE 330	Manual	430,9	167,9	Cumple	365,6	104,3	Cumple	21,5	12,8	5,4	16,9	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	153,3	Cumple	365,6	95,8	Cumple	21,5	11,7	4,9	15,5	Cumple
115	X-IPE 270	Manual	282,4	119,9	Cumple	261,6	91,5	Cumple	17,5	12,2	4,4	15,6	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	108,6	Cumple	261,6	83,5	Cumple	17,5	11,0	3,9	14,1	Cumple
116	X-IPE 400	Manual	655,0	284,4	Cumple	509,3	145,3	Cumple	26,1	15,4	8,7	22,1	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	242,5	Cumple	509,3	123,1	Cumple	26,1	12,4	7,2	18,0	Cumple
117	X-IPE 200	Manual	149,9	47,3	Cumple	162,7	36,1	Cumple	17,5	14,4	3,8	17,3	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	44,9	Cumple	162,7	33,9	Cumple	17,5	13,7	3,6	16,5	Cumple
118	X-IPE 270	Manual	282,4	120,2	Cumple	261,6	74,7	Cumple	21,5	14,8	8,3	20,7	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	195,9	Cumple	365,6	87,4	Cumple	21,5	11,8	8,3	17,7	Cumple
119	X-IPE 120	Manual	56,9	22,5	Cumple	75,0	40,0	Cumple	7,5	6,8	0,9	7,4	Cumple
	X-IPE 120	Automático	56,9	21,8	Cumple	75,0	38,4	Cumple	7,5	6,6	0,9	7,2	Cumple
120	X-IPE 100	Manual	41,5	9,3	Cumple	57,7	16,5	Cumple	7,5	5,2	0,5	5,6	Cumple
	X-IPE 100	Automático	41,5	10,8	Cumple	57,7	18,9	Cumple	7,5	5,8	0,6	6,2	Cumple
121	X-IPE 360	Manual	531,3	306,6	Cumple	425,0	214,1	Cumple	19,1	12,5	6,6	17,1	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	110,7	Cumple	261,6	71,3	Cumple	19,1	12,0	5,1	15,4	Cumple
122	X-IPE 270	Manual	282,4	142,7	Cumple	261,6	120,7	Cumple	15,8	10,0	5,0	13,4	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	40,3	Cumple	138,0	35,2	Cumple	15,8	11,0	3,1	13,1	Cumple
123	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	35,8	Cumple	13,8	11,7	2,7	13,6	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	34,2	Cumple	115,3	33,5	Cumple	13,8	11,1	2,6	12,9	Cumple
124	X-IPE 120	Manual	56,9	20,6	Cumple	75,0	29,7	Cumple	9,3	8,3	1,2	9,1	Cumple
	X-IPE 120	Automático	56,9	19,3	Cumple	75,0	27,7	Cumple	9,3	8,0	1,1	8,7	Cumple
125	X-IPE 330	Manual	430,9	198,2	Cumple	365,6	125,6	Cumple	21,0	12,9	6,6	17,4	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	191,3	Cumple	365,6	121,9	Cumple	21,0	12,4	6,4	16,8	Cumple
126	X-IPE 240	Manual	224,0	95,4	Cumple	217,0	60,5	Cumple	21,0	16,2	6,7	20,8	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	109,4	Cumple	261,6	69,7	Cumple	21,0	12,8	6,1	17,0	Cumple
127	X-IPE 140	Manual	75,5	30,3	Cumple	94,2	55,1	Cumple	7,3	4,8	0,9	5,4	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,9	Cumple	42,0	4,1	Cumple	7,3	1,6	0,1	1,7	Cumple
128	X-IPE 300	Manual	353,3	176,4	Cumple	314,1	132,6	Cumple	17,7	10,8	6,0	14,9	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	182,2	Cumple	314,1	69,2	Cumple	17,7	11,1	6,1	15,3	Cumple



Forjado Segunda													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
129	X-IPE 240	Manual	224,0	90,1	Cumple	217,0	60,6	Cumple	19,8	15,4	5,3	19,5	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	84,9	Cumple	217,0	58,2	Cumple	19,8	14,3	4,9	18,1	Cumple
130	X-IPE 300	Manual	353,3	157,2	Cumple	314,1	105,7	Cumple	19,8	14,2	5,5	18,5	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	139,6	Cumple	314,1	96,6	Cumple	19,8	12,3	4,8	16,0	Cumple
131	X-IPE 300	Manual	353,3	150,2	Cumple	314,1	112,9	Cumple	17,7	10,2	4,7	13,8	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	110,5	Cumple	314,1	43,9	Cumple	17,7	7,3	3,3	9,8	Cumple
132	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	56,0	Cumple	8,8	5,9	1,2	6,8	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,5	Cumple	42,0	3,8	Cumple	8,8	0,5	0,0	0,6	Cumple
133	X-IPE 220	Manual	185,2	92,8	Cumple	188,8	93,8	Cumple	13,2	9,4	3,6	11,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	77,7	Cumple	188,8	43,3	Cumple	13,2	7,8	3,0	9,9	Cumple
134	X-IPE 400	Manual	655,0	291,9	Cumple	509,3	155,7	Cumple	25,0	14,7	8,3	21,1	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	251,5	Cumple	509,3	103,9	Cumple	25,0	12,2	7,0	17,7	Cumple
135	X-IPE 240	Manual	224,0	104,1	Cumple	217,0	94,0	Cumple	14,8	10,7	3,8	13,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	96,8	Cumple	217,0	47,1	Cumple	14,8	9,8	3,5	12,4	Cumple
136	X-IPE 160	Manual	96,5	36,8	Cumple	115,3	70,0	Cumple	7,0	4,0	0,8	4,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	4,3	Cumple	42,0	8,6	Cumple	7,0	4,1	0,2	4,3	Cumple
137	X-IPE 270	Manual	282,4	128,9	Cumple	261,6	130,2	Cumple	13,2	7,6	2,8	9,8	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	140,1	Cumple	261,6	53,7	Cumple	13,2	8,4	3,1	10,7	Cumple
138	X-IPE 180	Manual	121,8	41,1	Cumple	138,0	40,9	Cumple	13,4	9,3	2,2	11,0	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	39,4	Cumple	138,0	39,7	Cumple	13,4	8,9	2,1	10,5	Cumple
139	X-IPE 220	Manual	185,2	71,6	Cumple	188,8	71,3	Cumple	13,4	8,9	2,6	10,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	66	Cumple	188,8	66,5	Cumple	13,4	8,2	2,4	10,1	Cumple
140	X-IPE 240	Manual	224,0	93,9	Cumple	217,0	93,5	Cumple	13,4	8,4	2,8	10,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	49,9	Cumple	217,0	50,4	Cumple	13,4	4,2	1,4	5,2	Cumple
141	X-IPE 80	Manual	29,2	5,4	Cumple	42,0	11,7	Cumple	6,2	3,5	0,2	3,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	4,8	Cumple	42,0	10,4	Cumple	6,2	2,7	0,2	2,8	Cumple
142	X-IPE 360	Manual	531,3	282,0	Cumple	425,0	212,0	Cumple	17,7	9,9	5,3	13,6	Cumple
	X-IPE 360	Automático	531,3	297,1	Cumple	425,0	107,1	Cumple	17,7	10,6	5,7	14,6	Cumple
143	X-IPE 180	Manual	121,8	73,9	Cumple	138,0	111,9	Cumple	8,8	7,4	2,0	8,7	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	0,2	Cumple	42,0	0,3	Cumple	8,8	3,0	0,2	3,1	Cumple
144.1	X-IPE 450	Manual	833,8	380,4	Cumple	628,0	203,1	Cumple	25,0	12,1	8,7	18,1	Cumple
	X-IPE 450	Automático	833,8	348,5	Cumple	628,0	143,9	Cumple	25,0	10,9	7,9	16,3	Cumple
144.2	X-IPE 240	Manual	224,0	112,7	Cumple	217,0	113,5	Cumple	13,2	8,4	3,6	10,9	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	109,2	Cumple	217,0	61,3	Cumple	13,2	8,2	3,5	10,6	Cumple
145	X-IPE 300	Manual	353,3	198,8	Cumple	314,1	149,5	Cumple	17,7	12,4	6,7	17,0	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	212,4	Cumple	365,6	80,9	Cumple	17,7	9,6	5,7	13,6	Cumple
146	X-IPE 160	Manual	96,5	49,8	Cumple	115,3	75,5	Cumple	8,8	7,2	1,7	8,4	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,8	Cumple	42,0	4,3	Cumple	8,8	0,6	0,0	0,7	Cumple
147	X-IPE 300	Manual	353,3	148,6	Cumple	314,1	81,9	Cumple	24,2	15,7	8,3	21,4	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	146,5	Cumple	314,1	81,1	Cumple	24,2	15,1	8,0	20,6	Cumple
148	X-IPE 360	Manual	531,3	258,6	Cumple	425,0	142,5	Cumple	24,2	16,3	8,6	22,1	Cumple
	X-IPE 360	Automático	531,3	256,1	Cumple	425,0	141,7	Cumple	24,2	16,0	8,4	21,7	Cumple
149	X-IPE 450	Manual	833,8	414,1	Cumple	628,0	228,1	Cumple	24,2	13,2	7,7	18,6	Cumple
	X-IPE 450	Automático	833,8	381,5	Cumple	628,0	174,2	Cumple	24,2	12,2	7,2	17,2	Cumple
150	X-IPE 270	Manual	282,4	107,9	Cumple	261,6	67,0	Cumple	21,5	12,9	6,1	17,1	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	94,5	Cumple	261,6	59,1	Cumple	21,5	11,3	5,4	15,0	Cumple
151	X-IPE 330	Manual	430,9	188,6	Cumple	365,6	117,1	Cumple	21,5	12,8	6,5	17,2	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	173,9	Cumple	365,6	108,6	Cumple	21,5	11,7	6,0	15,8	Cumple
152	X-IPE 400	Manual	655,0	323,2	Cumple	509,3	178,1	Cumple	24,2	14,0	9,3	20,4	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	285,7	Cumple	509,3	121,3	Cumple	24,2	11,8	8,1	17,4	Cumple
154	X-IPE 360	Manual	531,3	220,6	Cumple	425,0	112,7	Cumple	26,1	14,4	9,2	20,7	Cumple
	X-IPE 360	Automático	531,3	196,9	Cumple	425,0	146,4	Cumple	26,1	12,7	8,1	18,3	Cumple
155	X-IPE 200	Manual	149,9	63,4	Cumple	162,7	72,9	Cumple	11,6	7,1	2,2	8,6	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	47,9	Cumple	162,7	56,3	Cumple	11,6	5,0	1,6	6,1	Cumple
156	X-IPE 180	Manual	121,8	26,6	Cumple	138,0	20,3	Cumple	17,5	10,4	2,9	12,4	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	173,3	Cumple	314,1	63,4	Cumple	17,5	11,4	6,2	15,6	Cumple
157	X-IPE 270	Manual	282,4	108,3	Cumple	261,6	67,3	Cumple	21,5	14,8	7,1	19,7	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	105,9	Cumple	261,6	64,3	Cumple	21,5	14,3	6,8	19,0	Cumple
158	X-IPE 120	Manual	56,9	22,5	Cumple	75,0	40,0	Cumple	7,5	6,8	0,9	7,4	Cumple



Forjado Segunda												
Viga			Flexión			Cortante			Flecha			
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm
	X-IPE 120	Automático	56,9	21,8	Cumple	75,0	38,4	Cumple	7,5	6,0	0,8	6,6
159	X-IPE 100	Manual	41,5	9,3	Cumple	57,7	16,5	Cumple	7,5	5,2	0,5	5,6
	X-IPE 100	Automático	41,5	10,8	Cumple	57,7	18,9	Cumple	7,5	6,0	0,6	6,4
160	X-IPE 360	Manual	531,3	306,6	Cumple	425,0	214,1	Cumple	19,1	12,5	6,6	17,1
	X-IPE 240	Automático	224,0	81,3	Cumple	217,0	56,2	Cumple	19,1	12,9	4,7	16,2
161	X-IPE 270	Manual	282,4	142,7	Cumple	261,6	120,7	Cumple	15,8	10,0	5,0	13,4
	X-IPE 180	Automático	121,8	40,3	Cumple	138,0	23,7	Cumple	15,8	10,3	2,9	12,3
162	X-IPE 80	Manual	29,2	7,3	Cumple	42,0	7,0	Cumple	13,8	6,5	0,4	6,7
	X-IPE 80	Automático	29,2	5,8	Cumple	42,0	5,6	Cumple	13,8	0,6	0,0	0,7
163	X-IPE 80	Manual	29,2	3,3	Cumple	42,0	4,7	Cumple	9,3	1,3	0,1	1,4
	X-IPE 100	Automático	41,5	7,9	Cumple	57,7	3,8	Cumple	9,3	4,4	0,4	4,7

Forjado Primera												
Viga			Flexión			Cortante			Flecha			
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm
167	X-IPE 220	Manual	185,2	56,0	Cumple	188,8	37,0	Cumple	20,2	15,5	3,1	18,1
	X-IPE 220	Automático	185,2	34,6	Cumple	188,8	20,3	Cumple	20,2	7,8	1,5	9,0
168	X-IPE 300	Manual	353,3	157,2	Cumple	314,1	105,7	Cumple	19,8	14,2	5,5	18,5
	X-IPE 300	Automático	353,3	139,6	Cumple	314,1	96,6	Cumple	19,8	12,3	4,8	16,0
169	X-IPE 300	Manual	353,3	150,2	Cumple	314,1	112,9	Cumple	17,7	10,2	4,7	13,8
	X-IPE 300	Automático	353,3	110,5	Cumple	314,1	43,9	Cumple	17,7	7,3	3,3	9,8
170	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	56,0	Cumple	8,8	5,9	1,2	6,8
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,5	Cumple	42,0	3,8	Cumple	8,8	0,5	0,0	0,6
171	X-IPE 220	Manual	185,2	92,8	Cumple	188,8	93,8	Cumple	13,2	9,4	3,6	11,9
	X-IPE 220	Automático	185,2	77,7	Cumple	188,8	43,3	Cumple	13,2	7,5	2,9	9,5
172	X-IPE 400	Manual	655,0	291,9	Cumple	509,3	155,7	Cumple	25,0	14,7	8,3	21,1
	X-IPE 400	Automático	655,0	251,5	Cumple	509,3	103,9	Cumple	25,0	12,2	7,0	17,7
173	X-IPE 240	Manual	224,0	104,1	Cumple	217,0	94,0	Cumple	14,8	10,7	3,8	13,6
	X-IPE 240	Automático	224,0	96,8	Cumple	217,0	47,1	Cumple	14,8	9,6	3,4	12,2
174	X-IPE 240	Manual	224,0	77,1	Cumple	217,0	51,8	Cumple	19,8	12,9	4,4	16,3
	X-IPE 240	Automático	224,0	72,3	Cumple	217,0	48,6	Cumple	19,8	11,7	4,0	14,8
175	X-IPE 160	Manual	96,5	36,8	Cumple	115,3	70,0	Cumple	7,0	4,0	0,8	4,6
	X-IPE 80	Automático	29,2	4,3	Cumple	42,0	8,6	Cumple	7,0	4,1	0,2	4,3
176	X-IPE 270	Manual	282,4	128,9	Cumple	261,6	130,2	Cumple	13,2	7,6	2,8	9,8
	X-IPE 270	Automático	282,4	140,1	Cumple	261,6	53,7	Cumple	13,2	8,4	3,1	10,7
177	X-IPE 180	Manual	121,8	33,7	Cumple	138,0	32,9	Cumple	13,6	9,5	1,4	10,7
	X-IPE 140	Automático	75,5	15,3	Cumple	94,2	13,9	Cumple	13,6	7,5	0,7	8,1
178	X-IPE 220	Manual	185,2	71,6	Cumple	188,8	71,3	Cumple	13,4	8,9	2,6	10,9
	X-IPE 220	Automático	185,2	65,9	Cumple	188,8	66,5	Cumple	13,4	8,1	2,3	9,9
179	X-IPE 240	Manual	224,0	93,9	Cumple	217,0	93,5	Cumple	13,4	8,4	2,8	10,6
	X-IPE 240	Automático	224,0	49,9	Cumple	217,0	50,4	Cumple	13,4	4,2	1,4	5,2
180	X-IPE 80	Manual	29,2	5,0	Cumple	42,0	10,7	Cumple	6,2	3,5	0,2	3,6
	X-IPE 80	Automático	29,2	6	Cumple	42,0	10,4	Cumple	6,2	4,5	0,2	4,7
181	X-IPE 360	Manual	531,3	282,0	Cumple	425,0	212,0	Cumple	17,7	9,9	5,3	13,6
	X-IPE 360	Automático	531,3	297,1	Cumple	425,0	107,1	Cumple	17,7	10,6	5,6	14,5
182	X-IPE 180	Manual	121,8	73,9	Cumple	138,0	111,9	Cumple	8,8	7,4	2,0	8,7
	X-IPE 80	Automático	29,2	0,2	Cumple	42,0	0,3	Cumple	8,8	3,0	0,2	3,1
183	X-IPE 360	Manual	531,3	258,2	Cumple	425,0	142,3	Cumple	24,2	16,2	8,5	22,1
	X-IPE 360	Automático	531,3	248,8	Cumple	425,0	137,7	Cumple	24,2	15,6	8,3	21,3
184	X-IPE 450	Manual	833,8	523,7	Cumple	628,0	288,5	Cumple	24,2	17,0	9,7	23,8
	X-IPE 500	Automático	1053,5	562,5	Cumple	757,9	215,9	Cumple	24,2	12,9	7,9	18,4
185	X-IPE 300	Manual	353,3	103,9	Cumple	314,1	56,3	Cumple	24,6	12,9	6,8	17,5
	X-IPE 300	Automático	353,3	84,1	Cumple	314,1	41,8	Cumple	24,6	10,3	5,4	14,0
186	X-IPE 360	Manual	531,3	467,5	Cumple	425,0	163,2	Cumple	38,2	0,0	37,5	25,8
	X-IPE 360	Automático	531,3	182,4	Cumple	425,0	77,7	Cumple	38,2	0,0	12,4	8,5
187	X-IPE 400	Manual	655,0	624,1	Cumple	509,3	217,8	Cumple	38,2	0,0	32,6	22,7



	X-IPE 450	Automático	833,8	722,5	Cumple	628,0	187,9	Cumple	38,2	0,0	28,4	19,7	Cumple
188	X-IPE 330	Manual	430,9	222,7	Cumple	365,6	138,5	Cumple	21,4	15,2	7,6	20,5	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	195,5	Cumple	365,6	63,1	Cumple	21,4	13,1	6,7	17,7	Cumple
189	X-IPE 160	Manual	96,5	27,1	Cumple	115,3	29,0	Cumple	12,5	8,2	1,9	9,6	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	34,9	Cumple	115,3	37,3	Cumple	12,5	10,6	2,5	12,3	Cumple
190	X-IPE 200	Manual	149,9	58,2	Cumple	162,7	66,1	Cumple	11,7	7,1	2,2	8,6	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	56,2	Cumple	162,7	63,9	Cumple	11,7	6,4	2,0	7,8	Cumple
191	X-IPE 450	Manual	833,8	414,1	Cumple	628,0	228,1	Cumple	24,2	13,2	7,7	18,6	Cumple
	X-IPE 500	Automático	1053,5	585,6	Cumple	757,9	202,4	Cumple	24,2	13,3	8,1	18,9	Cumple
192	X-IPE 450	Manual	833,8	372,5	Cumple	628,0	190,3	Cumple	26,1	12,9	9,2	19,2	Cumple
	X-IPE 450	Automático	833,8	330,5	Cumple	628,0	168,5	Cumple	26,1	10,9	8,0	16,4	Cumple
193	X-IPE 270	Manual	282,4	107,9	Cumple	261,6	67,0	Cumple	21,5	12,9	6,1	17,1	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	103,4	Cumple	261,6	64,6	Cumple	21,5	11,8	5,6	15,7	Cumple
194	X-IPE 330	Manual	430,9	202,5	Cumple	365,6	125,8	Cumple	21,5	13,8	7,0	18,5	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	187,3	Cumple	365,6	116,9	Cumple	21,5	12,4	6,3	16,8	Cumple
195	X-IPE 240	Manual	224,0	93,9	Cumple	217,0	58,3	Cumple	21,5	16,5	6,8	21,1	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	80,6	Cumple	217,0	48,6	Cumple	21,5	14,1	5,8	18,0	Cumple
196	X-IPE 270	Manual	282,4	122,0	Cumple	261,6	75,8	Cumple	21,5	14,8	7,1	19,7	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	105,9	Cumple	261,6	64,3	Cumple	21,5	12,2	5,8	16,1	Cumple
197	X-IPE 120	Manual	56,9	22,5	Cumple	75,0	40,0	Cumple	7,5	6,8	0,9	7,4	Cumple
	X-IPE 120	Automático	56,9	21,8	Cumple	75,0	38,4	Cumple	7,5	6,0	0,8	6,6	Cumple
198	X-IPE 100	Manual	41,5	9,3	Cumple	57,7	16,5	Cumple	7,5	5,2	0,5	5,6	Cumple
	X-IPE 100	Automático	41,5	10,8	Cumple	57,7	18,9	Cumple	7,5	6,0	0,6	6,4	Cumple
199	X-IPE 360	Manual	531,3	306,6	Cumple	425,0	214,1	Cumple	19,1	12,5	6,6	17,1	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	110,7	Cumple	261,6	71,3	Cumple	19,1	12,0	5,1	15,4	Cumple
200	X-IPE 270	Manual	282,4	142,7	Cumple	261,6	120,7	Cumple	15,8	10,0	5,0	13,4	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	40,3	Cumple	138,0	23,7	Cumple	15,8	9,7	2,7	11,5	Cumple
201	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	35,8	Cumple	13,8	11,7	2,7	13,6	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	34,2	Cumple	115,3	33,5	Cumple	13,8	9,9	2,3	11,5	Cumple
202	X-IPE 120	Manual	56,9	24,9	Cumple	75,0	51,2	Cumple	6,5	5,3	0,7	5,9	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	8,2	Cumple	42,0	16,8	Cumple	6,5	5,2	0,3	5,4	Cumple
203	X-IPE 270	Manual	282,4	142,6	Cumple	261,6	116,4	Cumple	16,3	11,3	5,0	14,7	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	97,9	Cumple	261,6	39,9	Cumple	16,3	7,7	3,4	10,0	Cumple
204	X-IPE 180	Manual	121,8	43,8	Cumple	138,0	35,7	Cumple	16,3	12,3	3,4	14,6	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	44,2	Cumple	138,0	21,8	Cumple	16,3	13,1	3,6	15,5	Cumple
205	X-IPE 240	Manual	224,0	71,8	Cumple	217,0	103,7	Cumple	15,8	11,6	4,6	14,7	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	71,2	Cumple	217,0	70,3	Cumple	15,8	11,4	4,5	14,4	Cumple
206	X-IPE 330	Manual	430,9	187,5	Cumple	365,6	122,4	Cumple	20,4	11,5	5,9	15,6	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	192,9	Cumple	365,6	122,9	Cumple	20,4	11,9	6,1	16,1	Cumple
207	X-IPE 300	Manual	353,3	167,2	Cumple	314,1	125,7	Cumple	17,7	10,5	5,8	14,4	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	184,5	Cumple	314,1	70,4	Cumple	17,7	12,2	6,6	16,7	Cumple
208	X-IPE 80	Manual	29,2	0,8	Cumple	42,0	1,5	Cumple	7,3	0,1	0,0	0,1	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,7	Cumple	42,0	3,8	Cumple	7,3	2,6	0,2	2,7	Cumple
209	X-IPE 100	Manual	41,5	6,7	Cumple	57,7	4,3	Cumple	20,6	1,5	0,1	1,6	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	103,4	Cumple	261,6	39,5	Cumple	20,6	12,3	5,9	16,3	Cumple
210	X-IPE 270	Manual	282,4	103,6	Cumple	261,6	64,6	Cumple	21,4	13,2	6,3	17,5	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	53,9	Cumple	261,6	30,8	Cumple	21,4	6,9	3,3	9,1	Cumple
211	X-IPE 240	Manual	224,0	75,6	Cumple	217,0	47,6	Cumple	21,2	13,8	5,7	17,6	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	26,2	Cumple	115,3	13,7	Cumple	21,2	17,3	3,8	19,9	Cumple
212	X-IPE 220	Manual	185,2	63,5	Cumple	188,8	41,9	Cumple	20,2	16,0	5,8	17,2	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	46,3	Cumple	188,8	31,2	Cumple	20,2	11,6	4,2	12,5	Cumple
213	X-IPE 300	Manual	353,3	167,3	Cumple	314,1	110,5	Cumple	20,2	14,0	6,6	15,4	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	127,1	Cumple	314,1	81,9	Cumple	20,2	10,5	4,9	11,6	Cumple
214	X-IPE 140	Manual	75,5	16,6	Cumple	94,2	45,6	Cumple	8,3	5,2	1,0	5,4	Cumple
	X-IPE 140	Automático	75,5	24,9	Cumple	94,2	37,8	Cumple	8,3	7,7	1,4	8,0	Cumple
215	X-IPE 120	Manual	56,9	12,1	Cumple	75,0	19,5	Cumple	8,3	4,5	0,6	4,6	Cumple
	X-IPE 120	Automático	56,9	15,2	Cumple	75,0	22,9	Cumple	8,3	6,6	0,9	6,8	Cumple
216	X-IPE 240	Manual	224,0	96,6	Cumple	217,0	61,9	Cumple	20,8	18,6	7,7	20,2	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	93,9	Cumple	217,0	49,1	Cumple	20,8	17,9	7,4	19,5	Cumple
217	X-IPE 300	Manual	353,3	182,6	Cumple	314,1	117,0	Cumple	20,8	16,2	7,5	17,7	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	150,9	Cumple	314,1	72,9	Cumple	20,8	12,9	6,0	14,2	Cumple



Forjado Entreplanta													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
216	X-IPE 220	Manual	185,2	67,2	Cumple	188,8	44,4	Cumple	20,2	15,5	4,7	19,1	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	48,9	Cumple	188,8	29,1	Cumple	20,2	10,3	3,1	12,8	Cumple
217	X-IPE 300	Manual	353,3	157,2	Cumple	314,1	105,7	Cumple	19,8	14,2	5,5	18,5	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	139,6	Cumple	314,1	96,5	Cumple	19,8	12,3	4,8	16,0	Cumple
218	X-IPE 550	Manual	1305,5	347,1	Cumple	908,7	169,1	Cumple	27,4	0,0	5,1	4,0	Cumple
	X-IPE 550	Automático	1305,5	1070	Cumple	908,7	236,3	Cumple	27,4	0,0	15,2	12,2	Cumple
219	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	56,0	Cumple	8,8	5,9	1,2	6,8	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	2,5	Cumple	42,0	3,8	Cumple	8,8	0,5	0,0	0,6	Cumple
220	X-IPE 220	Manual	185,2	92,8	Cumple	188,8	93,8	Cumple	13,2	9,4	3,6	11,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	77,7	Cumple	188,8	43,3	Cumple	13,2	7,8	3,0	9,9	Cumple
221	X-IPE 400	Manual	655,0	291,9	Cumple	509,3	155,7	Cumple	25,0	14,7	8,3	21,1	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	251,5	Cumple	509,3	103,9	Cumple	25,0	12,2	7,0	17,7	Cumple
222	X-IPE 240	Manual	224,0	104,1	Cumple	217,0	94,0	Cumple	14,8	10,7	3,8	13,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	96,8	Cumple	217,0	47,1	Cumple	14,8	9,8	3,5	12,4	Cumple
223	X-IPE 240	Manual	224,0	77,1	Cumple	217,0	51,8	Cumple	19,8	12,9	4,4	16,3	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	72,3	Cumple	217,0	48,6	Cumple	19,8	11,7	4,0	14,8	Cumple
224	X-IPE 360	Manual	531,3	296,7	Cumple	425,0	194,9	Cumple	20,3	15,1	6,6	20,3	Cumple
	X-IPE 500	Automático	1053,5	671,4	Cumple	757,9	291,4	Cumple	20,3	12,2	6,5	17,4	Cumple
225	X-IPE 270	Manual	282,4	128,9	Cumple	261,6	130,2	Cumple	13,2	7,6	2,8	9,8	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	140,1	Cumple	261,6	53,7	Cumple	13,2	8,4	3,1	10,7	Cumple
226	X-IPE 180	Manual	121,8	33,7	Cumple	138,0	32,9	Cumple	13,6	9,5	1,4	10,7	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	21,7	Cumple	138,0	19,8	Cumple	13,6	5,0	0,8	5,6	Cumple
227	X-IPE 220	Manual	185,2	71,6	Cumple	188,8	71,3	Cumple	13,4	8,9	2,6	10,9	Cumple
	X-IPE 220	Automático	185,2	65,9	Cumple	188,8	66,5	Cumple	13,4	8,1	2,3	9,9	Cumple
228	X-IPE 240	Manual	224,0	93,9	Cumple	217,0	93,5	Cumple	13,4	8,4	2,8	10,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	49,9	Cumple	217,0	50,35	Cumple	13,4	4,2	1,4	5,2	Cumple
229	X-IPE 80	Manual	29,2	5,0	Cumple	42,0	10,7	Cumple	6,2	3,5	0,2	3,6	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	4,8	Cumple	42,0	10,4	Cumple	6,2	3,2	0,2	3,3	Cumple
230	X-IPE 500	Manual	1053,5	382,1	Cumple	757,9	152,4	Cumple	33,4	0,0	8,7	6,8	Cumple
	X-IPE 500	Automático	1053,5	866,7	Cumple	757,9	202,1	Cumple	33,4	0,0	19,3	15,3	Cumple
231	X-IPE 270	Manual	282,4	54,7	Cumple	261,6	21,8	Cumple	33,4	20,4	7,4	26,1	Cumple
	X-IPE 300	Automático	353,3	84,9	Cumple	314,1	33,5	Cumple	33,4	20,5	8,4	27,0	Cumple
232	X-IPE 180	Manual	121,8	73,9	Cumple	138,0	111,9	Cumple	8,8	7,4	2,0	8,7	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	0,2	Cumple	42,0	0,3	Cumple	8,8	3,0	0,2	3,1	Cumple
233	X-IPE 500	Manual	1053,5	424,3	Cumple	757,9	148,1	Cumple	38,2	22,4	16,6	33,9	Cumple
	X-IPE 500	Automático	1053,5	459,8	Cumple	757,9	132,9	Cumple	38,2	24,3	17,7	36,6	Cumple
234	X-IPE 500	Manual	1053,5	471,6	Cumple	757,9	164,6	Cumple	38,2	25,3	14,3	35,2	Cumple
	X-IPE 550	Automático	1305,5	586,1	Cumple	908,7	153,2	Cumple	38,2	23,3	13,7	32,9	Cumple
235	X-IPE 200	Manual	149,9	58,2	Cumple	162,7	66,1	Cumple	11,7	7,1	2,2	8,6	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	53,3	Cumple	162,7	60,6	Cumple	11,7	6,5	2,0	7,9	Cumple
236	X-IPE 300	Manual	353,3	130,7	Cumple	314,1	72,0	Cumple	24,2	15,7	8,3	21,3	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	150,3	Cumple	365,6	107,9	Cumple	24,2	13,4	7,8	18,7	Cumple
237	X-IPE 360	Manual	531,3	243,8	Cumple	425,0	134,3	Cumple	24,2	15,2	8,1	20,8	Cumple
	X-IPE 500	Automático	1053,5	617,9	Cumple	757,9	230,5	Cumple	24,2	14,4	8,6	20,4	Cumple
238	X-IPE 400	Manual	655,0	250,8	Cumple	509,3	100,5	Cumple	33,3	18,0	12,0	26,2	Cumple
	X-IPE 400	Automático	655,0	248,9	Cumple	509,3	99,7	Cumple	33,3	17,3	11,4	25,1	Cumple
239	X-IPE 140	Manual	75,5	27,2	Cumple	94,2	41,3	Cumple	8,8	6,6	1,2	7,4	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	0,2	Cumple	42,0	0,2	Cumple	8,8	1,7	0,1	1,8	Cumple
240	X-IPE 120	Manual	56,9	15,9	Cumple	75,0	24,1	Cumple	8,8	5,6	0,8	6,2	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	7	Cumple	42,0	4,2	Cumple	8,8	7,3	0,5	7,6	Cumple
241	X-IPE 450	Manual	833,8	414,1	Cumple	628,0	228,1	Cumple	24,2	13,2	7,7	18,6	Cumple
	X-IPE 500	Automático	1053,5	621,7	Cumple	757,9	212,1	Cumple	24,2	14,3	8,6	20,3	Cumple
242	X-IPE 450	Manual	833,8	372,5	Cumple	628,0	190,3	Cumple	26,1	12,9	9,2	19,2	Cumple
	X-IPE 450	Automático	833,8	330,5	Cumple	628,0	168,5	Cumple	26,1	10,9	8,0	16,4	Cumple
243	X-IPE 270	Manual	282,4	107,9	Cumple	261,6	67,0	Cumple	21,5	12,9	6,1	17,1	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	101,3	Cumple	261,6	63,3	Cumple	21,5	11,8	5,6	15,7	Cumple
244	X-IPE 330	Manual	430,9	202,5	Cumple	365,6	125,8	Cumple	21,5	13,8	7,0	18,5	Cumple
	X-IPE 330	Automático	430,9	187,3	Cumple	365,6	116,9	Cumple	21,5	12,4	6,3	16,8	Cumple



Forjado Entreplanta													
Viga			Flexión			Cortante			Flecha				
Referencia	Perfil	Cálculo	MplRd	MplEd		Vrd	Ved		Límite	Montaje	Activa	Casi permanente	
			mkN	mkN		kN	kN		mm	mm	mm	mm	
245	X-IPE 240	Manual	224,0	93,9	Cumple	217,0	58,3	Cumple	21,5	16,5	6,8	21,1	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	80,7	Cumple	217,0	48,5	Cumple	21,5	13,3	5,4	17,0	Cumple
246	X-IPE 270	Manual	282,4	122,0	Cumple	261,6	75,8	Cumple	21,5	14,8	7,1	19,7	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	105,9	Cumple	261,6	64,3	Cumple	21,5	12,2	5,8	16,1	Cumple
247	X-IPE 120	Manual	56,9	22,5	Cumple	75,0	40,0	Cumple	7,5	6,8	0,9	7,4	Cumple
	X-IPE 120	Automático	56,9	21,8	Cumple	75,0	38,4	Cumple	7,5	6,0	0,8	6,6	Cumple
248	X-IPE 100	Manual	41,5	9,3	Cumple	57,7	16,5	Cumple	7,5	5,2	0,5	5,6	Cumple
	X-IPE 100	Automático	41,5	10,8	Cumple	57,7	18,9	Cumple	7,5	5,8	0,6	6,2	Cumple
249	X-IPE 360	Manual	531,3	306,6	Cumple	425,0	214,1	Cumple	19,1	12,5	6,6	17,1	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	110,7	Cumple	261,6	71,3	Cumple	19,1	12,0	5,1	15,4	Cumple
250	X-IPE 270	Manual	282,4	142,7	Cumple	261,6	120,7	Cumple	15,8	10,0	5,0	13,4	Cumple
	X-IPE 180	Automático	121,8	40,3	Cumple	138,0	23,7	Cumple	15,8	10,3	2,9	12,3	Cumple
251	X-IPE 160	Manual	96,5	37,0	Cumple	115,3	35,8	Cumple	13,8	11,7	2,7	13,6	Cumple
	X-IPE 160	Automático	96,5	34,2	Cumple	115,3	33,5	Cumple	13,8	10,5	2,4	12,2	Cumple
252	X-IPE 120	Manual	56,9	24,9	Cumple	75,0	51,2	Cumple	6,5	5,3	0,7	5,9	Cumple
	X-IPE 80	Automático	29,2	8,2	Cumple	42,0	16,8	Cumple	6,5	5,2	0,3	5,4	Cumple
253	X-IPE 240	Manual	224,0	104,7	Cumple	217,0	88,5	Cumple	15,8	11,6	4,4	14,6	Cumple
	X-IPE 240	Automático	224,0	96,3	Cumple	217,0	81,5	Cumple	15,8	10,0	3,8	12,6	Cumple
254	X-IPE 200	Manual	149,9	62,9	Cumple	162,7	53,2	Cumple	15,8	12,2	4,0	15,0	Cumple
	X-IPE 200	Automático	149,9	58,6	Cumple	162,7	49,6	Cumple	15,8	10,8	3,5	13,3	Cumple
255	X-IPE 500	Manual	1053,5	455,0	Cumple	757,9	182,7	Cumple	33,2	17,2	12,8	26,1	Cumple
	X-IPE 500	Automático	1053,5	457,6	Cumple	757,9	143,1	Cumple	33,2	17,6	13,0	26,6	Cumple
256	X-IPE 270	Manual	282,4	118,4	Cumple	261,6	95,1	Cumple	16,6	9,0	4,5	12,1	Cumple
	X-IPE 270	Automático	282,4	110,9	Cumple	261,6	48,4	Cumple	16,6	8,1	4,0	10,8	Cumple

II.3. Verificación de soportes metálicos

Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
P1	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	HE100B	250	23	Cumple	HE100B	250	35,2	Cumple
	Segunda	HE100B	250	46	Cumple	HE100B	250	73,5	Cumple
	Primera	HE100B	250	69	Cumple	HE100B	250	111,8	Cumple
	Entreplanta	HE100B	250	92	Cumple	HE100B	250	150,2	Cumple
	Baja	HE100B	250	115	Cumple	HE100B	250	188,5	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	157	Cumple	HE 100 B	250	49,9	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	227	Cumple	HE 100 B	250	80,2	Cumple
	Segunda	HE 120 B	430	272	Cumple	HE 120 B	430	90,3	Cumple
	Primera	HE 120 B	430	334	Cumple	HE 120 B	430	169,6	Cumple
	Entreplanta	HE 140 B	659	380	Cumple	HE 140 B	659	228,8	Cumple
	Baja	HE 140 B	659	443	Cumple	HE 140 B	659	414,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	52	Cumple	HE 100 B	250	113,1	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	96	Cumple	HE 100 B	250	198,1	Cumple
	Segunda	HE 100 B	250	139	Cumple	HE 120 B	430	248,8	Cumple
	Primera	HE 100 B	250	181	Cumple	HE 120 B	430	301,7	Cumple
	Entreplanta	HE 120 B	430	219	Cumple	HE 120 B	430	344,1	Cumple
	Baja	HE 120 B	430	266	Cumple	HE 120 B	430	380,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	88	Cumple	HE 100 B	250	103,7	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	152	Cumple	HE 100 B	250	218,5	Cumple
	Segunda	HE 120 B	430	217	Cumple	HE 120 B	430	333,6	Cumple
	Primera	HE 120 B	430	295	Cumple	HE 120 B	430	404,4	Cumple
	Entreplanta	HE 120 B	430	359	Cumple	HE 140 B	659	519,5	Cumple
	Baja	HE 120 B	430	424	Cumple	HE 140 B	659	634,5	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	90	Cumple	HE 100 B	250	107,7	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	181	Cumple	HE 100 B	250	221,4	Cumple
	Segunda	HE 120 B	430	271	Cumple	HE 120 B	430	334,4	Cumple
	Primera	HE 120 B	430	287	Cumple	HE 120 B	430	348,1	Cumple
	Entreplanta	HE 140 B	659	377	Cumple	HE 140 B	659	442,7	Cumple
	Baja	HE 140 B	659	468	Cumple	HE 140 B	659	542,8	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	261	Cumple	HE 140 B	659	229,3	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	521	Cumple	HE 140 B	659	465,6	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	782	Cumple	HE 160 B	941	698,9	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	799	Cumple	HE 160 B	941	714,3	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	1002	Cumple	HE 180 B	1242	941,8	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1201	Cumple	HE 180 B	1242	1122,2	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	Quinta	HE 100 B	250	164	Cumple	HE 100 B	250	98,6	Cumple
	Cuarta	HE 160 B	941	474	Cumple	HE 160 B	941	294,7	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	767	Cumple	HE 160 B	941	441,9	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	1058	Cumple	HE 180 B	1242	631,3	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1097	Cumple	HE 180 B	1242	631,7	Cumple
	Entreplanta	HE 200 B	1581	1411	Cumple	HE 200 B	1581	920,9	Cumple
	Baja	HE 200 B	1581	1560	Cumple	HE 200 B	1581	1199,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-



Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
P8	Quinta	HE 100 B	250	164	Cumple	HE 100 B	250	120,1	Cumple
	Cuarta	HE 140 B	659	401	Cumple	HE 160 B	941	393,8	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	621	Cumple	HE 160 B	941	734,6	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	840	Cumple	HE 200 B	1581	1104,2	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	874	Cumple	HE 200 B	1581	1273,1	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	992	Cumple	HE 200 BC	3272	1522,7	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1034	Cumple	HE 200 BC	3272	1623,7	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P9	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 120 B	430	174	Cumple	HE 120 B	430	90,5	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	294	Cumple	HE 120 B	430	254,1	Cumple
	Segunda	HE 140 B	659	434	Cumple	HE 140 B	659	449,4	Cumple
	Primera	HE 140 B	659	500	Cumple	HE 140 B	659	606,9	Cumple
	Entreplanta	HE 160 B	941	662	Cumple	HE 160 B	941	814,7	Cumple
	Baja	HE 160 B	941	677	Cumple	HE 160 B	941	827,6	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P10	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 100 B	250	123	Cumple	HE 100 B	250	80,9	Cumple
	Baja	HE 100 B	250	145	Cumple	HE 100 B	250	97,7	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P11	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 120 B	430	222	Cumple	HE 120 B	430	38,7	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	370	Cumple	HE 120 B	430	77,6	Cumple
	Segunda	HE 140 B	659	493	Cumple	HE 140 B	659	129,6	Cumple
	Primera	HE 140 B	659	633	Cumple	HE 140 B	659	184,6	Cumple
	Entreplanta	HE 160 B	941	756	Cumple	HE 160 B	941	329,7	Cumple
	Baja	HE 160 B	941	896	Cumple	HE 160 B	941	602,4	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	Quinta	HE 100 B	250	128	Cumple	HE 100 B	250	100,6	Cumple
	Cuarta	HE 140 B	659	360	Cumple	HE 140 B	659	230,5	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	541	Cumple	HE 140 B	659	315,8	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	720	Cumple	HE 160 B	941	423,6	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	803	Cumple	HE 160 B	941	585,3	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	977	Cumple	HE 180 B	1242	724	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1161	Cumple	HE 180 B	1242	795,2	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P13	Quinta	HE 100 B	250	84	Cumple	HE 100 B	250	56,7	Cumple
	Cuarta	HE 140 B	659	323	Cumple	HE 140 B	659	165,4	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	540	Cumple	HE 140 B	659	260,8	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	759	Cumple	HE 160 B	941	417,2	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	789	Cumple	HE 160 B	941	535,9	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	951	Cumple	HE 200 B	1581	862,4	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1123	Cumple	HE 200 B	1581	1279,4	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P14	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	HE 120 B	430	394	Cumple	HE 120 B	430	335,1	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	678	Cumple	HE 180 B	1242	566,4	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	943	Cumple	HE 180 B	1242	721,6	Cumple
	Entreplanta	HE 200 B	1581	1227	Cumple	HE 200 B	1581	975,7	Cumple
	Baja	HE 200 B	1581	1511	Cumple	HE 200 B	1581	1229,8	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	241	Cumple	HE 140 B	659	134,4	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	635	Cumple	HE 140 B	659	349,1	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	919	Cumple	HE 180 B	1242	519,2	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1202	Cumple	HE 180 B	1242	673,4	Cumple



Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
	Entreplanta	HE 180 BC	2677	1546	Cumple	HE 180 BC	2677	961,2	Cumple
	Baja	HE 180 BC	2677	1901	Cumple	HE 180 BC	2677	1385,7	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P16	Quinta	HE 100 B	250	141	Cumple	HE 100 B	250	77,6	Cumple
	Cuarta	HE 140 B	659	373	Cumple	HE 140 B	659	249,4	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	642	Cumple	HE 140 B	659	433,5	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	911	Cumple	HE 200 B	1581	815,9	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	968	Cumple	HE 200 B	1581	1296,7	Cumple
	Entreplanta	HE 200 B	1581	1211	Cumple	HE 200 B	1581	1422,1	Cumple
	Baja	HE 200 B	1581	1523	Cumple	HE 200 B	1581	1562,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P17	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 140 B	659	240	Cumple	HE 140 B	659	120,9	Cumple
	Baja	HE 140 B	659	461	Cumple	HE 140 B	659	314,7	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P18	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 200 B	1581	217	Cumple	HE 200 B	1581	1271,9	Cumple
	Baja	HE 200 B	1581	1530	Cumple	HE 200 B	1581	1390	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P19	Quinta	HE 100 B	250	203	Cumple	HE 100 B	250	178,4	Cumple
	Cuarta	HE 160 B	941	598	Cumple	HE 160 B	941	557,5	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	868	Cumple	HE 160 B	941	810,5	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	1138	Cumple	HE 180 B	1242	1060,6	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1156	Cumple	HE 180 B	1242	1079,4	Cumple
	Entreplanta	HE 200 B	1581	1270	Cumple	HE 180 BC	2677	2080,6	Cumple
	Baja	HE 200 B	1581	1356	Cumple	HE 180 BC	2677	2156	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P20	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 200 B	1581	1312	Cumple	HE 200 B	1581	1274	Cumple
	Baja	HE 200 B	1581	1316	Cumple	HE 200 B	1581	1277	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P21	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 140 B	941	839	Cumple	HE 200 B	1581	1341,5	Cumple
	Baja	HE 140 B	941	843	Cumple	HE 200 B	1581	1343,4	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P22	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 100 B	250	96	Cumple	HE 100 B	250	75,6	Cumple
	Baja	HE 100 B	250	161	Cumple	HE 100 B	250	163,5	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P23	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-



Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
	Tercera	HE 140 B	659	604	Cumple	HE 140 B	659	445,8	Cumple
	Segunda	HE 200 B	1581	1039	Cumple	HE 200 B	1581	872	Cumple
	Primera	HE 200 B	1581	1508	Cumple	HE 200 B	1581	1235,7	Cumple
	Entreplanta	HE 200 BC	3272	1941	Cumple	HE 200 BC	3272	1679,2	Cumple
	Baja	HE 200 BC	3272	2392	Cumple	HE 200 BC	3272	2196,7	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P24	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 160 B	941	308	Cumple	HE 160 B	941	274	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	884	Cumple	HE 160 B	941	819,9	Cumple
	Segunda	HE 180 BC	2677	1236	Cumple	HE 180 BC	2677	1125,2	Cumple
	Primera	HE 180 BC	2677	2129	Cumple	HE 180 BC	2677	1659,5	Cumple
	Entreplanta	HE 220 BC	3897	2533	Cumple	HE 220 BC	3897	2138,2	Cumple
	Baja	HE 220 BC	3526	2937	Cumple	HE 220 BC	3526	2598,4	Cumple
	Sótano	HE 220 BC	3526	2937	Cumple	HE 220 BC	3526	2601,2	Cumple
P25	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 120 B	430	197	Cumple	HE 120 B	430	174,5	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	374	Cumple	HE 120 B	430	333,5	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	386	Cumple	HE 180 BC	2677	346	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1141	Cumple	HE 180 BC	2677	1596,9	Cumple
	Entreplanta	HE 200 BC	3272	1566	Cumple	HE 200 BC	3272	2022,7	Cumple
	Baja	HE 200 BC	2467	1938	Cumple	HE 200 BC	2467	2362,1	Cumple
	Sótano	HE 200 BC	2467	1938	Cumple	HE 200 BC	2467	2363	Cumple
P26	Quinta	HE 100 B	250	230	Cumple	HE 100 B	250	83,1	Cumple
	Cuarta	HE 160 B	941	632	Cumple	HE 160 B	941	310,8	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	869	Cumple	HE 160 B	941	757	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	904	Cumple	HE 180 BC	2677	1043,1	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1163	Cumple	HE 180 BC	2677	1708,1	Cumple
	Entreplanta	HE 200 BC	3272	2561	Cumple	HE 200 BC	3272	2913,8	Cumple
	Baja	HE 200 BC	3272	2773	Cumple	HE 200 BC	3272	2952,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P27	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 180 B	1242	1115	Cumple	HE 180 B	1242	664,7	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1176	Cumple	HE 180 B	1242	773,4	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P28	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	HE 120 B	430	419	Cumple	HE 120 B	430	274,4	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	707	Cumple	HE 180 B	1242	633,8	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1000	Cumple	HE 180 B	1242	1181,8	Cumple
	Entreplanta	HE 200 B	1581	1259	Cumple	HE 200 BC	3272	1831,5	Cumple
	Baja	HE 200 B	1581	1517	Cumple	HE 200 BC	3272	2288	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P29	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 160 B	941	308	Cumple	HE 160 B	941	283	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	796	Cumple	HE 160 B	941	672,2	Cumple
	Segunda	HE 180 BC	2677	1083	Cumple	HE 180 BC	2677	944,4	Cumple
	Primera	HE 180 BC	2677	2180	Cumple	HE 180 BC	2677	1532,3	Cumple
	Entreplanta	HE 220 BC	3897	2780	Cumple	HE 220 BC	3897	1728,3	Cumple
	Baja	HE 220 BC	3526	3279	Cumple	HE 220 BC	3526	2094,2	Cumple
	Sótano	HE 220 BC	3526	3279	Cumple	HE 220 BC	3526	2097	Cumple
P30	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	276	Cumple	HE 140 B	659	265,6	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	480	Cumple	HE 140 B	659	469,2	Cumple
	Segunda	HE 160 BC	2147	613	Cumple	HE 160 BC	2147	763,3	Cumple
	Primera	HE 160 BC	1952	1603	Cumple	HE 160 BC	1952	1947,7	Cumple
	Entreplanta	HE 200 BC	3272	2076	Cumple	HE 200 BC	3272	2266,5	Cumple
	Baja	HE 200 BC	3272	2533	Cumple	HE 200 BC	3272	2691,3	Cumple



Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
	Sótano	HE 200 BC	3074	2533	Cumple	HE 200 BC	3074	2693,7	Cumple
P31	Quinta	HE 100 B	250	194	Cumple	HE 120 B	430	414,9	Cumple
	Cuarta	HE 160 B	941	476	Cumple	HE 160 BC	2147	981,4	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	753	Cumple	HE 160 BC	2147	1270	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	894	Cumple	HE 180 BC	2677	1420	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1204	Cumple	HE 180 BC	2677	1733,7	Cumple
	Entreplanta	HE 200 BC	3272	1543	Cumple	HE 200 BC	3272	2089,5	Cumple
	Baja	HE 200 BC	3272	2691	Cumple	HE 200 BC	3272	2644,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P32	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 180 B	1242	181	Cumple	HE 180 B	1242	265,2	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1227	Cumple	HE 180 B	1242	643,8	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P33	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	297	Cumple	HE 160 B	941	389,9	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	564	Cumple	HE 160 B	941	725,8	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	831	Cumple	HE 200 B	1581	1079,9	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1097	Cumple	HE 200 B	1581	1411,6	Cumple
	Entreplanta	HE 200 BC	3272	1364	Cumple	HE 200 BC	3272	1800,2	Cumple
	Baja	HE 200 BC	2901	2621	Cumple	HE 200 BC	2901	2042	Cumple
	Sótano	HE 220 BC	3188	2621	Cumple	HE 220 BC	3188	2044,4	Cumple
P34	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 160 B	941	649	Cumple	HE 160 B	941	368,9	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	925	Cumple	HE 160 B	941	472,7	Cumple
	Segunda	HE 200 B	1581	1199	Cumple	HE 200 B	1581	714,8	Cumple
	Primera	HE 200 B	1581	1473	Cumple	HE 200 B	1581	1031,9	Cumple
	Entreplanta	HE 200 BC	3272	1741	Cumple	HE 200 BC	3272	1390,8	Cumple
	Baja	HE 200 BC	2901	1998	Cumple	HE 200 BC	2901	1769,4	Cumple
	Sótano	HE 200 BC	2901	1998	Cumple	HE 200 BC	2901	1771,8	Cumple
P35	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	351	Cumple	HE 140 B	659	322,6	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	615	Cumple	HE 140 B	659	649,2	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	876	Cumple	HE 180 B	1242	910,1	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1138	Cumple	HE 180 B	1242	1090,1	Cumple
	Entreplanta	HE 180 BC	2677	1394	Cumple	HE 180 BC	2677	1244,4	Cumple
	Baja	HE 180 BC	2677	1638	Cumple	HE 180 BC	2677	1577,3	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P36	Quinta	HE 100 B	250	99	Cumple	HE 100 B	250	213	Cumple
	Cuarta	HE 120 B	430	263	Cumple	HE 120 B	430	336,2	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	401	Cumple	HE 120 B	430	150,3	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	538	Cumple	HE 160 B	941	143,6	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	674	Cumple	HE 160 B	941	296	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	807	Cumple	HE 180 B	1242	592,8	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	948	Cumple	HE 180 B	1242	734,9	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P37	Quinta	HE 100 B	250	117	Cumple	HE 120 B	430	360,6	Cumple
	Cuarta	HE 120 B	430	207	Cumple	HE 140 B	659	583,2	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	318	Cumple	HE 140 B	659	331,4	Cumple
	Segunda	HE 140 B	659	444	Cumple	HE 140 B	659	254,1	Cumple
	Primera	HE 140 B	659	563	Cumple	HE 140 B	659	220,5	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	666	Cumple	HE 180 B	1242	327,7	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1240	Cumple	HE 180 B	1242	599	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P38	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-



Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
Primera		-	-	-	-	-	-	-	-
Entreplanta		HE 160 B	941	156	Cumple	HE 160 B	941	172	Cumple
Baja		HE 160 B	941	801	Cumple	HE 160 B	941	620,8	Cumple
Sótano		-	-	-	-	-	-	-	-
P39	Quinta	HE 100 B	250	133	Cumple	HE 120 B	430	321,1	Cumple
	Cuarta	HE 120 B	430	236	Cumple	HE 120 B	430	425,6	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	319	Cumple	HE 120 B	430	35,6	Cumple
	Segunda	HE 140 B	659	402	Cumple	HE 140 B	659	285,8	Cumple
	Primera	HE 140 B	659	484	Cumple	HE 140 B	659	535,4	Cumple
	Entreplanta	HE 140 B	659	563	Cumple	HE 160 B	941	730,1	Cumple
	Baja	HE 140 B	659	650	Cumple	HE 160 B	941	777,5	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P40	Quinta	HE 100 B	250	163	Cumple	HE 120 B	430	378	Cumple
	Cuarta	HE 140 B	659	325	Cumple	HE 140 B	659	641,6	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	449	Cumple	HE 140 B	659	457,1	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	573	Cumple	HE 160 B	941	558,8	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	688	Cumple	HE 160 B	941	741,6	Cumple
	Entreplanta	HE 160 B	941	750	Cumple	HE 160 B	941	818,9	Cumple
	Baja	HE 160 B	941	881	Cumple	HE 160 B	941	891,3	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P41	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	297	Cumple	HE 160 B	941	366,4	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	564	Cumple	HE 160 B	941	694,6	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	831	Cumple	HE 200 B	1581	1030	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	1097	Cumple	HE 200 B	1581	1382,6	Cumple
	Entreplanta	HE 180 BC	2677	1364	Cumple	HE 200 BC	3272	1804,6	Cumple
	Baja	HE 180 BC	2677	2602	Cumple	HE 200 BC	3272	2043,7	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P42	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	318	Cumple	HE 140 B	659	164,5	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	594	Cumple	HE 140 B	659	292,3	Cumple
	Segunda	HE 140 BC	1638	868	Cumple	HE 140 BC	1638	529,7	Cumple
	Primera	HE 140 BC	1638	1142	Cumple	HE 140 BC	1638	847,5	Cumple
	Entreplanta	HE 160 BC	2147	1411	Cumple	HE 160 BC	2147	1217,2	Cumple
	Baja	HE 160 BC	2147	1691	Cumple	HE 160 BC	2147	1541,3	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P43	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 120 B	430	197	Cumple	HE 140 B	659	205,3	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	365	Cumple	HE 140 B	659	431,6	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	530	Cumple	HE 160 B	941	590,8	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	695	Cumple	HE 160 B	941	664,7	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	856	Cumple	HE 180 B	1242	812,7	Cumple
	Baja	HE 180 B	1242	1027	Cumple	HE 180 B	1242	1097,4	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P44	Quinta	HE 100 B	250	128	Cumple	HE 120 B	430	321,7	Cumple
	Cuarta	HE 140 B	659	327	Cumple	HE 160 B	941	773,7	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	505	Cumple	HE 160 B	941	919,2	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	683	Cumple	HE 180 B	1242	1065,2	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	861	Cumple	HE 180 B	1242	1211,2	Cumple
	Entreplanta	HE 160 BC	2147	1040	Cumple	HE 180 BC	2677	1357	Cumple
	Baja	HE 160 BC	2147	1813	Cumple	HE 180 BC	2677	1695,2	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P45	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	HE 160 B	941	84	Cumple	HE 160 B	941	54,2	Cumple
	Baja	HE 160 B	941	825	Cumple	HE 160 B	941	538,8	Cumple
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P46	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	



Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
	Cuarta	HE 140 B	659	265	Cumple	HE 140 B	659	229,3	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	525	Cumple	HE 140 B	659	467,6	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	786	Cumple	HE 160 B	941	702,9	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	803	Cumple	HE 160 B	941	720,4	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	1124	Cumple	HE 180 B	1242	939,7	Cumple
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P47	Quinta	HE 100 B	250	194	Cumple	HE 100 B	250	102,1	Cumple
	Cuarta	HE 140 BC	1638	517	Cumple	HE 140 BC	1638	204,9	Cumple
	Tercera	HE 140 BC	1638	798	Cumple	HE 140 BC	1638	108,5	Cumple
	Segunda	HE 140 BC	1638	977	Cumple	HE 140 BC	1638	93,6	Cumple
	Primera	HE 140 BC	1638	1267	Cumple	HE 140 BC	1638	106,1	Cumple
	Entreplanta	HE 160 BC	2147	1659	Cumple	HE 160 BC	2147	217,3	Cumple
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-	
P48	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 120 B	430	221	Cumple	HE 120 B	430	101,1	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	396	Cumple	HE 120 B	430	94,6	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	572	Cumple	HE 160 B	941	94,6	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	735	Cumple	HE 160 B	941	81,6	Cumple
	Entreplanta	HE 160 B	941	875	Cumple	HE 160 B	941	68,6	Cumple
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-	
P49	Quinta	HE 100 B	250	46	Cumple	HE 100 B	250	37,2	Cumple
	Cuarta	HE 120 B	430	202	Cumple	HE 120 B	430	29,2	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	327	Cumple	HE 120 B	430	19,9	Cumple
	Segunda	HE 140 B	659	453	Cumple	HE 140 B	659	47,2	Cumple
	Primera	HE 140 B	659	566	Cumple	HE 140 B	659	119,8	Cumple
	Entreplanta	HE 160 B	941	737	Cumple	HE 160 B	941	303,2	Cumple
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-	
P50	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 120 B	430	221	Cumple	HE 120 B	430	101,1	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	396	Cumple	HE 120 B	430	103,7	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	553	Cumple	HE 160 B	941	117,8	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	716	Cumple	HE 160 B	941	120,2	Cumple
	Entreplanta	HE 160 B	941	856	Cumple	HE 160 B	941	97,3	Cumple
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-	
P51	Quinta	HE 100 B	250	128	Cumple	HE 100 B	250	223,1	Cumple
	Cuarta	HE 140 B	659	335	Cumple	HE 140 B	659	294,5	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	530	Cumple	HE 140 B	659	108,9	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	726	Cumple	HE 160 B	941	129,6	Cumple
	Primera	HE 160 B	941	909	Cumple	HE 160 B	941	280,1	Cumple
	Entreplanta	HE 180 B	1242	1061	Cumple	HE 180 B	1242	451,5	Cumple
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-	
P52	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	71	Cumple	HE 100 B	250	74,7	Cumple
	Tercera	HE 100 B	250	109	Cumple	HE 100 B	250	147,4	Cumple
	Segunda	HE 100 B	250	147	Cumple	HE 100 B	250	195,8	Cumple
	Primera	HE 100 B	250	151	Cumple	HE 100 B	250	136,8	Cumple
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-	
P53	Quinta	HE 100 B	250	203	Cumple	HE 100 B	250	178,3	Cumple
	Cuarta	HE 160 B	941	527	Cumple	HE 160 B	941	487,2	Cumple
	Tercera	HE 160 B	941	723	Cumple	HE 160 B	941	687,9	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	918	Cumple	HE 180 B	1242	886,8	Cumple
	Primera	HE 180 B	1242	932	Cumple	HE 180 B	1242	902,2	Cumple
Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-	



Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
Baja		-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P54	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 120 B	430	155	Cumple	HE 120 B	430	78,4	Cumple
	Tercera	HE 120 B	430	284	Cumple	HE 120 B	430	224,9	Cumple
	Segunda	HE 140 B	659	415	Cumple	HE 140 B	659	417,3	Cumple
	Primera	HE 140 B	659	472	Cumple	HE 140 B	659	579,8	Cumple
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P55	Quinta	HE 100 B	250	230	Cumple	HE 120 B	430	426,3	Cumple
	Cuarta	HE 180 B	1242	691	Cumple	HE 180 B	1242	861,8	Cumple
	Tercera	HE 180 B	1242	946	Cumple	HE 180 B	1242	901,8	Cumple
	Segunda	HE 200 B	1581	1062	Cumple	HE 200 B	1581	897,6	Cumple
	Primera	HE 200 B	1581	1318	Cumple	HE 200 B	1581	816,9	Cumple
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P56	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 140 B	659	342	Cumple	HE 140 B	659	304,7	Cumple
	Tercera	HE 140 B	659	649	Cumple	HE 140 B	659	582,5	Cumple
	Segunda	HE 160 B	941	669	Cumple	HE 160 B	941	602,4	Cumple
	Primera	-	-	-	-	-	-	1000,9	-
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P57	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 180 B	1242	671	Cumple	HE 180 B	1242	491,8	Cumple
	Tercera	HE 180 B	1242	977	Cumple	HE 180 B	1242	738,7	Cumple
	Segunda	HE 180 B	1242	1076	Cumple	HE 180 B	1242	823,5	Cumple
	Primera	-	-	-	-	-	-	1133,4	-
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P58	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	161	Cumple	HE 100 B	250	109,3	Cumple
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P59	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	177	Cumple	HE 100 B	250	79,9	Cumple
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P60	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	HE 100 B	250	177	Cumple	HE 100 B	250	79,9	Cumple
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P61	Quinta	HE 100 B	250	185	Cumple	HE 100 B	250	112,1	Cumple
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-



Soporte		Cálculo manual				Cálculo automático			
Tramo		Perfil	Nbrd kN	Ned kN		Perfil	Nbrd kN	Ned kN	Verificación
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-
P62	Quinta	HE 100 B	250	34	Cumple	HE 100 B	250	83,7	Cumple
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segunda	-	-	-	-	-	-	-	-
	Primera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Entreplanta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-
	Sótano	-	-	-	-	-	-	-	-



II.4. Verificación de arriostramientos

Referencia	Planta	Cálculo manual				Cálculo automático			
		Perfil	Resistencia	Solicitación	Verificación	Perfil	Resistencia	Solicitación	Verificación
A2-A6 / B2-B6	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	64,96 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	91,2 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	98,60 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	45,3 kN	Cumple
	Segunda	UPN 80	288,10 kN	129,01 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	66,7 kN	Cumple
	Primera	UPN 80	288,10 kN	156,01 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	93,3 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 80	288,10 kN	177,26 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	146,2 kN	Cumple
A20-A26	Baja	UPN 80	288,10 kN	218,01 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	179,6 kN	Cumple
	Quinta	UPN 80	288,10 kN	59,68 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	122,8 kN	Cumple
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	104,31 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	184,6 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	127,43 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	226,4 kN	Cumple
	Segunda	UPN 80	288,10 kN	148,32 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	206,8 kN	Cumple
	Primera	UPN 80	288,10 kN	166,87 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	200,6 kN	Cumple
B'16-B'19 / E'16-E'19	Entreplanta	UPN 80	288,10 kN	181,47 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	288,7 kN	Cumple
	Baja	UPN 80	288,10 kN	209,47 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	236,9 kN	Cumple
	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	137,54 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	147,3 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	168,01 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	144,1 kN	Cumple
	Segunda	UPN 80	288,10 kN	195,56 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	142,6 kN	Cumple
B'21-B'23 / C'21-C'23	Primera	UPN 80	288,10 kN	220,02 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	259,6 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 80	288,10 kN	239,27 kN	Cumple	UPN 120	445,2 kN	278,9 kN	Cumple
	Baja	UPN 80	288,10 kN	276,19 kN	Cumple	UPN 120	445,2 kN	373,1 kN	Cumple
	Quinta	UPN 80	288,10 kN	104,14 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	326,2 kN	Cumple
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	182,02 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	244,9 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	222,36 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	191,8 kN	Cumple
G9-G11	Segunda	UPN 100	353,57 kN	258,81 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	250,6 kN	Cumple
	Primera	UPN 100	353,57 kN	291,18 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	348,9 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 120	445,24 kN	316,66 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	284,8 kN	Cumple
	Baja	UPN 120	445,24 kN	365,52 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	338,1 kN	Cumple
	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	48,90 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	119,6 kN	Cumple
Z1-Z9 / T20-T26	Tercera	UPN 80	288,10 kN	74,22 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	174,5 kN	Cumple
	Segunda	UPN 80	288,10 kN	97,11 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	178,9 kN	Cumple
	Primera	UPN 80	288,10 kN	117,44 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	201,8 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 80	288,10 kN	133,44 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	214,8 kN	Cumple
	Baja	UPN 80	288,10 kN	164,11 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	301,7 kN	Cumple
	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
Z1-Z9 / T20-T26	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	65,72 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	254,4 kN	Cumple
	Segunda	UPN 80	288,10 kN	85,99 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	309,2 kN	Cumple
	Primera	UPN 80	288,10 kN	103,98 kN	Cumple	UPN 140	534,3 kN	447,1 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 80	288,10 kN	118,15 kN	Cumple	UPN 140	534,3 kN	332,4 kN	Cumple
	Baja	-	-	-	-	-	-	-	-



Referencia	Planta	Cálculo manual				Cálculo automático			
		Perfil	Resistencia	Solicitación	Verificación	Perfil	Resistencia	Solicitación	Verificación
A2-B2	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	UPN 120	445,24 kN	196,86 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	116,8 kN	Cumple
	Tercera	UPN 120	445,24 kN	298,54 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	50,7 kN	Cumple
	Segunda	UPN 140	534,29 kN	312,42 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	62,9 kN	Cumple
	Primera	UPN 140	534,29 kN	394,27 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	84,6 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 140	534,29 kN	435,97 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	156,5 kN	Cumple
	Baja	UPN 140	534,29 kN	487,71 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	317,9 kN	Cumple
A28-J28	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	115,62 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	75,3 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	175,34 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	117,4 kN	Cumple
	Segunda	UPN 100	353,57 kN	183,49 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	153,5 kN	Cumple
	Primera	UPN 100	353,57 kN	231,56 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	160,1 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 100	353,57 kN	256,06 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	179,1 kN	Cumple
	Baja	UPN 100	353,57 kN	286,44 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	181,9 kN	Cumple
B11-G11	Quinta	UPN 80	288,10 kN	12,04 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	43,7 kN	Cumple
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	168,55 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	27,5 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	249,39 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	50,2 kN	Cumple
	Segunda	UPN 100	353,57 kN	260,42 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	101,1 kN	Cumple
	Primera	UPN 100	353,57 kN	325,50 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	180,4 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 120	445,24 kN	358,66 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	230,1 kN	Cumple
	Baja	UPN 120	445,24 kN	399,79 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	239,8 kN	Cumple
B'23-C'23	Quinta	UPN 80	288,10 kN	15,67 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	123,6 kN	Cumple
	Cuarta	UPN 100	353,57 kN	219,47 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	154,7 kN	Cumple
	Tercera	UPN 100	353,57 kN	324,75 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	218,2 kN	Cumple
	Segunda	UPN 120	445,24 kN	339,11 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	310,7 kN	Cumple
	Primera	UPN 120	445,24 kN	423,85 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	292,6 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 160	628,57 kN	467,02 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	101,1 kN	Cumple
	Baja	UPN 160	628,57 kN	520,58 kN	Cumple	UPN 100	353,6 kN	270,9 kN	Cumple
B'26-E'26	Quinta	UPN 80	288,10 kN	9,00 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	256 kN	Cumple
	Cuarta	UPN 80	288,10 kN	126,06 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	208,3 kN	Cumple
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	186,52 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	203,5 kN	Cumple
	Segunda	UPN 80	288,10 kN	194,77 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	236,7 kN	Cumple
	Primera	UPN 80	288,10 kN	243,44 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	226,4 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 100	353,57 kN	268,24 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	140,5 kN	Cumple
	Baja	UPN 100	353,57 kN	299,00 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	268,9 kN	Cumple
T1-Z1 / T20-Z20	Quinta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Cuarta	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tercera	UPN 80	288,10 kN	170,99 kN	Cumple	UPN 80	288,1 kN	259,6 kN	Cumple
	Segunda	UPN 100	353,57 kN	178,93 kN	Cumple	UPN 140	534,3 kN	303,7 kN	Cumple
	Primera	UPN 100	353,57 kN	225,81 kN	Cumple	UPN 140	534,3 kN	477,2 kN	Cumple
	Entreplanta	UPN 120	445,24 kN	249,70 kN	Cumple	UPN 140	534,3 kN	388,3 kN	Cumple
	Baja	UPN 120	445,24 kN	279,33 kN	Cumple	UPN 140	534,3 kN	480,4 kN	Cumple



ANEJO III: HOJAS DE CÁLCULO

III.1. Presión de viento

CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VIENTO [Volumen A]															
CARACTERÍSTICAS GENERALES															
Emplazamiento geográfico		Zona C		Ancho en dirección Y		by		30,00 m							
Coeficiente de presión dinámica del viento		qb	0,52	kN/m2	Esbeltez en X		ex		0,46						
Altura total del volumen		h	7,32	m	Esbeltez en Y		ey		0,24						
Ancho en dirección X		bx	15,83	m											
COTA DE LOS FORJADOS															
Forjado 1		f1	3,16	m	Forjado 4		f4	0,00	m						
Forjado 2		f2	6,32	m	Forjado 5		f5	0,00	m						
Forjado 3		f3	0,00	m	Forjado 6		f6	0,00	m						
COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN (Ce)															
Zona urbana en general, industrial o forestal		IV													
Forjado 1		Ce1	1,31	Forjado 4		Ce4	0,00								
Forjado 2		Ce2	1,43	Forjado 5		Ce5	0,00								
Forjado 3		Ce3	0,00	Forjado 6		Ce6	0,00								
COEFICIENTES EÓLICO (Cp y Cs)															
Dirección X		Cp	0,70	Cs	-0,38	Cp+Cs	1,08	Dirección Y		Cp	0,70	Cs	-0,30	Cp+Cs	1,00
PRESIÓN DE VIENTO POR FORJADOS															
		Presión	Succión	Total			Presión	Succión	Total						
		kN/m2	kN/m2	kN/m2			kN/m2	kN/m2	kN/m2						
Forjado 1 - X		0,48	-0,26	0,74	Forjado 4 - X		0,00	0,00	0,00						
Forjado 1 - Y		0,48	-0,20	0,68	Forjado 4 - Y		0,00	0,00	0,00						
Forjado 2 - X		0,52	-0,29	0,81	Forjado 5 - X		0,00	0,00	0,00						
Forjado 2 - Y		0,52	-0,22	0,74	Forjado 5 - Y		0,00	0,00	0,00						
Forjado 3 - X		0,00	0,00	0,00	Forjado 6 - X		0,00	0,00	0,00						
Forjado 3 - Y		0,00	0,00	0,00	Forjado 6 - Y		0,00	0,00	0,00						

CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VIENTO [Volumen B]															
CARACTERÍSTICAS GENERALES															
Emplazamiento geográfico		Zona C		Ancho en dirección Y		by		6,17 m							
Coeficiente de presión dinámica del viento		qb	0,52	kN/m2	Esbeltez en X		ex		0,83						
Altura total del volumen		h	19,96	m	Esbeltez en Y		ey		3,24						
Ancho en dirección X		bx	24,06	m											
COTA DE LOS FORJADOS															
Forjado 1		f1	3,16	m	Forjado 4		f4	12,64	m						
Forjado 2		f2	6,32	m	Forjado 5		f5	15,80	m						
Forjado 3		f3	9,48	m	Forjado 6		f6	18,96	m						
COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN (Ce)															
Zona urbana en general, industrial o forestal		IV													
Forjado 1		Ce1	1,31	Forjado 4		Ce4	1,94								
Forjado 2		Ce2	1,43	Forjado 5		Ce5	2,13								
Forjado 3		Ce3	1,73	Forjado 6		Ce6	2,23								
COEFICIENTES EÓLICO (Cp y Cs)															
Dirección X		Cp	0,80	Cs	-0,43	Cp+Cs	1,23	Dirección Y		Cp	0,80	Cs	-0,65	Cp+Cs	1,45
PRESIÓN DE VIENTO POR FORJADOS															
		Presión	Succión	Total			Presión	Succión	Total						
		kN/m2	kN/m2	kN/m2			kN/m2	kN/m2	kN/m2						
Forjado 1 - X		0,54	-0,29	0,84	Forjado 4 - X		0,81	-0,44	1,24						
Forjado 1 - Y		0,54	-0,44	0,99	Forjado 4 - Y		0,81	-0,66	1,47						
Forjado 2 - X		0,60	-0,32	0,92	Forjado 5 - X		0,88	-0,48	1,36						
Forjado 2 - Y		0,60	-0,49	1,08	Forjado 5 - Y		0,88	-0,72	1,61						
Forjado 3 - X		0,72	-0,39	1,11	Forjado 6 - X		0,93	-0,50	1,43						
Forjado 3 - Y		0,72	-0,59	1,31	Forjado 6 - Y		0,93	-0,76	1,69						



CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VIENTO [Volumen C]							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Emplazamiento geográfico		Zona C		Ancho en dirección Y	by	17,45	m
Coefficiente de presión dinámica del viento	qb	0,52	kN/m ²	Esbeltez en X	ex	2,44	
Altura total del volumen	h	19,96	m	Esbeltez en Y	ey	1,14	
Ancho en dirección X	bx	8,18	m				
COTA DE LOS FORJADOS							
Forjado 1	f1	3,16	m	Forjado 4	f4	12,64	m
Forjado 2	f2	6,32	m	Forjado 5	f5	15,80	m
Forjado 3	f3	9,48	m	Forjado 6	f6	18,96	m
COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN (Ce)							
Zona urbana en general, industrial o forestal		IV					
Forjado 1	Ce1	1,31		Forjado 4	Ce4	1,94	
Forjado 2	Ce2	1,43		Forjado 5	Ce5	2,13	
Forjado 3	Ce3	1,73		Forjado 6	Ce6	2,23	
COEFICIENTES EÓLICO (Cp y Cs)							
Dirección X	Cp	Cs	Cp+Cs	Dirección Y	Cp	Cs	Cp+Cs
	0,80	-0,63	1,43		0,80	-0,56	1,36
PRESIÓN DE VIENTO POR FORJADOS							
	Presión	Succión	Total		Presión	Succión	Total
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
Forjado 1 - X	0,54	-0,43	0,97	Forjado 4 - X	0,81	-0,64	1,45
Forjado 1 - Y	0,54	-0,38	0,92	Forjado 4 - Y	0,81	-0,56	1,37
Forjado 2 - X	0,60	-0,47	1,07	Forjado 5 - X	0,88	-0,70	1,58
Forjado 2 - Y	0,60	-0,42	1,01	Forjado 5 - Y	0,88	-0,62	1,50
Forjado 3 - X	0,72	-0,57	1,29	Forjado 6 - X	0,93	-0,73	1,66
Forjado 3 - Y	0,72	-0,50	1,22	Forjado 6 - Y	0,93	-0,65	1,58

CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VIENTO [Volumen D]							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Emplazamiento geográfico		Zona C		Ancho en dirección Y	by	7,48	m
Coefficiente de presión dinámica del viento	qb	0,52	kN/m ²	Esbeltez en X	ex	0,77	
Altura total del volumen	h	19,96	m	Esbeltez en Y	ey	2,67	
Ancho en dirección X	bx	26,08	m				
COTA DE LOS FORJADOS							
Forjado 1	f1	3,16	m	Forjado 4	f4	12,64	m
Forjado 2	f2	6,32	m	Forjado 5	f5	15,80	m
Forjado 3	f3	9,48	m	Forjado 6	f6	18,96	m
COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN (Ce)							
Zona urbana en general, industrial o forestal		IV					
Forjado 1	Ce1	1,31		Forjado 4	Ce4	1,94	
Forjado 2	Ce2	1,43		Forjado 5	Ce5	2,13	
Forjado 3	Ce3	1,73		Forjado 6	Ce6	2,23	
COEFICIENTES EÓLICO (Cp y Cs)							
Dirección X	Cp	Cs	Cp+Cs	Dirección Y	Cp	Cs	Cp+Cs
	0,80	-0,41	1,21		0,80	-0,64	1,44
PRESIÓN DE VIENTO POR FORJADOS							
	Presión	Succión	Total		Presión	Succión	Total
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
Forjado 1 - X	0,54	-0,28	0,82	Forjado 4 - X	0,81	-0,41	1,22
Forjado 1 - Y	0,54	-0,43	0,98	Forjado 4 - Y	0,81	-0,64	1,45
Forjado 2 - X	0,60	-0,30	0,90	Forjado 5 - X	0,88	-0,45	1,33
Forjado 2 - Y	0,60	-0,47	1,07	Forjado 5 - Y	0,88	-0,71	1,59
Forjado 3 - X	0,72	-0,37	1,09	Forjado 6 - X	0,93	-0,47	1,40
Forjado 3 - Y	0,72	-0,57	1,29	Forjado 6 - Y	0,93	-0,74	1,67



CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VIENTO [Volumen E]							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Emplazamiento geográfico		Zona C		Ancho en dirección Y	by	20,04	m
Coefficiente de presión dinámica del viento	qb	0,52	kN/m2	Esbeltez en X	ex	3,00	
Altura total del volumen	h	19,96	m	Esbeltez en Y	ey	1,00	
Ancho en dirección X	bx	6,66	m				
COTA DE LOS FORJADOS							
Forjado 1	f1	3,16	m	Forjado 4	f4	12,64	m
Forjado 2	f2	6,32	m	Forjado 5	f5	15,80	m
Forjado 3	f3	9,48	m	Forjado 6	f6	18,96	m
COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN (Ce)							
Zona urbana en general, industrial o forestal		IV					
Forjado 1	Ce1	1,31		Forjado 4	Ce4	1,94	
Forjado 2	Ce2	1,43		Forjado 5	Ce5	2,13	
Forjado 3	Ce3	1,73		Forjado 6	Ce6	2,23	
COEFICIENTES EÓLICO (Cp y Cs)							
Dirección X	Cp	Cs	Cp+Cs	Dirección Y	Cp	Cs	Cp+Cs
	0,80	-0,65	1,45		0,80	-0,50	1,30
PRESIÓN DE VIENTO POR FORJADOS							
	Presión	Succión	Total		Presión	Succión	Total
	kN/m2	kN/m2	kN/m2		kN/m2	kN/m2	kN/m2
Forjado 1 - X	0,54	-0,44	0,98	Forjado 4 - X	0,81	-0,65	1,46
Forjado 1 - Y	0,54	-0,34	0,88	Forjado 4 - Y	0,81	-0,50	1,31
Forjado 2 - X	0,60	-0,48	1,08	Forjado 5 - X	0,88	-0,72	1,60
Forjado 2 - Y	0,60	-0,37	0,97	Forjado 5 - Y	0,88	-0,55	1,44
Forjado 3 - X	0,72	-0,58	1,30	Forjado 6 - X	0,93	-0,75	1,68
Forjado 3 - Y	0,72	-0,45	1,17	Forjado 6 - Y	0,93	-0,58	1,51

CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VIENTO [Volumen F]							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Emplazamiento geográfico		Zona C		Ancho en dirección Y	by	6,50	m
Coefficiente de presión dinámica del viento	qb	0,52	kN/m2	Esbeltez en X	ex	0,71	
Altura total del volumen	h	19,96	m	Esbeltez en Y	ey	3,07	
Ancho en dirección X	bx	28,28	m				
COTA DE LOS FORJADOS							
Forjado 1	f1	3,16	m	Forjado 4	f4	12,64	m
Forjado 2	f2	6,32	m	Forjado 5	f5	15,80	m
Forjado 3	f3	9,48	m	Forjado 6	f6	18,96	m
COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN (Ce)							
Zona urbana en general, industrial o forestal		IV					
Forjado 1	Ce1	1,31		Forjado 4	Ce4	1,94	
Forjado 2	Ce2	1,43		Forjado 5	Ce5	2,13	
Forjado 3	Ce3	1,73		Forjado 6	Ce6	2,23	
COEFICIENTES EÓLICO (Cp y Cs)							
Dirección X	Cp	Cs	Cp+Cs	Dirección Y	Cp	Cs	Cp+Cs
	0,78	-0,40	1,18		0,80	-0,65	1,45
PRESIÓN DE VIENTO POR FORJADOS							
	Presión	Succión	Total		Presión	Succión	Total
	kN/m2	kN/m2	kN/m2		kN/m2	kN/m2	kN/m2
Forjado 1 - X	0,53	-0,27	0,80	Forjado 4 - X	0,79	-0,40	1,19
Forjado 1 - Y	0,54	-0,44	0,98	Forjado 4 - Y	0,81	-0,66	1,46
Forjado 2 - X	0,58	-0,30	0,88	Forjado 5 - X	0,87	-0,44	1,31
Forjado 2 - Y	0,60	-0,48	1,08	Forjado 5 - Y	0,88	-0,72	1,60
Forjado 3 - X	0,70	-0,36	1,06	Forjado 6 - X	0,91	-0,46	1,37
Forjado 3 - Y	0,72	-0,58	1,30	Forjado 6 - Y	0,93	-0,75	1,68



CÁLCULO DE LA PRESIÓN DE VIENTO [Volumen G]							
CARACTERÍSTICAS GENERALES							
Emplazamiento geográfico		Zona C		Ancho en dirección Y	by	30,01	m
Coefficiente de presión dinámica del viento	qb	0,52	kN/m ²	Esbeltez en X	ex	4,11	
Altura total del volumen	h	23,12	m	Esbeltez en Y	ey	0,77	
Ancho en dirección X	bx	5,62	m				
COTA DE LOS FORJADOS							
Forjado 1	f1	18,96	m	Forjado 4	f4	0,00	m
Forjado 2	f2	22,12	m	Forjado 5	f5	0,00	m
Forjado 3	f3	0,00	m	Forjado 6	f6	0,00	m
COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN (Ce)							
Zona urbana en general, industrial o forestal		IV					
Forjado 1	Ce1	2,23		Forjado 4	Ce4	0,00	
Forjado 2	Ce2	2,34		Forjado 5	Ce5	0,00	
Forjado 3	Ce3	0,00		Forjado 6	Ce6	0,00	
COEFICIENTES EÓLICO (Cp y Cs)							
Dirección X	Cp	Cs	Cp+Cs	Dirección Y	Cp	Cs	Cp+Cs
	0,80	-0,68	1,48		0,80	-0,41	1,21
PRESIÓN DE VIENTO POR FORJADOS							
	Presión	Succión	Total		Presión	Succión	Total
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
Forjado 1 - X	0,93	-0,79	1,71	Forjado 4 - X	0,00	0,00	0,00
Forjado 1 - Y	0,93	-0,47	1,40	Forjado 4 - Y	0,00	0,00	0,00
Forjado 2 - X	0,97	-0,82	1,79	Forjado 5 - X	0,00	0,00	0,00
Forjado 2 - Y	0,97	-0,50	1,47	Forjado 5 - Y	0,00	0,00	0,00
Forjado 3 - X	0,00	0,00	0,00	Forjado 6 - X	0,00	0,00	0,00
Forjado 3 - Y	0,00	0,00	0,00	Forjado 6 - Y	0,00	0,00	0,00



III.2. Tiempo equivalente de exposición al fuego

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S1									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	23,76	m2	h media huecos verticales	h	2,62	m		
Sup. suelo sector	Af	119,46	m2	Perímetro	P	59,19	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Hormigón armado			
Sup. Total	At	394,00	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	2,62	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	867,74	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	119,46	1,27	Coef. de corrección	δc	15<D<28 o A<2,8	1,50		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,20		Altura sector	H	2,62	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,10			
Coeficiente bv	bv	36,87		Coef. ventilación	Wf	0,98			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	867,74	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,98		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	60	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S2									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	6,08	m2	h media huecos verticales	h	2,62	m		
Sup. suelo sector	Af	285,1	m2	Perímetro	P	72,30	m		
Sup. abertura techo	Ah	6,24	m2	Material de la sección transversal		Hormigón armado			
Sup. Total	At	1228,13	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	9,10	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	1030,83	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	285,1	1,51	Coef. de corrección	δc	15<D<28 o A<2,8	1,50		
Coef. riesgo 2	δq2	Comercial, Aparcamiento, Hospitalario, Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,03		Altura sector	H	9,10	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0,021887057		Coef. aberturas	O	0,02			
Coeficiente bv	bv	15,62		Coef. ventilación	Wf	1,58			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	1030,83	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	1,58		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	114	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S3									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	46,41	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	119,46	m2	Perímetro	P	59,19	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	416,49	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	578,49	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	119,46	1,27	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,19			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	578,49	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	34	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S4									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	72,3	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	115,7	m2	Perímetro	P	53,40	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	391,60	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	575,44	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	115,7	1,26	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	575,44	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	34	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S5									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	49,68	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	49,8	m2	Perímetro	P	30,02	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	189,66	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	521,99	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	49,8	1,14	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	521,99	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	30	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S6									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	13,05	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	50,82	m2	Perímetro	P	30,43	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	192,93	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	522,82	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	50,82	1,15	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,12			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	522,82	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	30	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S7									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	85,11	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	202,17	m2	Perímetro	P	89,50	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	672,84	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	645,58	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	202,17	1,41	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	645,58	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	38	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S8									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	73,17	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	115,7	m2	Perímetro	P	53,40	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	391,60	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	575,44	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	115,7	1,26	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	575,44	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	34	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S9									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	128,13	m2	h media huecos verticales	h	6,16	m		
Sup. suelo sector	Af	115,08	m2	Perímetro	P	48,40	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	528,30	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	6,16	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	574,94	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	115,08	1,26	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	6,16	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,66			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	574,94	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,66		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	27	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S10									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	89,97	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	109,4	m2	Perímetro	P	44,20	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	351,40	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	570,33	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	109,4	1,25	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	570,33	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	33	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S11									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	28,14	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	107,27	m2	Perímetro	P	60,46	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	395,92	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	568,61	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	107,27	1,25	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,12			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	568,61	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	33	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S12									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	28,14	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	107,27	m2	Perímetro	P	60,46	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	395,92	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	568,61	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	107,27	1,25	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,12			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	568,61	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	33	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S13									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	45,4	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	195,06	m2	Perímetro	P	67,11	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	803,52	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	6,16	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	639,81	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	195,06	1,40	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,23		Altura sector	H	6,16	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,10			
Coeficiente bv	bv	40,92		Coef. ventilación	Wf	0,68			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	639,81	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,68		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	31	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S14									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	3,15	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	17,43	m2	Perímetro	P	18,84	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	91,38	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	495,73	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	17,43	1,09	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,18		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,06			
Coeficiente bv	bv	34,68		Coef. ventilación	Wf	1,02			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	495,73	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	1,02		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	36	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S15									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	28,14	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	107,27	m2	Perímetro	P	60,46	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	395,92	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	568,61	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	107,27	1,25	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	αv	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	αh	0		Coef. aberturas	O	0,12			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	568,61	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	33	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S16									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	25,13	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	78,03	m2	Perímetro	P	48,30	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	300,96	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	544,89	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	78,03	1,19	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	αv	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	αh	0		Coef. aberturas	O	0,14			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	544,89	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	32	min		
Coef. corrección	kc	1,00							



TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S17									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	67,35	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	115,07	m2	Perímetro	P	48,41	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	375,37	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	574,93	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	115,07	1,26	Coef. de corrección	δc	D<15 o Parking	1,00		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	574,93	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	33	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S18									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	67,35	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	115,07	m2	Perímetro	P	48,41	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	375,37	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	862,40	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	115,07	1,26	Coef. de corrección	δc	15<D<28 o A<2,8	1,50		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	862,40	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	50	min		
Coef. corrección	kc	1,00							



TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S19									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	28,14	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	107,27	m2	Perímetro	P	60,46	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	395,92	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	852,91	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	107,27	1,25	Coef. de corrección	δc	15<D<28 o A<2,8	1,50		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,12			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	852,91	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	49	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S20									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	106,7	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	114,53	m2	Perímetro	P	55,11	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	394,39	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	861,74	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	114,53	1,26	Coef. de corrección	δc	15<D<28 o A<2,8	1,50		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	av	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	ah	0		Coef. aberturas	O	0,20			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	861,74	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	50	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S21									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	3,45	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	8,35	m2	Perímetro	P	11,70	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	51,80	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	524,92	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	8,35	0,77	Coef. de corrección	δc	15<D<28 o A<2,8	1,50		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	αv	0,25		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	αh	0		Coef. aberturas	O	0,12			
Coeficiente bv	bv	42,97		Coef. ventilación	Wf	0,82			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	524,92	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,82		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	31	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

TIEMPO DE EXPOSICIÓN AL FUEGO - SECTOR S22									
DATOS PREVIOS									
Sup. abertura fachada	Av	34,47	m2	h media huecos verticales	h	3,00	m		
Sup. suelo sector	Af	168,7	m2	Perímetro	P	71,26	m		
Sup. abertura techo	Ah	0	m2	Material de la sección transversal		Acero protegido			
Sup. Total	At	551,18	m2	Normativa coeficiente de conversión kb		CTE			
Altura sector	H	3,00	m						
DENSIDAD DE CARGA DE FUEGO									
Densidad de carga de fuego	qfd	927,65	MJ/m2	Coef. medidas activas (1)	δn1	Ninguno	1,00		
Densidad de carga de fuego	qfk	Pública concurrencia	365,00	Coef. medidas activas (2)	δn2	Ninguno	1,00		
Coef. combustión	m	Otro	1,00	Coef. medidas activas (3)	δn3	Ninguno	1,00		
Coef. riesgo 1	δq1	168,7	1,36	Coef. de corrección	δc	15<D<28 o A<2,8	1,50		
Coef. riesgo 2	δq2	Pública Concurrencia	1,25						
COEFICIENTE DE VENTILACIÓN									
Relación entre Av/Af	αv	0,20		Altura sector	H	3,00	m		
Relación entre Ah/Af	αh	0		Coef. aberturas	O	0,11			
Coeficiente bv	bv	37,52		Coef. ventilación	Wf	0,93			
TIEMPO EQUIVALENTE DE EXPOSICIÓN AL FUEGO									
Coef. conversión	kb	0,07		Densidad de carga de fuego	qfd	927,65	MJ/m2		
Coef. ventilación	wf	0,93		Tiempo equivalente de exposición al fuego	te,d	61	min		
Coef. corrección	kc	1,00							

III.3. Micropilotes y encepados

DIMENSIONADO MICROPILOTES										
DATOS INICIALES										
SOLICITACIONES										
Soporte	P25	Axil característico		Pek	1668,1	kN	Axil de cálculo	Ped	2361,1	kN
CARACTERÍSTICAS TERRENO										
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral			Arcillas y limos blandos					
	Perforados				Suelos naturales sin alterar					
Micropilote		Tipo de terreno								
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)									
CARACTERÍSTICAS MICROPILOTE										
Diámetro perforación	Dp	200	mm	Tipo de acero del tubo	S275	Tipo de inyección		Resto de casos		
Profundidad del micropilote	L	13	m	Tipo de acero para barras corrugadas	B500S			Nueva construcción		
Cota inicio	Ct	-2,0	m	Barra empleada	32	m	Nivel Resistente Penetración en el estrato Empotramiento recomendado	Estrato 10		
Separación a ejes de micropilotes	S	800	mm	Vida útil	50	años		1,2 m		
Nº de micropilotes en el encepado		4		Espesor del tubo de acero	7	m		1,2 m		
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión	Manguitos exteriores	Cumple				
COMPROBACIÓN RESISTENCIA										
RESISTENCIA					HUNDIMIENTO					
Resistencia estructural de 1 micropilote	Nc,Rd		707	kN	Carga de hundimiento	Qh		4731	kN	
Rendimiento	η		1,00		Índice de aprovechamiento	200		%	Cumple	
Carga admisible de un pilote	Qadm		707	kN						
Resistencia de cálculo del grupo	Nc,Rd,tot		2826	kN						
Índice de aprovechamiento	120		%	Cumple						
TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN										
Resistencia estructura del micropilote					Coef. influencia tipo de ejecución		Fe	1		
Resistencia por pilote	Nc,Rd		706,6	kN	Cálculo de la sección del micropilote					
Área de hormigón	Ac	29383	mm2	N/m	Sección de cálculo		Aa	1229	mm2	
Resistencia de cálculo de hormigón	fcd	16,67	m2	Diámetro perforación		Dp	200	mm		
Área tubo de acero	As	1229	mm2	Diámetro micropilote		D	193,7	mm		
Resistencia de cálculo del acero	fyd	261,9	m2	Diámetro exterior armadura tubular		de	139	mm		
Área de acero en barras	As	804,2	mm2	Reducción espesor corrosión		re	0,6			
Resistencia de cálculo del acero	fsd	400,0	m2	Espesor del tubo de acero		t	7	mm		
Factor empírico de pandeo	R	0,8		Diámetro interior		di	132	mm		
Coeficiente Cr	Cr	10		Coeficiente de minoración por unión		Fu,c	1			
RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA										
Resistencia de cálculo por punta	Rp,d	617	kN	Resistencia de cálculo por fuste		Rfc,d	4114	kN		
Resistencia característica por punta	Rp,k	1851	kN	Resistencia característica por fuste		Rfc,k	12342	kN		

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE									
Resistencia por fuste característica	R _{fc} , d	4114	kN						
Resistencia por fuste característica 1	191,7 kN	1	48,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	4,00	m ²
Resistencia por fuste característica 2	200,9 kN	2	68,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,92	m ²
Resistencia por fuste característica 3	123,3 kN	3	54,5	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,26	m ²
Resistencia por fuste característica 4	125,0 kN	4	82,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	1,51	m ²
Resistencia por fuste característica 5	129,3 kN	5	64,3	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,01	m ²
Resistencia por fuste característica 6	349,0 kN	6	106,8	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	3,27	m ²
Resistencia por fuste característica 7	984,2 kN	7	73,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	13,32	m ²
Resistencia por fuste característica 8	2010,6 kN	8	666,7	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	3,02	m ²
Resistencia por fuste característica 9	0,0 kN	9	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²
Resistencia por fuste característica 10	0,0 kN	10	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²
Resistencia por fuste característica 11	0,0 kN	11	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²

DIMENSIONADO Y ARMADO DEL ENCEPADO

GEOMETRÍA

Micropilotes dispuestos	4	Vuelo en dirección B	vb	300	mm	Separación entre filas (a ejes)	sf	800	mm
Nº filas de micropilotes	f	Canto mínimo en A	ha	157,5	mm	Separación entre columnas (a ejes)	sc	800	mm
Nº columnas de micropilotes	c	Canto mínimo en B	hb	150	mm	Separación de ejes a bordes	sb	250	mm
Cumple		Canto mínimo normativo	h	400	mm	Lado A	A	1300	mm
Dimensión soporte Lado A	Sa	Canto del encepado	H	400	mm	Lado B	B	1300	mm
Dimensión soporte Lado B	Sb	Separación máxima a ejes de micropilotes	smax	1200	mm	Recubrimientos encepado	r	70	mm
Vuelo en dirección A	va	Separación mínima a ejes de micropilotes	smin	800	mm				

TRACCIÓN EN EL ARMADO				ARMADO INFERIOR HORIZONTAL PRINCIPAL			
Ancho del soporte	a	700	mm	Diámetros armadura	φ	16	mm
Separación a ejes de micropilotes	s	800	mm	Armaduras necesarias uniendo pilotes	p	6	
Componente horizontal de la biela	t	225	mm	Ancho para distribuir las armaduras	n	3	
Altura Z (0,8h)	Z	320	mm	Separación entre barras	D	600	mm
Axil de cálculo	Nd	2361,1	kN	Máximo de armaduras por capa	sp	100	mm
Tensión solicitada	T	415	kN			6	
				ARMADOS SECUNDARIOS			
				Armadura secundaria	φ	12	mm
				Separación armadura secundaria	s	250	mm

ASIENTO EN GRUPO DE PILOTES

ASIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Carga de cálculo máxima (micropilote en grupo)	Q _{ad}	707	kN	Longitud del pilote sobre el terreno	l	0,5	m
Coef. de seguridad		1,4		Área de la sección transversal del micropilote	A	0,031	m ²
Carga característica máxima (micropilote en grupo)	Q _{ad}	505	kN	Módulo de elasticidad	E	24000	kN/m ²
Carga de hundimiento por micropilote	R _{ck}	3548	kN	Asiento del micropilote más cargado	S	1	mm



ASIENTO DEL ENCEPADO									
Asiento del encepado	S2	0,26	mm	Lado A (lado largo)		1,3	m		
Lado corto equivalente	B1	6,95	m	Lado B (lado corto)		1,3	m		
			kN/m					1,6	
Presión efectiva en la cota z	qB1'	34,5	2	Área del encepado	Área	9	m ²		
						6,9			
Coef. Poisson	ν	0,30		Lado A' equivalente	A'	5	m		
	Esuel		kN/m			6,9			
Módulo elástico del terreno en la cota z	o	500000	2	Lado B' equivalente	B'	5	m		
								Área	
Coef. asientos en el centro del cimiento	k0	0,60		Área del encepado en profundidad z	'	48	m ²		
Profundidad Z	Z	7,35	m	Relación de					
				profundidad	n	4,1			
Coeficiente alfa	α	0,57		Relación de área de influencia	m	1,0			
Incremento del área	Δ	2,83	m						
ASIENTO TOTAL									
Asiento del micropilote más	S	9,		Asiento del				10,	m
solicitado	1	7	mm	encepado	S2	0,3	mm	Asiento total	Stot
								0	m



DIMENSIONADO MICROPILOTES										
DATOS INICIALES										
SOLICITACIONES										
Soporte	P29	Axil característico	Pek	1506,3	kN	Axil de cálculo	Ped	2139,9	kN	
CARACTERÍSTICAS TERRENO										
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral		Arcillas y limos blandos						
	Perforados			Suelos naturales sin alterar						
Micropilote		Tipo de terreno		sin alterar						
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)									
CARACTERÍSTICAS MICROPILETE										
Diámetro perforación	Dp	200	mm	Tipo de acero del tubo	S275	Tipo de inyección		Resto de casos		
Profundidad del micropilote	L	13	m	Tipo de acero para barras corrugadas	B500S			Nueva construcción		
Cota inicio	Ct	-2,0	m	Barra empleada	32	m	Tipo de aplicación	Estrato 10		
Separación a ejes de micropilotes	S	800	mm	Vida útil	50	años		Penetración en el estrato	1,2 m	
Nº de micropilotes en el encepado		4		Espesor del tubo de acero	7	m		Empotramiento recomendado	1,2 m	
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión	Manguitos exteriores				Cumple	
COMPROBACIÓN RESISTENCIA										
RESISTENCIA					HUNDIMIENTO					
Resistencia estructural de 1 micropilote	Nc,Rd	707	kN	Carga de hundimiento	Qh	4731	kN	Cumple		
Rendimiento	η	1,00		Índice de aprovechamiento	221	%				
Carga admisible de un pilote	Qadm	707	kN							
Resistencia de cálculo del grupo	Nc,Rd,tot	2826	kN							
Índice de aprovechamiento	132	%								
TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILETE A COMPRESIÓN										
Resistencia estructura del micropilote				Coef. influencia tipo de ejecución		Fe	1			
Resistencia por pilote	Nc,Rd	706,6	kN	Cálculo de la sección del micropilote						
Área de hormigón	Ac	29383	mm2	Sección de cálculo		Aa	1229	mm2		
			N/m							
Resistencia de cálculo de hormigón	fcd	16,67	m2	Diámetro perforación		Dp	200	mm		
Área tubo de acero	As	1229	mm2	Diámetro micropilote		D	193,7	mm		
			N/m							
Resistencia de cálculo del acero	fyd	261,9	m2	Diámetro exterior armadura tubular		de	139	mm		
Área de acero en barras	As	804,2	mm2	Reducción espesor corrosión		re	0,6			
			N/m							
Resistencia de cálculo del acero	fsd	400,0	m2	Espesor del tubo de acero		t	7	mm		
Factor empírico de pandeo	R	0,8		Diámetro interior		di	132	mm		
Coeficiente Cr	Cr	10		Coeficiente de minoración por unión		Fu,c	1			
RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA										
Resistencia de cálculo por punta	Rp,d	617	kN	Resistencia de cálculo por fuste		Rfc,d	4114	kN		
Resistencia característica por punta	Rp,k	1851	kN	Resistencia característica por fuste		Rfc,k	12342	kN		

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE									
Resistencia por fuste característica	R _{fc} , d	4114	kN						
Resistencia por fuste característica 1	191,7 kN	1	48,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	4,00	m ²
Resistencia por fuste característica 2	200,9 kN	2	68,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,92	m ²
Resistencia por fuste característica 3	123,3 kN	3	54,5	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,26	m ²
Resistencia por fuste característica 4	125,0 kN	4	82,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	1,51	m ²
Resistencia por fuste característica 5	129,3 kN	5	64,3	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,01	m ²
Resistencia por fuste característica 6	349,0 kN	6	106,8	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	3,27	m ²
Resistencia por fuste característica 7	984,2 kN	7	73,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	13,32	m ²
Resistencia por fuste característica 8	2010,6 kN	8	666,7	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	3,02	m ²
Resistencia por fuste característica 9	0,0 kN	9	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²
Resistencia por fuste característica 10	0,0 kN	10	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²
Resistencia por fuste característica 11	0,0 kN	11	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²

DIMENSIONADO Y ARMADO DEL ENCEPADO

GEOMETRÍA

Micropilotes dispuestos	N	4	Vuelo en dirección B	vb	300	mm	Separación entre filas (a ejes)	sf	800	mm
Nº filas de micropilotes	f	2	Canto mínimo en A	ha	141,25	mm	Separación entre columnas (a ejes)	sc	800	mm
Nº columnas de micropilotes	N	2	Canto mínimo en B	hb	150	mm	Separación de ejes a bordes	sb	250	mm
Cumple			Canto mínimo normativo	h	400	mm	Lado A	A	1300	mm
Dimensión soporte Lado A	Sa	735	Canto del encepado	H	400	mm	Lado B	B	1300	mm
Dimensión soporte Lado B	Sb	700	Separación máxima a ejes de micropilotes	smax	1200	mm	Recubrimientos encepado	r	70	mm
Vuelo en dirección A	va	282,5	Separación mínima a ejes de micropilotes	smin	800	mm				

TRACCIÓN EN EL ARMADO				ARMADO INFERIOR HORIZONTAL PRINCIPAL			
Ancho del soporte	a	735	mm	Diámetros armadura	φ	16	mm
Separación a ejes de micropilotes	s	800	mm	Armaduras necesarias uniendo pilotes	p	5	mm
Componente horizontal de la biela	t	216,25	mm	Ancho para distribuir las armaduras	n	3	mm
Altura Z (0,8h)	Z	320	mm	Separación entre barras	D	600	mm
Axil de cálculo	Nd	2139,9	kN	Máximo de armaduras por capa	sp	100	mm
Tensión solicitada	T	362	kN			6	
				ARMADOS SECUNDARIOS			
				Armadura secundaria	φ	12	mm
				Separación armadura secundaria	s	250	mm

ASIENTO EN GRUPO DE PILOTES

ASIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Carga de cálculo máxima (micropilote en grupo)	Q _{ad}	707	kN	Longitud del pilote sobre el terreno	l	0,5	m
Coef. de seguridad		1,4		Área de la sección transversal del micropilote	A	0,031	m ²
Carga característica máxima (micropilote en grupo)	Q _{ad}	505	kN	Módulo de elasticidad	E	24000	kN/m ²
Carga de hundimiento por micropilote	R _{ck}	3548	kN	Asiento del micropilote más cargado	S	1	mm

ASIENTO DEL ENCEPADO									
Asiento del encepado	S2	0,24	mm	Lado A (lado largo)		1,3	m		
Lado corto equivalente	B1	6,95	m	Lado B (lado corto)		1,3	m		
			kN/m					1,6	
Presión efectiva en la cota z	qB1'	31,2	2	Área del encepado	Área	9	m ²		
						6,9			
Coef. Poisson	ν	0,30		Lado A' equivalente	A'	5	m		
	Esuel		kN/m			6,9			
Módulo elástico del terreno en la cota z	o	500000	2	Lado B' equivalente	B'	5	m		
								Área	
Coef. asientos en el centro del cimiento	k0	0,60		Área del encepado en profundidad z	'	48	m ²		
Profundidad Z	Z	7,35	m	Relación de					
				profundidad	n	4,1			
Coeficiente alfa	α	0,57		Relación de área de influencia	m	1,0			
Incremento del área	Δ	2,83	m						
ASIENTO TOTAL									
Asiento del micropilote más	S	9,		Asiento del				10,	m
solicitado	1	7	mm	encepado	S2	0,2	mm	Asiento total	Stot
								0	m

DIMENSIONADO MICROPILOTES												
DATOS INICIALES												
SOLICITACIONES												
Soporte	P33	Axil característico		Pek	1461,5	kN	Axil de cálculo	Ped	2046,7	kN		
CARACTERÍSTICAS TERRENO												
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral		Arcillas y limos blandos								
	Perforados			Suelos naturales sin alterar								
Micropilote		Tipo de terreno		sin alterar								
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)											
CARACTERISTICAS MICROPILETE												
Diámetro perforación	D	200	mm	Tipo de acero del tubo Tipo de acero para barras corrugadas		S275		Tipo de inyección		Resto de casos		
Profundidad del micropilote	p	13	m			B500S				Nueva construcción		
Cota inicio	Ct	-2,0	m	Barra empleada		32		m		Estrato 10		
Separación a ejes de micropilotes	S	800	mm	Vida útil		50		m		Penetración en el estrato		
Nº de micropilotes en el encepado		4		Espesor del tubo de acero		7		m		Empotramiento recomendado		
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión		Manguitos exteriores		m		Cumple		
COMPROBACIÓN RESISTENCIA												
RESISTENCIA						HUNDIMIENTO						
Resistencia estructural de 1 micropilote			Nc,Rd		707	kN	Carga de hundimiento			Qh	4731	kN
Rendimiento			η		1,00		Índice de aprovechamiento			231	%	Cumple
Carga admisible de un pilote			Qadm		707	kN						
Resistencia de cálculo del grupo			Nc,Rd,tot		2826	kN						
Índice de aprovechamiento			138		%	Cumple						
TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILETE A COMPRESIÓN												
Resistencia estructura del micropilote						Coef. influencia tipo de ejecución			Fe	1		
Resistencia por pilote			Nc,Rd		706,6	kN	Cálculo de la sección del micropilote					
Área de hormigón			Ac		29383	mm2	Sección de cálculo			Aa	1229	mm2
Resistencia de cálculo de hormigón			fcd		16,67	m2	Diámetro perforación			Dp	200	mm
Área tubo de acero			As		1229	mm2	Diámetro micropilote			D	193,7	mm
Resistencia de cálculo del acero			fyd		261,9	m2	Diámetro exterior armadura tubular			de	139	mm
Área de acero en barras			As		804,2	mm2	Reducción espesor corrosión			re	0,6	
Resistencia de cálculo del acero			fsd		400,0	N/m	Espesor del tubo de acero			t	7	mm
Factor empírico de pandeo			R		0,8		Diámetro interior			di	132	mm
Coeficiente Cr			Cr		10		Coeficiente de minoración por unión			Fu,c	1	
RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA												
Resistencia de cálculo por punta			Rp,d		617	kN	Resistencia de cálculo por fuste			Rfc,d	4114	kN
Resistencia característica por punta			Rp,k		1851	kN	Resistencia característica por fuste			Rfc,k	12342	kN

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE									
Resistencia por fuste característica	R _{fc} , d	4114	kN						
Resistencia por fuste característica 1	191,7 kN	1	48,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	4,00	m ²
Resistencia por fuste característica 2	200,9 kN	2	68,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,92	m ²
Resistencia por fuste característica 3	123,3 kN	3	54,5	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,26	m ²
Resistencia por fuste característica 4	125,0 kN	4	82,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	1,51	m ²
Resistencia por fuste característica 5	129,3 kN	5	64,3	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,01	m ²
Resistencia por fuste característica 6	349,0 kN	6	106,8	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	3,27	m ²
Resistencia por fuste característica 7	984,2 kN	7	73,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	13,32	m ²
Resistencia por fuste característica 8	2010,6 kN	8	666,7	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	3,02	m ²
Resistencia por fuste característica 9	0,0 kN	9	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²
Resistencia por fuste característica 10	0,0 kN	10	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²
Resistencia por fuste característica 11	0,0 kN	11	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²

DIMENSIONADO Y ARMADO DEL ENCEPADO

GEOMETRÍA

Micropilotes dispuestos	4	Vuelo en dirección B	vb	300	mm	Separación entre filas (a ejes)	sf	800	mm
Nº filas de micropilotes	f	Canto mínimo en A	ha	157,5	mm	Separación entre columnas (a ejes)	sc	800	mm
Nº columnas de micropilotes	c	Canto mínimo en B	hb	150	mm	Separación de ejes a bordes	sb	250	mm
Cumple		Canto mínimo normativo	h	400	mm	Lado A	A	1300	mm
Dimensión soporte Lado A	Sa	Canto del encepado	H	400	mm	Lado B	B	1300	mm
Dimensión soporte Lado B	Sb	Separación máxima a ejes de micropilotes	smax	1200	mm	Recubrimientos encepado	r	70	mm
Vuelo en dirección A	va	Separación mínima a ejes de micropilotes	smin	800	mm				

TRACCIÓN EN EL ARMADO				ARMADO INFERIOR HORIZONTAL PRINCIPAL			
Ancho del soporte	a	700	mm	Diámetros armadura	φ	16	mm
Separación a ejes de micropilotes	s	800	mm	Armaduras necesarias uniendo pilotes	p	5	
Componente horizontal de la biela	t	225	mm	Ancho para distribuir las armaduras	n	3	
Altura Z (0,8h)	Z	320	mm	Separación entre barras	D	600	mm
Axil de cálculo	Nd	2046,7	kN	Máximo de armaduras por capa	sp	100	mm
Tensión solicitada	T	360	kN			6	
				ARMADOS SECUNDARIOS			
				Armadura secundaria	φ	12	mm
				Separación armadura secundaria	s	250	mm

ASIENTO EN GRUPO DE PILOTES

ASIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Carga de cálculo máxima (micropilote en grupo)	Q _{ad}	707	kN	Longitud del pilote sobre el terreno	l	0,5	m
Coef. de seguridad		1,4		Área de la sección transversal del micropilote	A	0,031	m ²
Carga característica máxima (micropilote en grupo)	Q _{ad}	505	kN	Módulo de elasticidad	E	24000	kN/
					S	000	m ²
Carga de hundimiento por micropilote	R _{ck}	3548	kN	Asiento del micropilote más cargado	1	10	mm



ASIENTO DEL ENCEPADO									
Asiento del encepado	S2	0,23	mm	Lado A (lado largo)		1,3	m		
Lado corto equivalente	B1	6,95	m	Lado B (lado corto)		1,3	m		
			kN/m					1,6	
Presión efectiva en la cota z	qB1'	30,2	2	Área del encepado	Área	9	m2		
								6,9	
Coef. Poisson	ν	0,30		Lado A' equivalente	A'	5	m		
	Esuel		kN/m					6,9	
Módulo elástico del terreno en la cota z	o	500000	2	Lado B' equivalente	B'	5	m		
Coef. asientos en el centro del cimiento	k0	0,60		Área del encepado en profundidad z	Área	48	m2		
Profundidad Z	Z	7,35	m	Relación de					
				profundidad	n	4,1			
Coeficiente alfa	α	0,57		Relación de área de influencia	m	1,0			
Incremento del área	Δ	2,83	m						
ASIENTO TOTAL									
Asiento del micropilote más	S	9,		Asiento del				10,	m
solicitado	1	7	mm	encepado	S2	0,2	mm	Asiento total	Stot
								0	m



DIMENSIONADO MICROPILOTES										
DATOS INICIALES										
SOLICITACIONES										
Soporte	P34	Axil característico		Pek	1185,1	kN	Axil de cálculo	Ped	1680,2	kN
CARACTERÍSTICAS TERRENO										
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral			Arcillas y limos blandos					
	Perforados				Suelos naturales sin alterar					
Micropilote		Tipo de terreno								
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)									
CARACTERÍSTICAS MICROPILOTE										
Diámetro perforación	Dp	200	mm	Tipo de acero del tubo		S275	Tipo de inyección		Resto de casos	
Profundidad del micropilote	L	13	m	Tipo de acero para barras corrugadas		B500S			Nueva construcción	
Cota inicio	Ct	-2,0	m	Barra empleada		32	m	Tipo de aplicación	Estrato 10	
Separación a ejes de micropilotes	S	800	mm	Vida útil		50	años			
Nº de micropilotes en el encepado		4		Espesor del tubo de acero		t	7	m	Empotramiento recomendado	
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión		Manguitos exteriores	Cumple			
COMPROBACIÓN RESISTENCIA										
RESISTENCIA					HUNDIMIENTO					
Resistencia estructural de 1 micropilote	Nc,Rd		707	kN	Carga de hundimiento	Qh		4731		kN
Rendimiento	η		1,00		Índice de aprovechamiento	282		%		Cumple
Carga admisible de un pilote	Qadm		707	kN						
Resistencia de cálculo del grupo	Nc,Rd,tot		2826	kN						
Índice de aprovechamiento	168		%							
TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN										
Resistencia estructura del micropilote					Coef. influencia tipo de ejecución		Fe	1		
Resistencia por pilote	Nc,Rd		706,6	kN	Cálculo de la sección del micropilote					
Área de hormigón	Ac		29383	mm2	Sección de cálculo		Aa	1229	mm2	
				N/m						
Resistencia de cálculo de hormigón	fcd		16,67	m2	Diámetro perforación		Dp	200	mm	
Área tubo de acero	As		1229	mm2	Diámetro micropilote		D	193,7	mm	
				N/m						
Resistencia de cálculo del acero	fyd		261,9	m2	Diámetro exterior armadura tubular		de	139	mm	
Área de acero en barras	As		804,2	mm2	Reducción espesor corrosión		re	0,6		
				N/m						
Resistencia de cálculo del acero	fsd		400,0	m2	Espesor del tubo de acero		t	7	mm	
Factor empírico de pandeo	R		0,8		Diámetro interior		di	132	mm	
Coeficiente Cr	Cr		10		Coeficiente de minoración por unión		Fu,c	1		
RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA										
Resistencia de cálculo por punta	Rp,d		617	kN	Resistencia de cálculo por fuste		Rfc,d	4114	kN	
Resistencia característica por punta	Rp,k		1851	kN	Resistencia característica por fuste		Rfc,k	12342	kN	

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE									
Resistencia por fuste característica	R _{fc} , d	4114	kN						
Resistencia por fuste característica 1	191,7 kN	1	48,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	4,00	m ²
Resistencia por fuste característica 2	200,9 kN	2	68,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,92	m ²
Resistencia por fuste característica 3	123,3 kN	3	54,5	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,26	m ²
Resistencia por fuste característica 4	125,0 kN	4	82,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	1,51	m ²
Resistencia por fuste característica 5	129,3 kN	5	64,3	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	2,01	m ²
Resistencia por fuste característica 6	349,0 kN	6	106,8	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	3,27	m ²
Resistencia por fuste característica 7	984,2 kN	7	73,9	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	13,32	m ²
Resistencia por fuste característica 8	2010,6 kN	8	666,7	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	3,02	m ²
Resistencia por fuste característica 9	0,0 kN	9	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²
Resistencia por fuste característica 10	0,0 kN	10	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²
Resistencia por fuste característica 11	0,0 kN	11	0,0	kN/	Área perimetral del pilote	A	p	0,00	m ²

DIMENSIONADO Y ARMADO DEL ENCEPADO

GEOMETRÍA

Micropilotes dispuestos	4	Vuelo en dirección B	vb	300	mm	Separación entre filas (a ejes)	sf	800	mm
Nº filas de micropilotes	f	Canto mínimo en A	ha	157,5	mm	Separación entre columnas (a ejes)	sc	800	mm
Nº columnas de micropilotes	c	Canto mínimo en B	hb	150	mm	Separación de ejes a bordes	sb	250	mm
Cumple		Canto mínimo normativo	h	400	mm	Lado A	A	1300	mm
Dimensión soporte Lado A	Sa	Canto del encepado	H	400	mm	Lado B	B	1300	mm
Dimensión soporte Lado B	Sb	Separación máxima a ejes de micropilotes	smax	1200	mm	Recubrimientos encepado	r	70	mm
Vuelo en dirección A	va	Separación mínima a ejes de micropilotes	smin	800	mm				

TRACCIÓN EN EL ARMADO				ARMADO INFERIOR HORIZONTAL PRINCIPAL			
Ancho del soporte	a	700	mm	Diámetros armadura	φ	16	mm
Separación a ejes de micropilotes	s	800	mm	Armaduras necesarias uniendo pilotes	p	4	
Componente horizontal de la biela	t	225	mm	Ancho para distribuir las armaduras	n	3	
Altura Z (0,8h)	Z	320	mm	Separación entre barras	D	600	mm
Axil de cálculo	Nd	1680,2	kN	Máximo de armaduras por capa	sp	100	mm
Tensión solicitada	T	295	kN			6	
				ARMADOS SECUNDARIOS			
				Armadura secundaria	φ	12	mm
				Separación armadura secundaria	s	250	mm

ASIENTO EN GRUPO DE PILOTES

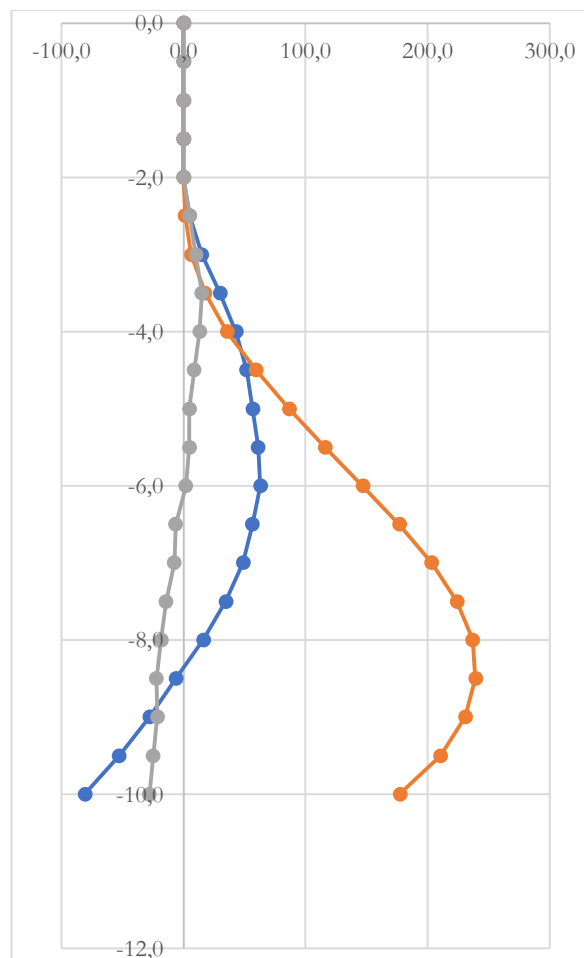
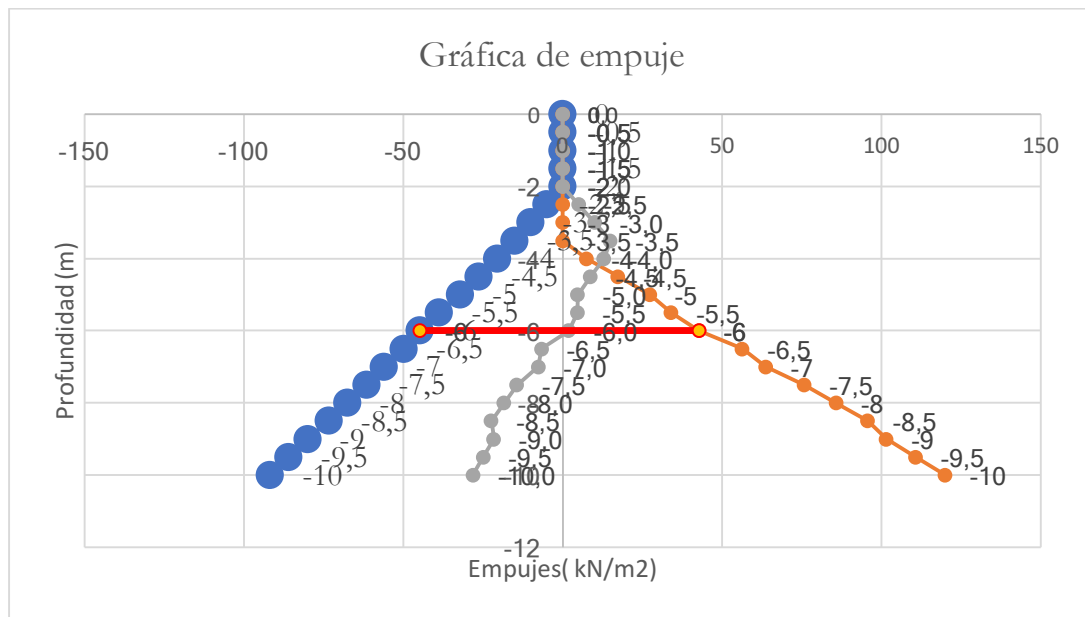
ASIENTO DEL GRUPO DE PILOTES

Carga de cálculo máxima (micropilote en grupo)	Q _{ad} m	707	kN	Longitud del pilote sobre el terreno	l	0,5	m
Coef. de seguridad		1,4		Área de la sección transversal del micropilote	A	0,031	m ²
Carga característica máxima (micropilote en grupo)	Q _{ad} m	505	kN	Módulo de elasticidad	E	24000	kN/m ²
Carga de hundimiento por micropilote	R _{ck}	3548	kN	Asiento del micropilote más cargado	S	1	10 mm

ASIENTO DEL ENCEPADO									
Asiento del encepado	S2	0,19	mm	Lado A (lado largo)		1,3	m		
Lado corto equivalente	B1	6,95	m	Lado B (lado corto)		1,3	m		
			kN/m					1,6	
Presión efectiva en la cota z	qB1'	24,5	2	Área del encepado	Área	9	m ²		
								6,9	
Coef. Poisson	ν	0,30		Lado A' equivalente	A'	5	m		
	Esuel		kN/m					6,9	
Módulo elástico del terreno en la cota z	o	500000	2	Lado B' equivalente	B'	5	m		
Coef. asientos en el centro del cimiento	k0	0,60		Área del encepado en profundidad z	Área	48	m ²		
Profundidad Z	Z	7,35	m	Relación de					
				profundidad	n	4,1			
Coeficiente alfa	α	0,57		Relación de área de influencia	m	1,0			
Incremento del área	Δ	2,83	m						
ASIENTO TOTAL									
Asiento del micropilote más	S	9,		Asiento del					
solicitado	1	7	mm	encepado	S2	0,2	mm	Asiento total	Stot
								9,9	m

III.4. Muros pantalla

SOLUCIÓN PARA PANTALLA A Y PANTALLA B





DIMENSIONADO MICROPILOTES										
DATOS INICIALES										
SOLICITACIONES										
Soporte	P8	Axil característico		Pek	1226,6	kN	Axil de cálculo	Ped	1750,5	kN
CARACTERÍSTICAS TERRENO										
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral			Arcillas y limos blandos					
	Perforados				Suelos naturales sin alterar					
Micropilote		Tipo de terreno								
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)									
CARACTERÍSTICAS MICROPILOTE										
Diámetro perforación	D	200	mm	Tipo de acero del tubo	S275	Tipo de inyección		Resto de casos		
Profundidad del micropilote	L	12	m	Tipo de acero para barras corrugadas	B500S					Tipo de aplicación
Cota inicio	Ct	-3,8	m	Barra empleada	0	m	Nivel Resistente	Estrato 10		
Separación a ejes de micropilotes	S	800	mm	Vida útil	50	añ	Penetración en el estrato	1,95 m		
Nº de micropilotes en el encepado		4		Espesor del tubo de acero	7	m	Empotramiento recomendado	1,2 m		
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión	Manguitos exteriores	Cumple				
COMPROBACIÓN RESISTENCIA										
RESISTENCIA					HUNDIMIENTO					
Resistencia estructural de 1 micropilote	Nc,Rd	500	kN	Carga de hundimiento	Qh	5956	kN	Cumple		
Rendimiento	η	1,00		Índice de aprovechamiento	340	%				
Carga admisible de un pilote	Qadm	500	kN							
Resistencia de cálculo del grupo	Nc,Rd,tot	1999	kN							
Índice de aprovechamiento	114	%		Cumple						
TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN										
Resistencia estructura del micropilote				Coef. influencia tipo de ejecución		Fe	1			
Resistencia por pilote	Nc,Rd	499,7	kN	Cálculo de la sección del micropilote						
Área de hormigón	Ac	30187	mm2	Sección de cálculo		Aa	1229	mm2		
	fcd	16,67	N/m2							
Resistencia de cálculo de hormigón				Diámetro perforación		Dp	200	mm		
Área tubo de acero	As	1229	mm2	Diámetro micropilote		D	193,7	mm		
	fyd		N/m2							
Resistencia de cálculo del acero		261,9	m2	Diámetro exterior armadura tubular		de	139	mm		
Área de acero en barras	As	0,0	mm2	Reducción espesor corrosión		re	0,6			
	fsd	400,0	N/m2	Espesor del tubo de acero		t	7	mm		
Resistencia de cálculo del acero										
Factor empírico de pandeo	R	0,8		Diámetro interior		di	132	mm		
Coeficiente Cr	Cr	10		Coeficiente de minoración por unión		Fu,c	1			
RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA										
Resistencia de cálculo por punta	Rp,d	777	kN	Resistencia de cálculo por fuste		Rfc,d	5179	kN		
Resistencia característica por punta	Rp,k	2331	kN	Resistencia característica por fuste		Rfc,k	15537	kN		

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE

Resistencia por fuste característica		Rfc, d	5179	kN				
Resistencia por fuste característica 1	200,9	kN	Resistencia unitaria por fuste 1	Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 2	123,3	kN	Resistencia unitaria por fuste 2	Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 3	125,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 3	Rfc,d3	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 4	129,3	kN	Resistencia unitaria por fuste 4	Rfc,d4	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 5	349,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 5	Rfc,d5	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 6	984,2	kN	Resistencia unitaria por fuste 6	Rfc,d6	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 7	3267,3	kN	Resistencia unitaria por fuste 7	Rfc,d7	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 8	0,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 8	Rfc,d8	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 9	0,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 9	Rfc,d9	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 10	0,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 10	Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m
Resistencia por fuste característica 11	0,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 11	Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del pilote	A	m



DIMENSIONADO MICROPILOTES										
DATOS INICIALES										
SOLICITACIONES										
Soporte	P27	Axil característico	Pek	513,7	kN	Axil de cálculo	Ped	719,4	kN	
CARACTERÍSTICAS TERRENO										
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral		Arcillas y limos blandos						
	Perforados			Suelos naturales sin alterar						
Micropilote		Tipo de terreno								
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)									
CARACTERÍSTICAS MICROPILOTE										
Diámetro perforación	Dp	200	mm	Tipo de acero del tubo	S275	Tipo de inyección		Resto de casos		
Profundidad del micropilote	L	12	m	Tipo de acero para barras corrugadas	B500S			Nueva construcción		
Cota inicio	Ct	-3,8	m	Barra empleada	0	m	Nivel Resistente Penetración en el estrato	Estrato 10		
Separación a ejes de micropilotes	S	800	mm	Vida útil	50	años		1,95 m		
Nº de micropilotes en el encepado		2		Espesor del tubo de acero	7	m		Empotramiento recomendado	1,2 m	
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión	Manguitos exteriores	Cumple				
COMPROBACIÓN RESISTENCIA										
RESISTENCIA					HUNDIMIENTO					
Resistencia estructural de 1 micropilote	Nc,Rd	500	kN	Carga de hundimiento	Qh	2978	kN	Cumple		
Rendimiento	η	1,00		Índice de aprovechamiento	414	%				
Carga admisible de un pilote	Qadm	500	kN							
Resistencia de cálculo del grupo	Nc,Rd,tot	999	kN							
Índice de aprovechamiento	139	%		Cumple						
TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN										
Resistencia estructura del micropilote					Coef. influencia tipo de ejecución	Fe	1			
Resistencia por pilote	Nc,Rd	499,7	kN	Cálculo de la sección del micropilote						
Área de hormigón	Ac	30187	mm2	Sección de cálculo	Aa	1229	mm2			
Resistencia de cálculo de hormigón	fcd	16,67	N/m2	Diámetro perforación	Dp	200	mm			
	As	1229	mm2	Diámetro micropilote	D	193,7	mm			
Resistencia de cálculo del acero	fyd	261,9	N/m2	Diámetro exterior armadura tubular	de	139	mm			
Área de acero en barras	As	0,0	mm2	Reducción espesor corrosión	re	0,6				
Resistencia de cálculo del acero	fsd	400,0	N/m2	Espesor del tubo de acero	t	7	mm			
Factor empírico de pandeo	R	0,8		Diámetro interior	di	132	mm			
Coeficiente Cr	Cr	10		Coeficiente de minoración por unión	Fu,c	1				



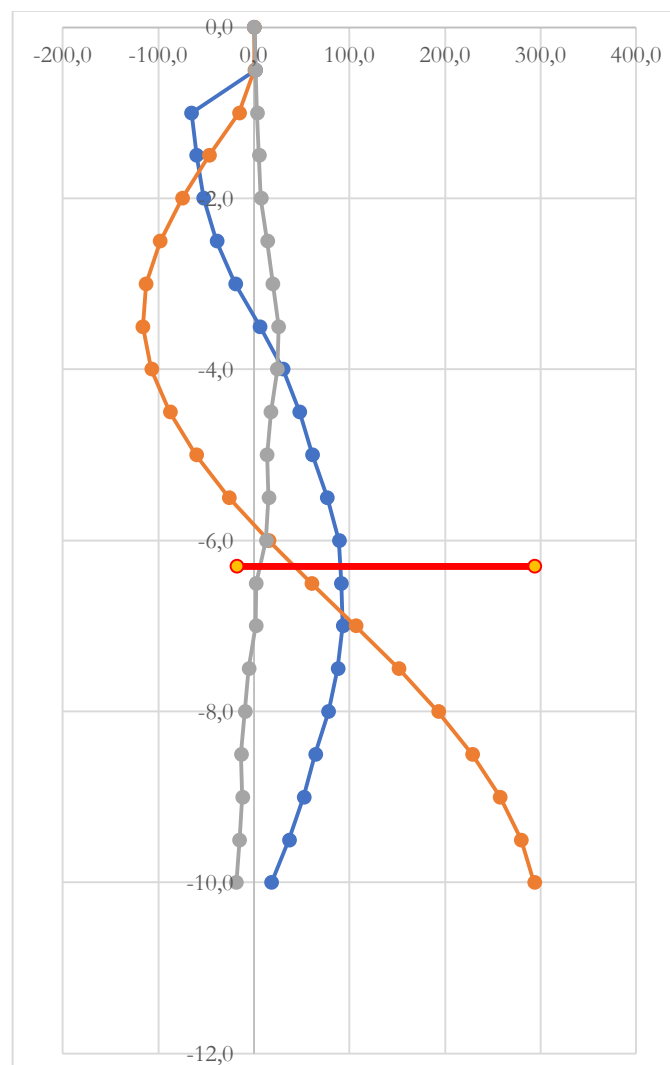
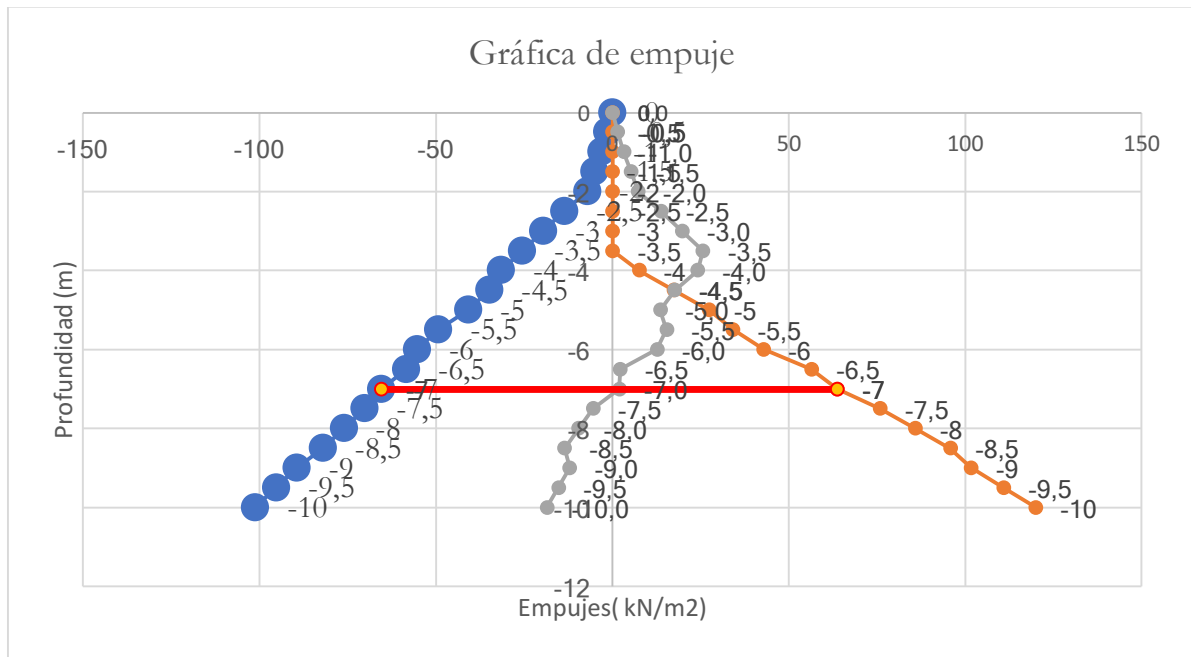
RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA

Resistencia de cálculo por punta	$R_{p,d}$	388 kN	Resistencia de cálculo por fuste	$R_{fc,d}$	259 kN
Resistencia característica por punta	$R_{p,k}$	1165 kN	Resistencia característica por fuste	$R_{fc,k}$	776 kN

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE

Resistencia por fuste característica	$R_{fc,d}$	2590 kN						
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d1}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
1	100,5 kN	1	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d1}$	68,9 2	pilote	1,46 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d1}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
2	61,6 kN	2	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d1}$	54,5 2	pilote	1,13 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d3}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
3	62,5 kN	3	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d3}$	82,9 2	pilote	0,75 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d4}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
4	64,7 kN	4	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d4}$	64,3 2	pilote	1,01 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d5}$	106, kN/m	Área perimetral del	A_p	m
5	174,5 kN	5	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d5}$	8 2	pilote	1,63 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d6}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
6	492,1 kN	6	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d6}$	73,9 2	pilote	6,66 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d7}$	666, kN/m	Área perimetral del	A_p	m
7	1633, 6 kN	7	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d7}$	7 2	pilote	2,45 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d8}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
8	0,0 kN	8	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d8}$	0,0 2	pilote	0,00 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d9}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
9	0,0 kN	9	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d9}$	0,0 2	pilote	0,00 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d1}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
10	0,0 kN	10	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d1}$	0 2	pilote	0,00 2	
Resistencia por fuste característica			Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d1}$	kN/m	Área perimetral del	A_p	m
11	0,0 kN	11	Resistencia unitaria por fuste	$R_{fc,d1}$	1 0,0 2	pilote	0,00 2	

SOLUCIÓN PARA PANTALLA C Y PANTALLA D





MÉTODO AMERICANO			
Fuerza arriostrante	F	70,00	kN/m
Altura libre interior	Hlibre	3,50	m
Punto de momento máximo	Mmax	3,00	m
Punto de momento nulo	H	5,8	m
Altura pantalla en empujes activos	t	2,32	m
Longitud de empotramiento	0,2t	0,46	m
Altura pantalla	H _{pant}	6,3	m
		Cumple	
Momento máximo	Mmax	112,9	mkN/m
Cortante Máximo	Vmax	89,0	kN/m

DIMENSIONADO MICROPILOTES			
DATOS INICIALES			
SOLICITACIONES			
Soporte	P41	Axil característico Pek	1462,2 kN
		Axil de cálculo Ped	2046,8 kN

CARACTERÍSTICAS TERRENO			
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral	Arcillas y limos blandos
	Perforados	Tipo de terreno	Suelos naturales sin alterar
Micropilote			
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)		

CARACTERÍSTICAS MICROPILETE			
Diámetro perforación	D	200 mm	Tipo de acero del tubo
Profundidad del micropilote	p	12 m	Tipo de acero para barras corrugadas
Cota inicio	Ct	-3,8 m	Barra empleada
Separación a ejes de micropilotes	S	800 mm	Vida útil
Nº de micropilotes en el encepado		5	Espesor del tubo de acero
Tipo de hormigón		25	Tipo de unión
			Manguitos exteriores
			Cumple

COMPROBACIÓN RESISTENCIA			
RESISTENCIA		HUNDIMIENTO	
Resistencia estructural de 1 micropilote	N _c ,R _d	500 kN	Carga de hundimiento Q _h
Rendimiento	η	1,00	Indice de aprovechamiento
Carga admisible de un pilote	Q _{adm}	500 kN	364 %
Resistencia de cálculo del grupo	N _c ,R _d , tot	2498 kN	
Indice de aprovechamiento	122 %		
		Cumple	

TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILETE A COMPRESIÓN			
Resistencia estructura del micropilote		Coef. influencia tipo de ejecución	Fe
Resistencia por pilote	N _c ,R _d	499,7 kN	Cálculo de la sección del micropilote
Área de hormigón	Ac	30187 mm ²	Sección de cálculo
		16,67 N/m ²	Diámetro perforación
Resistencia de cálculo de hormigón	f _{cd}	1229 mm ²	Diámetro micropilote
Área tubo de acero	As	261,9 m ²	Diámetro exterior armadura tubular
Resistencia de cálculo del acero	f _{yd}	0,0 mm ²	Reducción espesor corrosión
Área de acero en barras	As	400,0 N/m ²	Espesor del tubo de acero
Resistencia de cálculo del acero	f _{sd}	0,8	Diámetro interior
Factor empírico de pandeo	R	10	Coeficiente de minoración por unión
Coeficiente Cr	Cr		

RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA			
Resistencia de cálculo por punta	R _{p,d}	971 kN	Resistencia de cálculo por fuste
Resistencia característica por punta	R _{p,k}	2913 kN	Resistencia característica por fuste

RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE									
Resistencia por fuste característica		Rfc, d	6474	kN					
Resistencia por fuste característica				Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del	A	m	
1	251,1	kN	Resistencia unitaria por fuste 1	68,9	2	pilote	p	3,64	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del	A	m	
2	154,1	kN	Resistencia unitaria por fuste 2	54,5	2	pilote	p	2,83	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d3	kN/m	Área perimetral del	A	m	
3	156,3	kN	Resistencia unitaria por fuste 3	82,9	2	pilote	p	1,88	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d4	kN/m	Área perimetral del	A	m	
4	161,7	kN	Resistencia unitaria por fuste 4	64,3	2	pilote	p	2,51	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d5	kN/m	Área perimetral del	A	m	
5	436,3	kN	Resistencia unitaria por fuste 5	8	2	pilote	p	4,08	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d6	kN/m	Área perimetral del	A	m	
6	1230,3	kN	Resistencia unitaria por fuste 6	73,9	2	pilote	p	5	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d7	kN/m	Área perimetral del	A	m	
7	4084,1	kN	Resistencia unitaria por fuste 7	666,7	2	pilote	p	6,13	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d8	kN/m	Área perimetral del	A	m	
8	0,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 8	0,0	2	pilote	p	0,00	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d9	kN/m	Área perimetral del	A	m	
9	0,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 9	0,0	2	pilote	p	0,00	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del	A	m	
10	0,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 10	0	0,0	pilote	p	0,00	2
Resistencia por fuste característica				Rfc,d1	kN/m	Área perimetral del	A	m	
11	0,0	kN	Resistencia unitaria por fuste 11	1	0,0	pilote	p	0,00	2



DIMENSIONADO MICROPILOTES										
DATOS INICIALES										
SOLICITACIONES										
Soporte	P23	Axil característico		Pek	1704,8	kN	Axil de cálculo	Ped	2453,8	kN
CARACTERÍSTICAS TERRENO										
Tipo de suelo	Cohesivo	Tipo de coacción lateral			Arcillas y limos blandos					
	Perforados				Suelos naturales sin alterar					
Micropilote		Tipo de terreno								
Tipo de ejecución	Micropilote con tubería de revestimiento dejada in situ de forma permanente (camisa perdida)									
CARACTERÍSTICAS MICROPILOTE										
Diámetro perforación	Dp	200	mm	Tipo de acero del tubo	S275	Tipo de inyección		Resto de casos		
Profundidad del micropilote	L	12	m	Tipo de acero para barras corrugadas	B500S			Nueva construcción		
Cota inicio	Ct	-3,8	m	Barra empleada	0	m	Nivel Resistente	Estrato 10		
Separación a ejes de micropilotes	S	800	mm	Vida útil	50	años	Penetración en el estrato	1,95 m		
Nº de micropilotes en el encepado		5		Espesor del tubo de acero	7	m	Empotramiento recomendado	1,2 m		
Tipo de hormigón		25		Tipo de unión	Manguitos exteriores	Cumple				
COMPROBACIÓN RESISTENCIA										
RESISTENCIA					HUNDIMIENTO					
Resistencia estructural de 1 micropilote	Nc,Rd	500	kN	Carga de hundimiento	Qh	7445	kN	Cumple		
Rendimiento	η	1,00		Índice de aprovechamiento	303	%				
Carga admisible de un pilote	Qadm	500	kN							
Resistencia de cálculo del grupo	Nc,Rd, tot	2498	kN							
Índice de aprovechamiento	102	%		Cumple						
TOPE ESTRUCTURAL O RESISTENCIA ESTRUCTURAL DEL MICROPILOTE A COMPRESIÓN										
Resistencia estructura del micropilote	Nc,Rd	499,7	kN	Coef. influencia tipo de ejecución	Fe	1				
Resistencia por pilote	Nc,Rd	499,7	kN	Cálculo de la sección del micropilote						
Área de hormigón	Ac	30187	mm2	Sección de cálculo	Aa	1229	mm2			
	fcd	16,67	N/m2	Diámetro perforación	Dp	200	mm			
Resistencia de cálculo de hormigón	As	1229	mm2	Diámetro micropilote	D	193,7	mm			
Área tubo de acero	fyd	261,9	N/m2							
Resistencia de cálculo del acero	As	0,0	mm2	Diámetro exterior armadura tubular	de	139	mm			
Área de acero en barras	fsd	400,0	N/m2	Reducción espesor corrosión	re	0,6				
Resistencia de cálculo del acero				Espesor del tubo de acero	t	7	mm			
Factor empírico de pandeo	R	0,8		Diámetro interior	di	132	mm			
Coeficiente Cr	Cr	10			Fu, c	1				
				Coeficiente de minoración por unión	c	1				

RESISTENCIA UNITARIA POR PUNTA									
Resistencia de cálculo por punta	R _{p,d}	971	kN	Resistencia de cálculo por fuste	R _{fc,d}				k
Resistencia característica por punta	R _{p,k}	2913	kN	Resistencia característica por fuste	R _{fc,k}				k
RESISTENCIA UNITARIA POR FUSTE									
Resistencia por fuste característica	R _{fc,d}	6474	kN						
Resistencia por fuste característica 1	251,1	kN	1	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d1}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 2	154,1	kN	2	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d1}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 3	156,3	kN	3	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d3}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 4	161,7	kN	4	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d4}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 5	436,3	kN	5	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d5}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 6	1230,3	kN	6	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d6}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 7	4084,1	kN	7	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d7}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 8	0,0	kN	8	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d8}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 9	0,0	kN	9	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d9}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 10	0,0	kN	10	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d1}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m
Resistencia por fuste característica 11	0,0	kN	11	Resistencia unitaria por fuste	R _{fc,d1}	kN/m	Área perimetral del pilote	A _p	m



III.5. Vigas mixtas

DIMENSIONADO VIGAS MIXTAS - Ref. 3									
MATERIALES EMPLEADOS									
Resistencia característica del hormigón	fck	25	Mpa	Coef. de equivalencia elástico a plazo ∞	nEI, ∞	20,02			
Resistencia de cálculo del hormigón	fed	16,67	Mpa	Coef. de equivalencia plástico	npl, ∞	18,49			
Módulo de elasticidad a 28 días	Ec,28	31,5	Gpa	Tipo de acero		S275			
Módulo de elasticidad a plazo infinito	Ec, ∞	10,5	Gpa	Límite elástico del acero	fyk	27,5	kN/c		
Coef. de equivalencia elástico a 28 días	nEI,28	6,67		Tensión de cálculo	fyd	26,2	kN/c		
							m2		
DATOS GEOMÉTRICOS CHAPA COLABORANTE									
Esp. Hormg	Hh	100,0	mm	Alt. Perno	hsc	125	mm	Ancho de onda superior	121,0
	ec								mm
Esp. Chapa	h	0,075	mm	Ancho Inferior onda		58,0	mm	Ancho entre ondas	147,0
				Anch.medio		90,0	mm	s,ond	
Alt. Onda	hp	60,0	mm	onda	bo		mm	Sep. entre ondas	205,0
								a	mm
DATOS GEOMÉTRICOS VIGA									
Perfil	IPE 330			Luz vano izq	Ldrch	0,00	m	Sección	Vano isostático
Longitud viga	L	6,31	m	Intereje	s	2,66	m	Tipo de viga	Borde
Luz vano drch	Liz	5,32	m	Área tributaria	At	16,78	m2	Tipo de vano	Isostático
	q								
DEFINICIÓN DE CARGAS Y SOLICITACIONES									
	Superfi			Línea	Reducción de			Si	
	cial	Lineal	Superficial	l	sobrecargas				
	qk	qkm	qk	qdm				Ψ_0	Ψ_1
C. lineal permanente	Gk	0,98		1,32	Coef. de simultaneidad Q1	G11 - Cubiertas con inclinación $<20^\circ$		0	0
C. lineal variable	Qk	0,00		0,00	Coef. de simultaneidad Q2	Nieve ≤ 1000 m		0,5	0,2
Peso propio	G0	4,08	10,85	5,51	14,65	M(-) izq	M (-)	0	kN.m
Cargas muertas	G1	2,50	6,65	3,38	8,98	M(+) vano	M (+)	147,81	kN.m
Variable 1	Q1	1,00	2,64	1,50	3,96	M (-) drcha	M (-)	0,00	kN.m
Variable 2	Q2	0,20	0,53	0,30	0,79	Cortante izq	Vdiz	93,70	kN
							q		
Total		7,8	21,65	10,68	29,70	Cortante drcha	Vddr	93,70	kN
							ch		
ANCHO EFECTIVO (EC3)									
Distancia entre conectores externos	b0	0,00	mm	Distancia desde el perno al límite lateral drch	be2		mm		
Máx. ancho capa de compresión a izq	b1		1330	mm	Ancho eficaz	beff	788,75	mm	
Máximo ancho capa de compresión a drch	b2		1330	mm	Sección homogeneizada a M+ (28)	beq,28	118,2	mm	
Distancia entre puntos de momento nulo	Le			mm	Sección homogeneizada a M+ (∞)	beq, ∞	39,4	mm	
Distancia desde el perno al límite lateral izq	be1			mm	Sección homogeneizada a M-	As,eq		mm	
COMPROBACIONES FLEXIÓN / INTERACCIÓN MY-VZ									
Resist. a compresión hormigón	Nc,Rd,tot	1117,4	kN	Área del alma	Av	2302,5	mm2		
Momento solicitado	Mpl,Ed	147,8	kN·m	Resistencia a cortante	τ_{Rd}	158,8	N/m2		
Resist. a compresión del perfil	Npl,Rd	1084,94	kN	Cortante resistido por el perfil	Vpl,Rd	365,6	kN		
Resist. a flexión del perfil	Mpl,Rd	430,88	kN·m	Cortante solicitado por la sección	Ved	93,7	kN		
Bloque Comprimido vs Bloque traccionado		Cumple						No hay interacción	
Flexión resistida vs Flexión solicitada		Cumple							



COMPROBACION DEFORMACIÓN LÍMITE									
Tipo de construcción			Construcción no Apeada			Inercia necesaria del perfil 6.847			
I perfil	Ia	111 45	cm4	I a 28 días	I28	43080	cm4	I a infinito	I ∞ 32000 cm4
EI perfil	EI	234 05	kN /m 2	EI a 28 días	EI28	90469	kN/ m2	EI a infinito	EI ∞ 67201 kN/ m2
Flecha montaje (montaje, EIviga)	δ_g	0,01 0	m	Flecha tras la construcción (activa, EI ∞)	δ_0	0,0042	m	Flecha casi permanente (EI ∞)	δ_2 0,0157 m
Deformación	L/ ?	488		Deformación	L/?	1497		Deformación	L/? 402
Limitación		300	Cu mpl e	Limitación		300	Cum ple	Limitación	300 Cu mpl e

PERNOS: RESISTENCIA Y REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD POR CONEXIÓN									
RESISTENCIA DE LOS PERNOS					Resistencia del conector 1				
					Prd 109478, 1 2 kN				
Factor de seguridad					Resistencia del conector 2				
γ_v 1,25					Prd 2 99607,4 kN				
Resistencia característica del conector					Resistencia mínima del conector				
fck 350					Prd min 99607,4 kN				
Resistencia última del conector					REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD POR CONEXIÓN A TRAVÉS DE CHAPA				
Diámetro del conector					Nº de conectores				
fu 450					nc 1				
hc 125					Soldados				
Altura del conector					Método de unión				
hc/					Reducción de resistencia en vigas paralelas a los nervios				
Relación altura/diámetro conector					kt 0,85				
d 5,68					Reducción de resistencia en vigas perpendiculares a los nervios				
Alfa α 1					kt 0,85				

CÁLCULO ARMADURA RASANTE									
CÁLCULO DEL RASANTE			ARMADURA DE RASANTE			GRADO DE CONEXIÓN			
Longitud crítica	Lcr	i 3,16	m	Separación entre armaduras de rasante	sf	205	mm	Conectores necesarios	n 15
Rasante mínimo resistido por el forjado mixto	V1, Rd	111 7,4	kN	Ángulo biela comprimida	α	45	°	Resistencia necesaria por conector	Prd 1117,4
Conectores por onda		15		Resistencia de rasante por metro	Ved	354,17	m	Conectores dispuestos	nf 15
Resistencia necesaria por conector	Prd	74,4	kN	Cuantía de acero necesaria	Asf /2	91	mm2	Resistencia por conector dispuesto	Prd 1269,9
Resistencia por conector seleccionado		84,6	kN	Armadura a disponer por onda	θ	1	12	Grado de conexión	η 1,14
Resistencia total de los conectores dispuestos	Prd tot	126 9,9	Cu mpl e			Cum ple		Conexi ón total	

COMPROBACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN INCENDIO									
Alt. Hormigón	h1	100	mm	Superficie expuesta	Lr	256,5	mm	Factor a4	a4 -735 min
Alt. onda	h2	60	mm	Tipo de hormigón dispuesto		Normal weight concrete		Factor a5	a5 48 min
Anch. onda inferior	l1	58,0	mm	Factor a0	a0	-28,8	min	Factor Φ	Φ 0,42 -
Anch. onda superior	l2	0	mm	Factor a1	a1	1,55	mm	Resistencia al fuego respecto del aislamiento térmico	ti 129,6 min
Anch. entre ondas	l3	0	mm	Factor a2	a2	-12,6	min	Resistencia al fuego requerida	tr 90 min
Área	A	0	2	Factor a3	a3	0,33	mm		Cumple



ARMADO DE INCENDIO EN POSITIVOS

Dist. Perp. 1	u1	42,5	mm	Factor c0	c0	1342 °C	Temperatura del armado positivo	s	477 °C
Dist. Perp. 2	u2	62,9	mm	Factor c1	c1	-256 °C	Temperatura inferior interpolación	500	°C
Dist. Perp. 3	u3	60	mm	factor c2	c2	-235 °C	Temperatura superior interpolación	600	°C
Ángulo exterior del alma con la horizontal	α	62	°	Factor c3	c3	-5,3 °C/mm	Reducción inferior interpolación	0,78	
Indicador de la posición en la costilla	z	2,4	mm	Factor c4	c4	1,39 °C/°	Reducción superior interpolación	0,47	
Resistencia al fuego	R	90	min	Factor c5	c5	1267 °C/mm	Reducción de resistencia final	0,85	

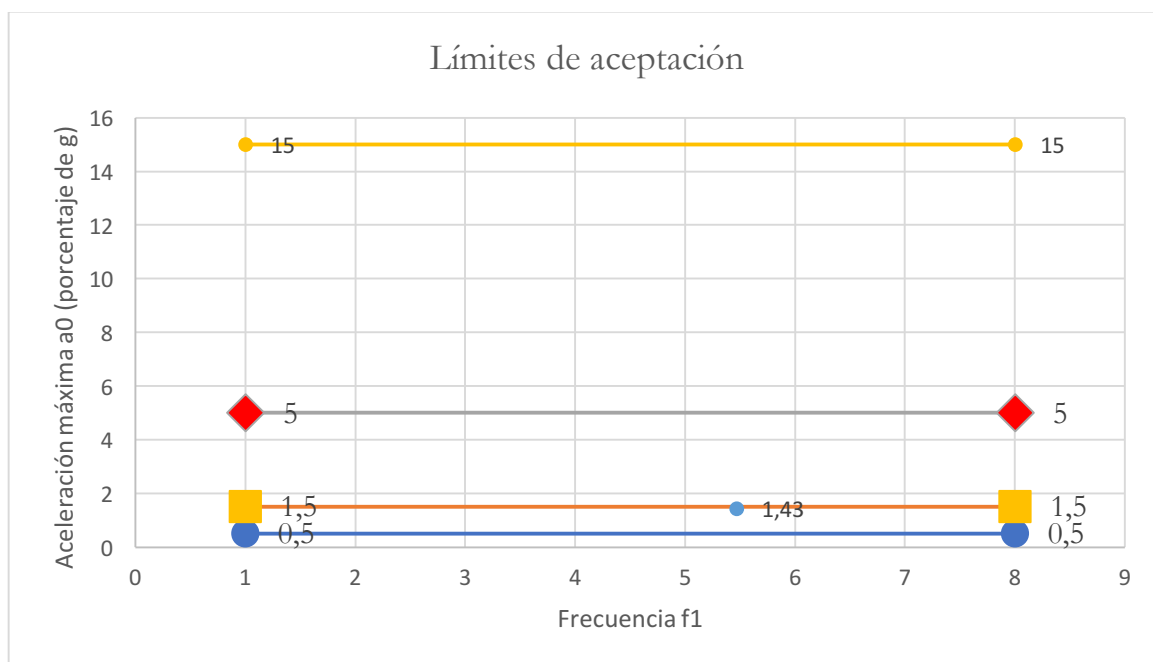
COMPROBACIÓN EN SITUACIÓN DE INCENDIO

Carga superficial	qd	1,3	kN/m	Momento de incendio	M	0	kN.m	Área necesaria de armado a fuego	a	27,94	mm ²
Peso propio	G	4,0	kN/m	Momento de incendio	M	1,19	kN.m	Cuantía de armado	*	12,15	kN
Cargas muertas	1	2,5	m ²	M (-) drcha	)	0,00	kN.m	Cuantía de armado reducida por temperatura	u	14,29	kN
Carga variable 1	Q	1,0	kN/m	Interese	b	5	m	Armadura dispuesta en la sección		21,9	kN
Coefficiente de simultaneidad Q1	Ψ	0		Canto útil de la sección	d	0,1	m		1	8	
Carga variable 2	Q	0,2	kN/m	Momento reducido	μ	0,03					
Coefficiente de simultaneidad Q2	Ψ	0			w	0,04					

Cumple

COMPROBACIÓN VIBRACIONES

CÁLCULO DE LA FRECUENCIA				CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN MÁXIMA			
EI a infinito	EI	672	kN/m ²	Masa lineal	mv	056	kN/m
Longitud viga	L	6,3	m	Frecuencia	f1	5,47	Hz
Masa superficial	mf	6,5	kN/m ²	Uso	Oficinas, centros comerciales		
		8	m ²	Límite frecuencia	3	Hz	
				Cumple			





DIMENSIONADO VIGAS MIXTAS - Ref. 54									
MATERIALES EMPLEADOS									
Resistencia característica del hormigón	fck	25	Mpa	Coef. de equivalencia elástico a plazo ∞	nEI, ∞	20,02			
Resistencia de cálculo del hormigón	fed	16,67	Mpa	Coef. de equivalencia plástico	npl, ∞	18,49			
Módulo de elasticidad a 28 días	Ec,28	31,5	Gpa	Tipo de acero		S275			
Módulo de elasticidad a plazo infinito	Ec, ∞	10,5	Gpa	Límite elástico del acero	fyk	27,5	kN/c		
Coef. de equivalencia elástico a 28 días	nEI,28	6,67		Tensión de cálculo	fyd	26,2	kN/c		
							m2		
DATOS GEOMÉTRICOS CHAPA COLABORANTE									
Esp. Hormg	Hh	100,0	mm	Alt. Perno	hsc	125	mm	Ancho de onda superior	121,0
Esp. Chapa	ech	0,075	mm	Ancho Inferior onda		58,0	mm	Ancho entre ondas	147,0
				Anch.medio		90,0	mm	s,ond	205,0
Alt. Onda	hp	60,0	mm	onda	bo		mm	a	
DATOS GEOMÉTRICOS VIGA									
Perfil	IPE	400		Luz vano izq	Ldrch	0,00	m	Sección	Vano isostático
Longitud viga	L	7,50	m	Intereje	s	2,98	m	Tipo de viga	Borde
Luz vano drch	Liz	5,95	m	Área tributaria	At	22,31	m2	Tipo de vano	Isostático
	q								
DEFINICIÓN DE CARGAS Y SOLICITACIONES									
	Superficial	Lineal	Superficial	Lineal	Reducción de sobrecargas			Si	
	qk	qkm	qd	qdm				Ψ_0	Ψ_1
C. lineal permanente	G1	1,95		2,63	Coef. de simultaneidad Q1	C1 - Zonas con mesas y sillas	0,7	0,7	0,6
C. lineal variable	Q1	0,00		0,00	Coef. de simultaneidad Q2	Ninguna	0	0	0
Peso propio	G0	4,08	12,14	5,51	16,39	M(-) izq	M (-)	0	kN.m
Cargas muertas	G1	2,50	7,44	3,38	10,04	M(+) vano	M (+)	291,85	kN.m
Variable 1	Q1	3,00	8,30	4,50	12,45	M (-) drcha	M (-)	0,00	kN.m
Variable 2	Q2	0,00	0,00	0,00	0,00	Cortante izq	Vdiz	155,65	kN
							q		
Total		9,6	29,82	13,38	41,51	Cortante drcha	Vddr	155,65	kN
							ch		
ANCHO EFECTIVO (EC3)									
Distancia entre conectores externos	b0	0,00	mm	Distancia desde el perno al límite lateral drch	be2		mm		
Máx. ancho capa de compresión a izq	b1	1487,5	mm	Ancho eficaz	beff	937,5	mm		
Máximo ancho capa de compresión a drch	b2	1487,5	mm	Sección homogeneizada a M+ (28)	beq,28	140,5	mm		
Distancia entre puntos de momento nulo	Le		mm	Sección homogeneizada a M+ (∞)	beq, ∞	46,8	mm		
Distancia desde el perno al límite lateral izq	be1		mm	Sección homogeneizada a M-	As,eq		mm		
COMPROBACIONES FLEXIÓN / INTERACCIÓN MY-VZ									
Resist. a compresión hormigón	Nc,Rd,tot	1328,1	kN	Área del alma	Av	3207,8	mm2		
Momento solicitado	Mpl,Ed	291,9	kN·m	Resistencia a cortante	τ Rd	158,8	N/m2		
Resist. a compresión del perfil	Npl,Rd	1476,57	kN	Cortante resistido por el perfil	Vpl,Rd	509,3	kN		
Resist. a flexión del perfil	Mpl,Rd	655,03	kN·m	Cortante solicitado por la sección	Ved	155,7	kN		
Bloque Comprimido vs Bloque traccionado		No Cumple						No hay interacción	
Flexión resistida vs Flexión solicitada		Cumple							



COMPROBACION DEFORMACIÓN LÍMITE									
Tipo de construcción			Construcción no Apeada		Inercia necesaria del perfil 12.859				
I perfil	Ia	218 cm4	I a 28 días	I28	75317 cm4	I a infinito	I∞	53459 cm4	
EI perfil	EIa	459 kN/m2	EI a 28 días	EI28	158166 kN/m2	EI a infinito	EI∞	112264 kN/m2	
Flecha montaje (montaje, EIviga)	δg0	0,0147 m	Flecha tras la construcción (activa, EI∞)	δ0	0,0083 m	Flecha casi permanente (EI∞)	δ2	0,0211 m	
Deformación	L/?	510	Deformación	L/?	909	Deformación	L/?	355	
Limitación		300 Cu mple	Limitación		300 Cumple	Limitación		300 Cu mple	

PERNOS: RESISTENCIA Y REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD POR CONEXIÓN									
RESISTENCIA DE LOS PERNOS					Resistencia del conector 1				
					Prd 109478, 1 2 kN				
Factor de seguridad					Resistencia del conector 2				
Yv 1,25					Prd 2 99607,4 kN				
Resistencia característica del conector					Resistencia mínima del conector				
fck 350 N/mm2					Prd min 99607,4 kN				
Resistencia última del conector					REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD POR CONEXIÓN A TRAVÉS DE CHAPA				
Diámetro del conector					Nº de conectores				
d 22 mm					nc 1				
Altura del conector					Método de unión				
hc 125 mm					Soldados				
Relación altura/diámetro conector					Reducción de resistencia en vigas paralelas a los nervios				
d 5,68					kt 0,85				
Alfa					Reducción de resistencia en vigas perpendiculares a los nervios				
α 1					kt 0,85				

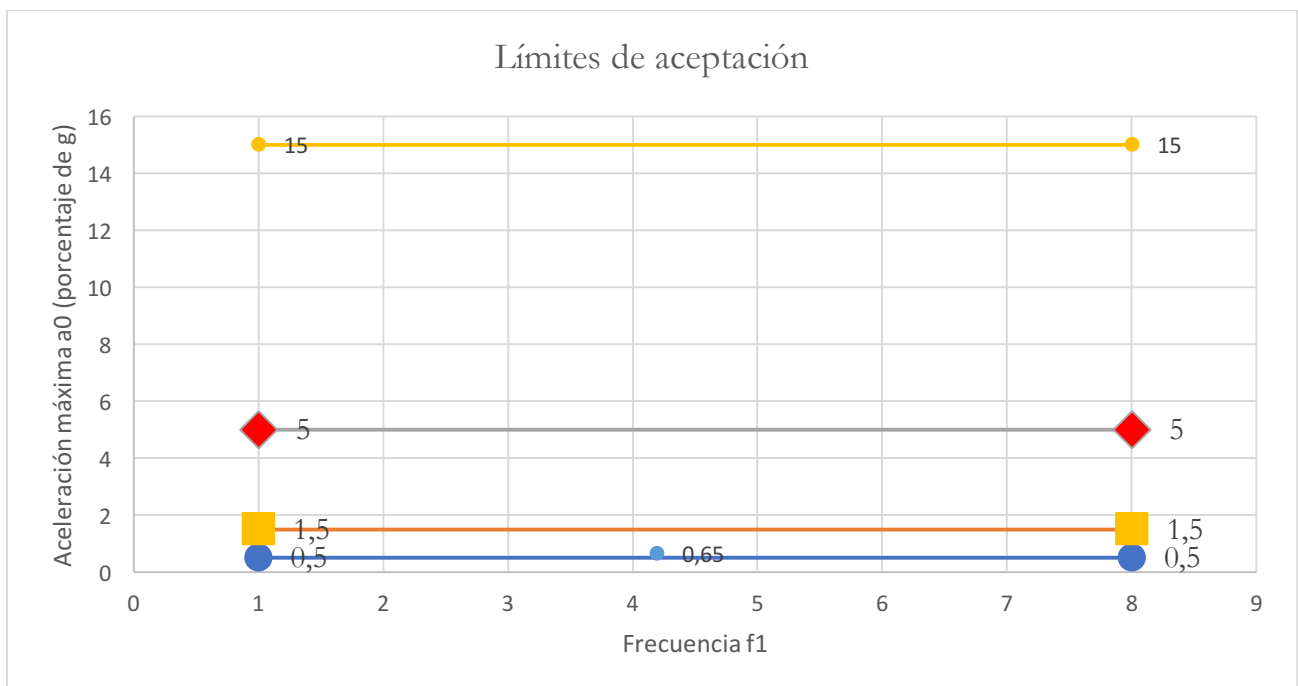
CÁLCULO ARMADURA RASANTE									
CÁLCULO DEL RASANTE			ARMADURA DE RASANTE			GRADO DE CONEXIÓN			
Longitud crítica	Lcr	3,75 m	Separación entre armaduras de rasante	sf	205 mm	Conectores necesarios	n	18	
Rasante mínimo resistido por el forjado mixto	V1, Rd	132 8,1 kN	Ángulo biela comprimida	α	45 °	Resistencia necesaria por conector	Prd	1328,1	
Conectores por onda	18		Resistencia de rasante por metro	Ved	354,17 m	Conectores dispuestos	nf	18	
Resistencia necesaria por conector	Prd 8 kN		Cuantía de acero necesaria	Asf /2	91 mm2	Resistencia por conector dispuesto	Prd	1523,88	
Resistencia por conector seleccionado	84,6 6 kN		Armadura a disponer por onda	θ	1 12	Grado de conexión	η	1,15	
Resistencia total de los conectores dispuestos	Prd 152 3,88 Cu mple				Cumple		Conexión total		

COMPROBACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN INCENDIO									
Alt. Hormigón	h1	100 mm	Superficie expuesta	Lr	256,5 mm	Factor a4	a4	-735 min	
Alt. onda	h2	60 mm	Tipo de hormigón dispuesto		Normal weight concrete	Factor a5	a5	48 min	
Anch. onda inferior	l1	58,0 mm	Factor a0	a0	-28,8 min	Factor Φ	Φ	0,42 -	
Anch. onda superior	l2	0 mm	Factor a1	a1	1,55 mm	Resistencia al fuego respecto del aislamiento térmico	ti	129,6 min	
Anch. entre ondas	l3	0 mm	Factor a2	a2	-12,6 min	Resistencia al fuego requerida	tr	90 min	
Área	A	0 2	Factor a3	a3	0,33 mm			Cumple	

ARMADO DE INCENDIO EN POSITIVOS									
Dist. Perp. 1	u1	42,5	mm	Factor c0	c0	1342 °C	Temperatura del armado positivo	s	477 °C
Dist. Perp. 2	u2	62,9	mm	Factor c1	c1	-256 °C	Temperatura inferior interpolación	500	°C
Dist. Perp. 3	u3	60	mm	factor c2	c2	-235 °C	Temperatura superior interpolación	600	°C
Ángulo exterior del alma con la horizontal	α	62	°	Factor c3	c3	-5,3 °C.mm	Reducción inferior interpolación	0,78	
Indicador de la posición en la costilla	z	2,45	mm	Factor c4	c4	1,39 °C/°	Reducción superior interpolación	0,47	
Resistencia al fuego	R	90	min	Factor c5	c5	1267 °C.mm	Reducción de resistencia final	0,85	

COMPROBACIÓN EN SITUACIÓN DE INCENDIO									
Carga superficial	qd	kN/m	Momento de incendio	M			Área necesaria de armado a fuego	a	46,66 mm ²
Peso propio	G	kN/m	Momento de incendio	M			Cuantía de armado	u	20,29 kN
Cargas muertas	1	2,5 m ²	M (+) vano	(+)	1,97 kN.m		Cuantía de armado reducida por temperatura	u	23,87 kN
Carga variable 1	Q	kN/m	M (-) drcha	(-)	0,00 kN.m		Armadura dispuesta en la sección		43,7 kN
Coefficiente de simultaneidad Q1	Ψ	0,7	Canto útil de la sección	d	0,1 m			2	8
Carga variable 2	Q	0,00 kN/m	Momento reducido	μ	0,06				Cumple
Coefficiente de simultaneidad Q2	Ψ	0		w	0,06				

COMPROBACIÓN VIBRACIONES									
CÁLCULO DE LA FRECUENCIA			Masa lineal			CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN MÁXIMA			
EI a infinito	EI	112 kN/m ²	Frecuencia	f1	4,19 Hz	Impulso	I	67	NS
Longitud viga	L	7,5 m	Uso	Oficinas, centros comerciales		Masas vibrante eficaz	M	25055,15	kg
Masa superficial	mf	8,38 m ²	Límite frecuencia	3 Hz		Aceleración máxima	0	0,65 %g	Amortiguamiento del 3%





DIMENSIONADO VIGAS MIXTAS - Ref. 206									
MATERIALES EMPLEADOS									
Resistencia característica del hormigón	fck	25	Mpa	Coef. de equivalencia elástico a plazo ∞	nEI, ∞	20,02			
Resistencia de cálculo del hormigón	fed	16,67	Mpa	Coef. de equivalencia plástico	npl, ∞	18,49			
Módulo de elasticidad a 28 días	Ec,28	31,5	Gpa	Tipo de acero		S275			
Módulo de elasticidad a plazo infinito	Ec, ∞	10,5	Gpa	Límite elástico del acero	fyk	27,5	kN/c		
Coef. de equivalencia elástico a 28 días	nEI,28	6,67		Tensión de cálculo	fyd	26,2	m2	kN/c	
DATOS GEOMÉTRICOS CHAPA COLABORANTE									
Esp. Hormg	Hh	100,0	mm	Alt. Perno	hsc	125	mm	Ancho de onda superior	121,0 mm
Esp. Chapa	ech	0,075	mm	Ancho Inferior onda		58,0	mm	Ancho entre ondas	147,0 mm
				Anch.medio		90,0	mm	s,ond	205,0 mm
Alt. Onda	hp	60,0	mm	onda	bo		mm	Sep. entre ondas	a
DATOS GEOMÉTRICOS VIGA									
Perfil		IPE 450		Luz vano izq	Ldrch	2,65	m	Sección	Vano isostático
Longitud viga	L	6,13	m	Intereje	s	2,66	m	Tipo de viga	Interior
Luz vano drch	Liz	2,67	m	Área tributaria	At	16,31	m2	Tipo de vano	Isostático
DEFINICIÓN DE CARGAS Y SOLICITACIONES									
	Superficial	Lineal	Superficial	Lineal	Reducción de sobrecargas			Si	
	qk	qkm	qd	qdm				Ψ_0	Ψ_1 Ψ_2
C. lineal permanente	Gk	0,00		0,00	Coef. de simultaneidad Q1	C3 - Zonas sin obstáculos	0,7	0,7	0,6
C. lineal variable	Qk	0,00		0,00	Coef. de simultaneidad Q2	Ninguna	0	0	0
Peso propio	G0	4,08	10,85	5,51	14,65	M(-) izq	M (-)	0	kN.m
Cargas muertas	G1	1,50	3,99	2,03	5,39	M(+) vano	M (+)	187,51	kN.m
Variable 1	Q1	5,00	13,25	7,50	19,88	M (-) drcha	M (-)	0,00	kN.m
Variable 2	Q2	0,00	0,00	0,00	0,00	Cortante izq	Vdizq	122,35	kN
Total		10,6	28,10	15,03	39,92	Cortante drcha	Vddrch	122,35	kN
ANCHO EFECTIVO (EC3)									
Distancia entre conectores externos	b0	88,00	mm	Distancia desde el perno al límite lateral drch	be2		mm		
Máx. ancho capa de compresión a izq	b1	1286	mm	Ancho eficaz	beff	1532,5	mm		
Máximo ancho capa de compresión a drch	b2	1286	mm	Sección homogeneizada a M+ (28)	beq,28	229,7	mm		
Distancia entre puntos de momento nulo	Le		mm	Sección homogeneizada a M+ (∞)	beq, ∞	76,6	mm		
Distancia desde el perno al límite lateral izq	be1		mm	Sección homogeneizada a M-	As,eq		mm		
COMPROBACIONES FLEXIÓN / INTERACCIÓN MY-VZ									
Resist. a compresión hormigón	Nc,Rd,tot	2171,0	kN	Área del alma	Av	3955,52	mm2		
Momento solicitado	Mpl,Ed	187,5	kN·m	Resistencia a cortante	τ Rd	158,8	N/m2		
Resist. a compresión del perfil	Npl,Rd	1762,49	kN	Cortante resistido por el perfil	Vpl,Rd	628,0	kN		
Resist. a flexión del perfil	Mpl,Rd	833,82	kN·m	Cortante solicitado por la sección	Ved	122,4	kN		
Bloque Comprimido vs Bloque traccionado		Cumple						No hay interacción	
Flexión resistida vs Flexión solicitada		Cumple							



COMPROBACION DEFORMACIÓN LÍMITE									
Tipo de construcción			Construcción no Apeada			Inercia necesaria del perfil 6.278			
I perfil	Ia	321 40	cm4	I a 28 días	I28	128729	cm4	I a infinito	I∞
EI perfil	EIa	674 95	kN/ m2	EI a 28 días	EI28	270330	kN/ m2	EI a infinito	EI∞
Flecha montaje (montaje, EIviga)	δg	0,00 40	m	Flecha tras la construcción (activa, EI∞)	δ0	0,0027	m	Flecha casi permanente (EI∞)	δ2
Deformación	L/?	153 6		Deformación	L/?	2232		Deformación	L/?
Limitación		300	Cu mpl e	Limitación		300	Cum ple	Limitación	300 Cum ple

PERNOS: RESISTENCIA Y REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD POR CONEXIÓN									
RESISTENCIA DE LOS PERNOS					Resistencia del conector 1				
Factor de seguridad					Resistencia del conector 2				
Resistencia característica del conector					Resistencia mínima del conector				
Resistencia última del conector					REDUCCIÓN DE LA CAPACIDAD POR CONEXIÓN A TRAVÉS DE CHAPA				
Diámetro del conector					Nº de conectores				
Altura del conector					Método de unión				
Relación altura/diámetro conector					Reducción de resistencia en vigas paralelas a los nervios				
Alfa					Reducción de resistencia en vigas perpendiculares a los nervios				

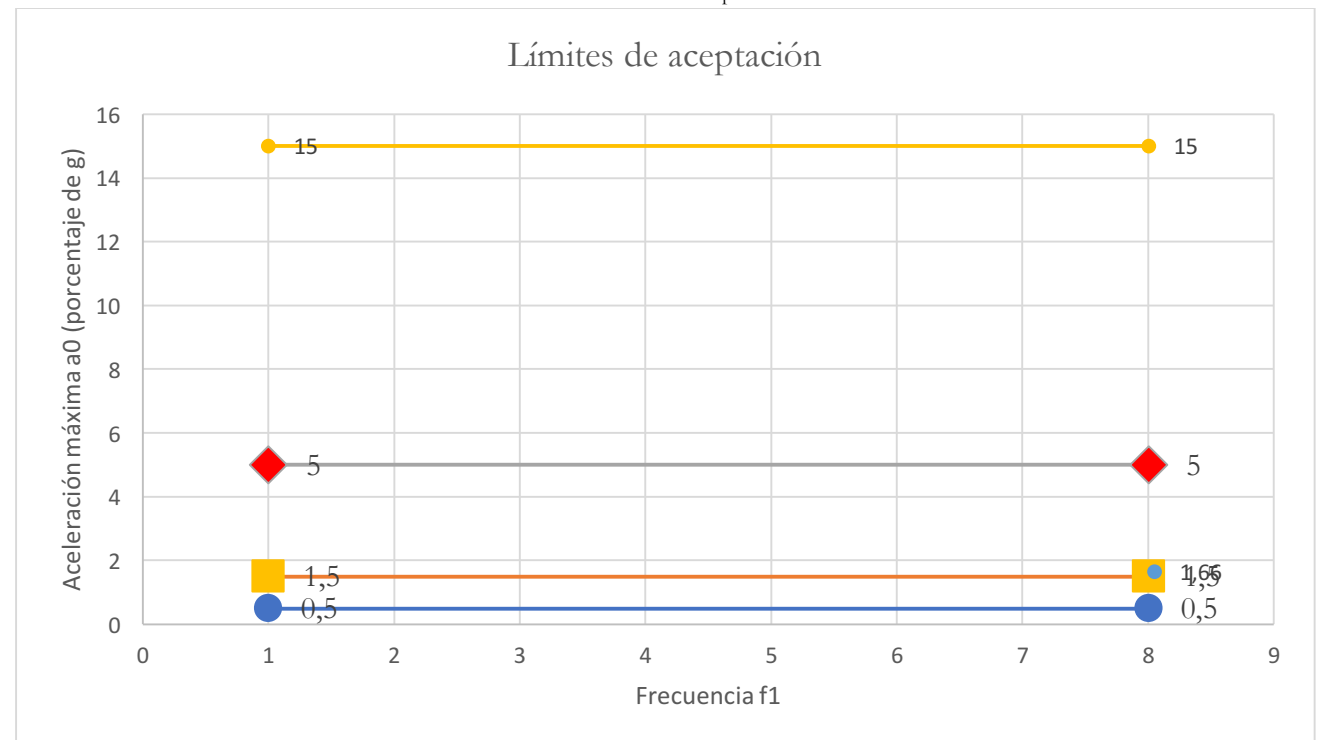
CÁLCULO ARMADURA RASANTE									
CÁLCULO DEL RASANTE			ARMADURA DE RASANTE			GRADO DE CONEXIÓN			
Longitud crítica	Lcr	i	3,07	m	Separación entre armaduras de rasante	sf	205	mm	Conectores necesarios
Rasante mínimo resistido por el forjado mixto	V1, Rd	217	1,0	kN	Ángulo biela comprimida	α	45	°	Resistencia necesaria por conector
Conectores por onda		28			Resistencia de rasante por metro	Ved	708,33	m	Conectores dispuestos
Resistencia necesaria por conector	Prd	77,5	4	kN	Cuánta de acero necesaria	Asf/2	182	mm2	Resistencia por conector dispuesto
Resistencia por conector seleccionado		69,7	2	kN	Armadura a disponer por onda	θ	2	12	Grado de conexión
Resistencia total de los conectores dispuestos	Prd tot	195	2,16				Cum ple		η
Cambiar conector o duplicar conectores									

COMPROBACIÓN DEL AISLAMIENTO TÉRMICO EN INCENDIO									
Alt. Hormigón	h1	100	mm	Superficie expuesta	Lr	256,5	mm	Factor a4	a4
Alt. onda	h2	60	mm	Tipo de hormigón dispuesto		Normal weight concrete		Factor a5	a5
Anch. onda inferior	l1	58,0	mm	Factor a0	a0	-28,8	min	Factor Φ	Φ
Anch. onda superior	l2	0	mm	Factor a1	a1	1,55	mm	Resistencia al fuego respecto del aislamiento térmico	ti
Anch. entre ondas	l3	0	mm	Factor a2	a2	-12,6	min	Resistencia al fuego requerida	tr
Área	A	0	2	Factor a3	a3	0,33	mm		Cum ple

ARMADO DE INCENDIO EN POSITIVOS									
Dist. Perp. 1	u1	42,5	mm	Factor c0	c0	1342 °C	Temperatura del armado positivo	s	477 °C
Dist. Perp. 2	u2	62,9	mm	Factor c1	c1	-256 °C	Temperatura inferior interpolación	500	°C
Dist. Perp. 3	u3	60	mm	factor c2	c2	-235 m ^{0,5}	Temperatura superior interpolación	600	°C
Ángulo exterior del alma con la horizontal	α	62	°	Factor c3	c3	-5,3 °C.mm	Reducción inferior interpolación	0,78	
Indicador de la posición en la costilla	z	2,45	-0,5	Factor c4	c4	1,39 °C/°	Reducción superior interpolación	0,47	
Resistencia al fuego	R	90	min	Factor c5	c5	-1267 °C.mm	Reducción de resistencia final	0,85	

COMPROBACIÓN EN SITUACIÓN DE INCENDIO									
Carga superficial	qd	kN/m	Momento de incendio M(-) izq	M (-)	0	kN.m	Área necesaria de armado a fuego	a	38,82 m ²
Peso propio	G	4,08 m ²	Momento de incendio M(+) vano	M (+)	1,65	kN.m	Cuantía de armado	*	16,88 kN
Cargas muertas	Q	1,5 kN/m	Momento de incendio M (-) drcha	M (-)	0,00	kN.m	Cuantía de armado reducida por temperatura	u	19,86 kN
Carga variable 1	1	5,00 m ²	Intereje	b	0,205	m	Armadura dispuesta en la sección		21,9 kN
Coefficiente de simultaneidad Q1	Ψ	0,7	Canto útil de la sección	d	0,1	m		1	8
Carga variable 2	2	0,00 m ²	Momento reducido	μ	0,05				
Coefficiente de simultaneidad Q2	Ψ	0		w	0,05				

COMPROBACIÓN VIBRACIONES											
CÁLCULO DE LA FRECUENCIA				CÁLCULO DE LA ACELERACIÓN MÁXIMA							
			Masa lineal	mv	45,6456	kN/m					
EI a infinito	EI	169	kN/								
	∞	167	m2	Frecuencia	f1	8,05	Hz	Impulso	I	67	NS
Longitud viga	L	6,13	m	Uso	Salas de fiestas y locales sin asientos fijos			Masas vibrante eficaz	M	18747,	
			kN/							10	kg
Masa superficial	mf	8,58	m2	Limite frecuencia		7	Hz	Aceleración máxima	a	1,66	%g
										#iVAL	
										OR!	



III.6. Vigas mixtas: armaduras en nudos rígidos

CÁLCULO DE ARMADO NEGATIVO										
NUDO ANALIZADO										
Planta		Cubierto	Momento solicitado						Mpl,E	
Nudo		T20 (d)	Cortante solicitado						Ved	76,2 mkN
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL										
Perfil seleccionado		IPE	Límite elástico		fu	430	N/mm2	Altura entre alas	hw	334,6 mm
Acero empleado		S275	Altura		h	360	mm	Radio de acuerdo	r	18 mm
			N/mm					Altura entre		
Límite elástico	fy	275	2	Anchora	b	170	mm	acuerdos	d	298,6 mm
			N/mm							
Límite elástico	fyd	261,9	2	Espesor del ala	tf	12,7	mm	Área de cortante	Avz	35,1 cm2
Tensión rasante			N/mm							
resistente	tyd	151,2	2	Espesor del alma	tw	8	mm			
CARACTERÍSTICAS DEL ARMADO										
Tipo de acero			B500S		Tensión característica			fyk	500	N/mm2
Separación a perfil (cara superior ala superior)			148,85		mm Tensión de cálculo			fyd	435	N/mm2
EQUILIBRIO										
Ala inferior				Alma				Mallazo superior		
Área ala inferior	Af2	2159	mm2	Área del alma	Aw	4249,42	mm2	Diámetro	Φ	10 mm
Axil resistido	Nrd	565	kN	Interacción	ro	0,49		Separación	s	200 mm
Brazo de palanca	Z1	347,3	mm	Axil resistido	Nrd	551	kN	Barras por metro	5	
		Mplr				Z2				
Momento resistido	d	196,4	mkN	Brazo de palanca		173,65	mm	Ancho eficaz	beff	0,84 m
				Momento	Mplr					
				resistido	d	95,6	mkN	Tracción resistida	Nrd	143,4 kN
Compresión resistida				Momento resistido		Mplr				
Nc,rd		1116	kN	resistido		d	292,0	mkN		
ARMADURA DISPUESTA										
Tracción a resistir			Ned	1116	kN	Separación entre barras			143 mm	
							Tracción resistida			
Tracción a resistir descontando mallazo				973 kN			final			611,9 kN
Diámetro		Φ	16		mm			Momento resistido	91,1 mkN	
Resistencia por barra		Nrd	87,42		kN			Momento solicitado	76,2 mkN	
										Cumpl
Barras necesarias				11,1						e
Barras dispuestas				7						

CÁLCULO DE ARMADO NEGATIVO													
NUDO ANALIZADO													
Planta		Cubiert a	Momento solicitado						Mpl,E	8,1	mkN		
Nudo		E'20 (i)	Cortante solicitado						Ved	25,4	kN		
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL													
Perfil seleccionado		IPE	Límite elástico		fu	430	N/mm2	Altura entre alas		hw	307	mm	
Acero empleado		S275	Altura		h	330	mm	Radio de acuerdo		r	18	mm	
Límite elástico		fy	275	Anchura		b	160	mm	Altura entre acuerdos		d	271	mm
Límite elástico		fyd	261,9	Espesor del ala		tf	11,5	mm	Área de cortante		Avz	30,8	cm2
Tensión rasante resistente		tyd	151,2	Espesor del alma		tw	7,5	mm					
CARACTERÍSTICAS DEL ARMADO													
Tipo de acero			B500S		Tensión característica		fyk		500		N/mm 2		
Separación a perfil (cara superior ala superior)			148,25		mm Tensión de cálculo		fyd		435		N/mm 2		
EQUILIBRIO													
Ala inferior			Alma				Mallazo superior						
Área ala inferior	Af2	1840	mm2	Área del alma	Aw	3530,5	mm2	Diámetro	Φ	10	mm		
Axil resistido	Nrd	482	kN	Interacción	ro	0,79		Separación	s	200	mm		
Brazo de palanca	Z1	318,5	mm	Axil resistido	Nrd	734	kN	Barras por metro	5				
Momento resistido	Mplr d	153,5	mkN	Brazo de palanca	Z2	159,25	mm	Ancho eficaz	beff	0	m		
				Momento resistido	Mplr d	116,9	mkN	Tracción resistida	Nrd	0,0	kN		
Compresión resistida				Nc,rd	1216	kN	Momento resistido	Mplr d	270,4	mkN			
ARMADURA DISPUESTA													
Tracción a resistir			Ned	1216	kN		Separación entre barras		500			mm	
Tracción a resistir descontando mallazo					1216	kN		Tracción resistida final		98,3			kN
Diámetro			Φ	12	mm		Momento resistido		14,6			mkN	
Resistencia por barra			Nrd	49,17	kN		Momento solicitado		8,1			mkN	
Barras necesarias					24,7			Cumpl		e			
Barras dispuestas					2								

CÁLCULO DE ARMADO NEGATIVO										
NUDO ANALIZADO										
Planta	Cubiert a	Momento solicitado						Mpl,E	105,1 mkN	
Nudo	T26 (d)	Cortante solicitado						Ved	90,7 kN	
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL										
Perfil seleccionado	IPE	Límite elástico		fu	430	N/mm2	Altura entre alas	hw	334,6 mm	
Acero empleado	S275	Altura		h	360	mm	Radio de acuerdo	r	18 mm	
Límite elástico	fy	275	2	N/mm		Anchura	b	170	mm	
Límite elástico	fyd	261,9	2	N/mm		acuerdos	d	298,6	mm	
Tensión rasante				N/mm		Área de cortante	Avz	35,1	cm2	
resistente	tyd	151,2	2	N/mm		Espesor del alma	tw	8	mm	
CARACTERÍSTICAS DEL ARMADO										
Tipo de acero		B500S		Tensión característica		fyk	500	N/mm 2		
Separación a perfil (cara superior ala superior)		148,85		mm Tensión de cálculo		fyd	435	N/mm 2		
EQUILIBRIO										
Ala inferior			Alma				Mallazo superior			
Área ala inferior	Af2	2159	mm2	Área del alma	Aw	4249,42	mm2	Diámetro	Φ	10 mm
Axil resistido	Nrd	565	kN	Interacción	ro	0,43	Separación	s	200	mm
Brazo de palanca	Z1	347,3	mm	Axil resistido	Nrd	482	kN	Barras por metro	5	
Momento resistido	Mplr d	196,4	mkN	Brazo de palanca	Z2	173,65	mm	Ancho eficaz	beff	0,84 m
Compresión resistida	Nc,rd	1048	kN	Momento resistido	Mplr d	83,7	mkN	Tracción resistida	Nrd	143,4 kN
ARMADURA DISPUESTA										
Tracción a resistir		Ned		1048 kN		Separación entre barras		111 mm		
Tracción a resistir descontando mallazo				904 kN		Tracción resistida final		786,8 kN		
Diámetro		Φ		16 mm		Momento resistido		117,1 mkN		
Resistencia por barra		Nrd		87,42 kN		Momento solicitado		105,1 mkN		
Barras necesarias				10,3				Cumpl e		
Barras dispuestas				9						

CÁLCULO DE ARMADO NEGATIVO									
NUDO ANALIZADO									
Planta	Cubierta							Mpl,E	
Nudo	a					Momento solicitado		d	56,2 mkN
	B'26 (d)					Cortante solicitado		Ved	34,4 kN
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL									
Perfil seleccionado	IPE								
Acero empleado	330		Límite elástico	fu	430 N/mm ²	Altura entre alas	hw	307 mm	
	S275		Altura	h	330 mm	Radio de acuerdo	r	18 mm	
		N/mm				Altura entre			
Límite elástico	fy	275	2	Anchura	b	160 mm	acuerdos	d	271 mm
			N/mm						
Límite elástico	fyd	261,9	2	Espesor del ala	tf	11,5 mm	Área de cortante	Avz	30,8 cm ²
Tensión rasante			N/mm						
resistente	tyd	151,2	2	Espesor del alma	tw	7,5 mm			
CARACTERÍSTICAS DEL ARMADO									
Tipo de acero		B500S		Tensión característica		fyk	500	N/mm ²	
Separación a perfil (cara superior ala superior)		148,25	mm	Tensión de cálculo		fyd	435	N/mm ²	
EQUILIBRIO									
Ala inferior			Alma			Mallazo superior			
Área ala inferior	Af2	1840 mm ²	Área del alma	Aw	3530,5 mm ²	Diámetro	Φ	10	mm
Axil resistido	Nrd	482 kN	Interacción	ro	0,73	Separación	s	200	mm
Brazo de palanca	Z1	318,5 mm	Axil resistido	Nrd	672 kN	Barras por metro		5	
	Mplr								
Momento resistido	d	153,5 mkN	Brazo de palanca	Z2	159,25 mm	Ancho eficaz	beff	0,63	m
			Momento resistido	Mplr	d	107,0 mkN	Tracción resistida	Nrd	107,6 kN
Compresión resistida	Nc,rd	1154 kN	Momento resistido	Mplr	d	260,4 mkN			
ARMADURA DISPUESTA									
Tracción a resistir	Ned	1154 kN	Separación entre barras					125 mm	
Tracción a resistir descontando mallazo		1046 kN	Tracción resistida final					393,4 kN	
Diámetro	Φ	12	Momento resistido					58,3 mkN	
Resistencia por barra	Nrd	49,17 kN	Momento solicitado					56,2 mkN	
Barras necesarias		21,3						Cumple	
Barras dispuestas		8							



Pórtico 20							
Localización		Solicitaciones			Armado negativo		
Planta	Nudo	Cortante kN	Momento mkN	Redistribución 30%	Diámetro Ø	Diámetro n	Separación mm
Cubierta	A20 (d)	48,5	14,7	10,3	12	2	500
	J20 (i)	75,7	102,2	71,5	12	10	100
	J20 (d)	62,2	97,7	68,4	12	10	100
	T'20 (i)	63,3	105,7	74,0	16	6	167
	T20 (d)	78,7	108,9	76,2	16	7	143
	Z20 (i)	66,5	63,7	44,6	12	7	143
	Z20 (d)	38,8	52,4	36,7	12	6	167
	B'20 (i)	27,8	28,6	20,0	12	3	333
	B'20 (d)	17,5	24,8	17,4	12	3	333
	E'20 (i)	25,4	11,6	8,1	12	2	500
Quinta	A20 (d)	117,6	62,6	43,8	12	7	143
	J20 (i)	141,2	134,6	94,2	16	8	125
	J20 (d)	70,3	89,7	62,8	12	9	111
	T'20 (i)	72,3	97,3	68,1	12	10	100
	T20 (d)	149,1	132,1	92,5	16	8	125
	Z20 (i)	146,2	121,2	84,8	16	7	143
	Z20 (d)	58,2	53,3	37,3	12	6	167
	B'20 (i)	69,3	73,3	51,3	12	8	125
	B'20 (d)	104,4	73,3	51,3	12	8	125
	E'20 (i)	118,5	79,4	55,6	12	8	125
Cuarta	A20 (d)	120,5	88,1	61,7	12	9	111
	J20 (i)	125,8	104,9	73,4	16	6	167
	J20 (d)	-	-	-	-	-	-
	T'20 (i)	-	-	-	-	-	-
	T20 (d)	111,1	65,9	46,1	12	7	143
	Z20 (i)	132,5	143,7	100,6	16	8	125
	Z20 (d)	72,3	69,7	48,8	12	7	143
	B'20 (i)	64,5	51,5	36,1	12	5	200
	B'20 (d)	78,5	51,5	36,1	12	5	200
	E'20 (i)	104,4	98,1	68,7	12	10	100
Tercera	A20 (d)	118,2	63,9	44,7	12	7	143
	J20 (i)	123	80,5	56,4	12	8	125
	J20 (d)	-	-	-	-	-	-
	T'20 (i)	-	-	-	-	-	-
	T20 (d)	-	-	-	-	-	-
	Z20 (i)	-	-	-	-	-	-
	Z20 (d)	56,6	22,5	15,8	12	3	333
	B'20 (i)	80,7	64,5	45,2	12	7	143
	B'20 (d)	81,6	64,5	45,2	12	7	143
	E'20 (i)	101,4	93,3	65,3	12	9	111
Segunda	A20 (d)	-	-	-	-	-	-
	J20 (i)	-	-	-	-	-	-
	J20 (d)	-	-	-	-	-	-
	T'20 (i)	-	-	-	-	-	-
	T20 (d)	127,3	67,6	47,3	12	7	143
	Z20 (i)	152,8	157,6	110,3	16	9	111
	Z20 (d)	76,3	79,2	55,4	12	8	125
	B'20 (i)	59,4	42,8	30,0	12	5	200
	B'20 (d)	77,6	42,8	30,0	12	5	200
	E'20 (i)	106,2	100,4	70,3	16	6	167
Primera	A20 (d)	80,9	42,3	29,6	12	5	200
	J20 (i)	59,7	80,4	56,3	12	8	125
	J20 (d)	59,7	80,4	56,3	12	8	125
	T'20 (i)	136,2	129,6	90,7	16	8	125
	T20 (d)	136,2	129,6	90,7	16	7	143
	Z20 (i)	141,3	148,7	104,1	16	8	125
	Z20 (d)	75,1	73,6	51,5	12	8	125
	B'20 (i)	60,2	41,7	29,2	12	5	200
	B'20 (d)	77,5	41,7	29,2	12	5	200



	E'20 (i)	105,5	95,3	66,7	12	10	100
Entreplanta	A20 (d)	53,5	41,4	29,0	12	5	200
	J20 (i)	60,7	42,2	29,5	12	5	200
	J20 (d)	60,7	42,2	29,5	12	5	200
	T'20 (i)	74,2	84,6	59,2	12	9	111
	T20 (d)	80,9	98,8	69,2	12	10	100
	Z20 (i)	108,4	96,3	67,4	12	10	100
	Z20 (d)	72,8	66,4	46,5	12	7	143
	B'20 (i)	61,6	42,9	30,0	12	5	200
	B'20 (d)	80,4	42,9	30,0	12	5	200
	E'20 (i)	102	75,6	52,9	12	8	125

Pórtico 26							
Localización		Solicitaciones			Armado negativo		
Planta	Nudo	Cortante kN	Momento mkN	Redistribución 30%	Diámetro Ø	Diámetro n	Separación mm
Cubierta	A26 (d)	53,3	17,4	12,2	12	2	500
	J26 (i)	72,2	87,6	61,3	12	9	111
	J26 (d)	56,8	85,9	60,1	12	5	200
	T'26 (i)	70,09	146,9	102,8	12	2	500
	T26 (d)	90,7	150,1	105,1	16	9	111
	Z26 (i)	61,2	54,3	38,0	12	6	167
	Z26 (d)	34,3	48,2	33,7	12	5	200
	B'26 (i)	52,5	80,2	56,1	12	8	125
	B'26 (d)	34,4	80,3	56,2	12	8	125
	E'26 (i)	30	7	4,9	12	1	1000
Quinta	A26 (d)	105,8	64,7	45,3	12	7	143
	J26 (i)	118,9	107,2	75,0	16	6	167
	J26 (d)	68,9	77,5	54,3	12	8	125
	T'26 (i)	75,8	99,8	69,9	12	7	143
	T26 (d)	91,7	123,2	86,2	12	7	143
	Z26 (i)	72,2	49,5	34,7	12	5	200
	Z26 (d)	22,8	15,1	10,6	12	2	500
	B'26 (i)	29,2	27,5	19,3	12	3	333
	B'26 (d)	59,3	43,7	30,6	12	5	200
	E'26 (i)	64,4	37,5	26,3	12	4	250
Cuarta	A26 (d)	127,5	99,9	69,9	12	10	100
	J26 (i)	123,4	87,6	61,3	12	9	111
	J26 (d)	-	-	-	-	-	-
	T'26 (i)	-	-	-	-	-	-
	T26 (d)	75,3	73,1	51,2	12	9	111
	Z26 (i)	71,3	62,2	43,5	12	6	167
	Z26 (d)	34,9	25,9	18,1	12	3	333
	B'26 (i)	54,6	60,9	42,6	12	6	167
	B'26 (d)	55,9	63,4	44,4	12	7	143
	E'26 (i)	56,3	43,2	30,2	12	5	200
Tercera	A26 (d)	127,6	89,9	62,9	12	9	111
	J26 (i)	119,5	64,2	44,9	12	7	143
	J26 (d)	-	-	-	-	-	-
	T'26 (i)	-	-	-	-	-	-
	T26 (d)	24,2	44,1	30,9	12	7	143
	Z26 (i)	59,1	51,3	35,9	12	5	200
	Z26 (d)	33,9	23,7	16,6	12	3	333
	B'26 (i)	55,7	63,4	44,4	12	7	143
	B'26 (d)	55,9	62,5	43,8	12	7	143
	E'26 (i)	56,1	41,5	29,1	12	5	200
Segunda	A26 (d)	-	-	-	-	-	-
	J26 (i)	-	-	-	-	-	-
	J26 (d)	-	-	-	-	-	-
	T'26 (i)	-	-	-	-	-	-
	T26 (d)	85,9	82,3	57,6	12	1	1000
	Z26 (i)	77,9	57,6	40,3	12	6	167
	Z26 (d)	35,2	27,6	19,3	12	3	333
	B'26 (i)	54,4	62,9	44,0	12	7	143



Pórtico 26							
Localización		Solicitaciones			Armado negativo		
Planta	Nudo	Cortante kN	Momento mkN	Redistribución 30%	Diámetro Ø	Diámetro n	Separación mm
	B'26 (d)	55,6	61,3	42,9	12	6	167
	E'26 (i)	56,4	42,5	29,8	12	5	200
Primera	A26 (d)	101,7	62,6	43,8	12	6	167
	J26 (i)	106,3	83,4	58,4	12	8	125
	J26 (d)	73,6	83,4	58,4	12	9	111
	T26 (i)	97,1	162,1	113,5	16	9	111
	T26 (d)	146,2	162,1	113,5	12	5	200
	Z26 (i)	118,7	70,6	49,4	12	7	143
	Z26 (d)	58,6	46,9	32,8	12	5	200
	B'26 (i)	93,5	112,5	78,8	16	7	143
	B'26 (d)	91,9	112,9	79,0	16	7	143
	E'26 (i)	75,3	36,6	25,6	12	4	250
Entreplanta	A26 (d)	-	-	-	-	-	-
	J26 (i)	-	-	-	-	-	-
	J26 (d)	-	-	-	-	-	-
	T26 (i)	-	-	-	-	-	-
	T26 (d)	-	-	-	-	-	-
	Z26 (i)	-	-	-	-	-	-
	Z26 (d)	43,4	0,5	0,4	12	1	1000
	B'26 (i)	96,8	116,3	81,4	16	7	143
	B'26 (d)	97,5	116,4	81,5	16	7	143
	E'26 (i)	67,3	0,4	0,3	12	1	1000



III.7. Soportes

DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS									
DATOS SOPORTE ANALIZADO									
Soporte	P13		Planta		Baja		Axil	Nd	1123,2 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS									
EJE Y-Y					EJE Z-Z				
Soporte	HE 180		Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 180	
	B						B	Acero	S275
Coeficiente EI				EI	8045,1	kN.m2	Coeficiente EI		EI
						kN.m2/			
Coeficiente de rigidez EI/Ly				Kcy	2546	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly		Kcz
									906 m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)									
Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1y}	1,00		Coeficiente de distribución nudo superior		η_{1z}
									1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2y}	1,00		Coeficiente de distribución nudo inferior		η_{2z}
									1,00
Coeficiente de beta				β_y	1,00		Coeficiente de beta		β_z
									1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)									
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λ_y	41,26	Coef. pand. z	χ_z	0,7
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λ_z	69,17	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y	1593,6 kN
Inercia I	Iy	38310000	mm4	Esb. red. y	λ_y^R	0,48	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z	1242,4 kN
Inercia z	Iz	13630000	mm4	Esb. red. z	λ_z^R	0,80	Resist.		
Radio de giro y	iy	76,6	mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd		1242,4 kN
Radio de giro z	iz	45,7	mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crit.Euler .y	Ncr,y	7951,6 kN
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81		Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,6	C.Crit.Euler .z	Ncr,z	2829,1 kN
Curva de pandeo y	a			Coef. ϕ_y	ϕ_z	0,9	T.Crit.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$	1217,7 N/mm2
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	χ_y	0,9	T.Crit.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$	433,2 N/mm2
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)									
Límite inferior esbeltez reducida	Hay que considerar pandeo				MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL				
Límite superior admisible esbeltez reducida					Área		A	2875	mm2
					Inercia lateral		I	6805296	mm4
					Radio de giro lateral		if,z	49	mm
					Esbeltez de Euler		λ_E	86,81	
Esbeltez reducida y	Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y		Lcy,mx	1315	mm
Esbeltez reducida z	Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y		Lcy,mx	4548	mm
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)									
Pandeo dominante	Pandeo en el eje X				Resistencia a compresión con pandeo		Nb,Rd	1242,4	kN
Relaciones longitudes de pandeo	Lky/Lk z				Índice de aprovechamiento			90,4	%
Relaciones radios de giro	iy/iz							Cumple	
Axil de compresión de cálculo	Ned								
	1123,2								
	kN								



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS									
DATOS SOPORTE ANALIZADO									
SopORTE	P13		Planta		Entreplanta		Axil	Nd	951,4 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS									
EJE Y-Y					EJE Z-Z				
SopORTE	HE 180		Longitud		SopORTE	HE 180		Longitud	
	B	Acero	(m)	3,16		B	Acero	(m)	3,16
Coefficiente EI		EI	8045,1	kN.m2	Coefficiente EI		EI	2862,3	kN.m2
Coefficiente de rigidez EI/Ly		Kcy	2546	m	Coefficiente de rigidez EI/Ly		Kcz	906	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)									
Coefficiente de distribución nudo superior		η_{1y}	1,00		Coefficiente de distribución nudo superior		η_{1z}	1,00	
Coefficiente de distribución nudo inferior		η_{2y}	1,00		Coefficiente de distribución nudo inferior		η_{2z}	1,00	
Coefficiente de beta		β_y	1,00		Coefficiente de beta		β_z	1,00	
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)									
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	41,26	Coef. pand. z	χ_z	0,7	
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	69,17	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y	1593,6	kN
Inercia I	Iy	38310000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_y^{\text{®}}$	0,48	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z	1242,4	kN
Inercia z	Iz	13630000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_z^{\text{®}}$	0,80	Resist.			
Radio de giro y	iy	76,6 mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd		1242,4	kN
Radio de giro z	iz	45,7 mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crit.Euler .y	Ncr,y	7951,6	kN
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,6	C.Crit.Euler .z	Ncr,z	2829,1	kN
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	0,9	T.Crit.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$	1217,7	N/mm2
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χ_y	0,9	T.Crit.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$	433,2	N/mm2
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)									
Límite inferior esbeltez reducida	Hay que considerar pandeo				MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL				
Límite superior admisible esbeltez reducida					Área	A	2875	mm2	
	Principal	Secundaria			Inercia lateral	I	6805296	mm4	
	Compresión	Tracción	Compresión	Tracción	Radio de giro lateral	if,z	49	mm	
	2,6	3,9	2,5	4	Esbeltez de Euler	λ_E	86,81		
Esbeltez reducida y	Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y	Lcy,mx	1315	mm	
Esbeltez reducida z	Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y	Lcy,mx	4548	mm	
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)									
Pandeo dominante	Pandeo en el eje X				Resistencia a compresión con pandeo	Nb,Rd	1242,4	kN	
Relaciones longitudes de pandeo	Lky/Lk		z	1,00	Índice de aprovechamiento		76,6	%	
Relaciones radios de giro	iy/iz			1,68			Cumple		
Axil de compresión de cálculo	Ned			951,4	kN				



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
Soporte		P13	Planta			Primera		Axil		Nd	788,9 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI			EI	5233,2	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1867,32	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1656	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	591	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1z}	1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2z}	1,00
Coeficiente de beta				β_y	1,00	Coeficiente de beta				β_z	1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λ_y	46,65	Coef. pand. z	χ_z		0,7	
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λ_z	78,09	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y		1297,4 kN	
Inercia I	Iy	24920000	mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,54	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z		940,7 kN	
Inercia z	Iz	8892000	mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	0,90	Resist.				
Radio de giro y	iy	67,7	mm	y	α_y	0,21	Comp. C.Crít.Euler .y	Nb,Rd Ncr,y		940,7 kN	
Radio de giro z	iz	40,5	mm	z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .z	Ncr,z		5172,4 kN	
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81		Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,7	T.Crít.Euler .y	Ncr,y		1845,6 kN	
Curva de pandeo y	a			Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,0	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,y}$		952,6 N/mm2	
Curva de pandeo z	b		y	Coef. pand. y	χ_y	0,9		$\sigma_{cr,z}$		339,9 N/mm2	
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)											
Límite inferior esbeltez reducida				Hay que considerar pandeo		MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL					
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área	A		2370	mm2	
						Inercia lateral	I		4438286	mm4	
						Radio de giro lateral	if,z		43	mm	
						Esbeltez de Euler	λ_E		86,81		
Esbeltez reducida y						Máxima separación eje y	Lcy,mx		1590	mm	
Esbeltez reducida z						Máxima separación eje y	Lcy,mx		5497	mm	
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)											
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	940,7 kN	
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lk			Índice de aprovechamiento			83,9	%	
Relaciones radios de giro			z						Cumple		
Axil de compresión de cálculo			iy/iz								
			Ned			788,9			kN		



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
Soporte		P13	Planta			Segunda		Axil		Nd	758,8 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI			EI	5233,2	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1867,32	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1656	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	591	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1z}	1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2z}	1,00
Coeficiente de beta				β_y	1,00	Coeficiente de beta				β_z	1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λ_y	46,65	Coef. pand. z	χ_z		0,7	
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λ_z	78,09	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y		1297,4 kN	
Inercia I	Iy	24920000	mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,54	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z		940,7 kN	
Inercia z	Iz	8892000	mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	0,90	Resist.				
Radio de giro y	iy	67,7	mm	y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd			940,7 kN	
Radio de giro z	iz	40,5	mm	z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y	Ncr,y		5172,4 kN	
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81		Cof. ϕ_y	ϕ_y	0,7	C.Crít.Euler .z	Ncr,z		1845,6 kN	
Curva de pandeo y	a			Cof. ϕ_y	ϕ_z	1,0	T.Crít.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$		952,6 N/mm2	
Curva de pandeo z	b			Cof. pand. y	χ_y	0,9	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$		339,9 N/mm2	
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)											
Límite inferior esbeltez reducida				Hay que considerar pandeo		MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL					
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área	A		2370	mm2	
						Inercia lateral	I		4438286	mm4	
						Radio de giro lateral	if,z		43	mm	
						Esbeltez de Euler	λ_E		86,81		
Esbeltez reducida y		Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y	Lcy,mx		1590	mm	
Esbeltez reducida z		Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y	Lcy,mx		5497	mm	
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)											
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	940,7 kN	
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lk			Índice de aprovechamiento				80,7 %	
Relaciones radios de giro			iy/iz			Cumple					
Axil de compresión de cálculo			Ned			758,8			kN		



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
Soporte		P13	Planta			Tercera		Axil		Nd	540,4 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Soporte	HE 140 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 140 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI			EI	3168,9	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1154,37	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1003	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	365	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1z}	1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2z}	1,00
Coeficiente de beta				β_y	1,00	Coeficiente de beta				β_z	1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	53,34	Coef. pand. z		χ_z	0,6		
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	88,38	Comp.Pand .y		Nb,Rd, y	996,0 kN		
Inercia I	Iy	15090000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,61	Comp.Pand .z		Nb,Rd, z	659,5 kN		
Inercia z	Iz	5497000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	1,02	Resist.					
Radio de giro y	iy	59,2 mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd			659,5 kN		
Radio de giro z	iz	35,8 mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y		Ncr,y	3132,1 kN		
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,7	C.Crít.Euler .z		Ncr,z	1141,0 kN		
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,2	T.Crít.Euler .y		$\sigma_{cr,y}$	728,4 N/mm2		
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χ_y	0,9	T.Crít.Euler .z		$\sigma_{cr,z}$	265,3 N/mm2		
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)											
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo			MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL					
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área		A	1912 mm2		
						Inercia lateral		I	2744553 mm4		
						Radio de giro lateral		if,z	38 mm		
						Esbeltez de Euler		λ_E	86,81		
Esbeltez reducida y						Máxima separación eje y		Lcy,mx	2009 mm		
Esbeltez reducida z						Máxima separación eje y		Lcy,mx	6829 mm		
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)											
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	659,5 kN	
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lk			Índice de aprovechamiento			81,9 %		
Relaciones radios de giro			iy/iz			Cumple					
Axil de compresión de cálculo			Ned			540,4 kN					



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS													
DATOS SOPORTE ANALIZADO													
Soporte		P13	Planta			Cuarta	Axil		Nd	323,0 kN			
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS													
EJE Y-Y						EJE Z-Z							
Soporte	HE 140 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 140 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16		
Coeficiente EI			EI	3168,9	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1154,37	kN.m2		
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1003	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	365	m		
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)													
Coeficiente de distribución nudo superior						Coeficiente de distribución nudo superior							
				η_{1y}	1,00					η_{1z}	1,00		
Coeficiente de distribución nudo inferior						Coeficiente de distribución nudo inferior							
				η_{2y}	1,00					η_{2z}	1,00		
Coeficiente de beta						Coeficiente de beta							
				β_y	1,00					β_z	1,00		
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)													
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	53,34	Coef. pand. z	χ_z	0,6					
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	88,38	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y	996,0 kN					
Inercia I	Iy	15090000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,61	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z	659,5 kN					
Inercia z	Iz	5497000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	1,02	Resist.							
Radio de giro y	iy	59,2 mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd		659,5 kN					
Radio de giro z	iz	35,8 mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y	Ncr,y	3132,1 kN					
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,7	C.Crít.Euler .z	Ncr,z	1141,0 kN					
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,2	T.Crít.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$	728,4 N/mm2					
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χ_y	0,9	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$	265,3 N/mm2					
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)													
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo		MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL								
Límite superior admisible esbeltez reducida					Área						A	1912 mm2	
					Inercia lateral						I	2744553 mm4	
					Radio de giro lateral						if,z	38 mm	
					Esbeltez de Euler						λ_E	86,81	
Esbeltez reducida y					Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y			Lcy,mx	2009 mm
Esbeltez reducida z					Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y			Lcy,mx	6829 mm
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)													
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X		Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd		659,5 kN			
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lkz		Índice de aprovechamiento			49,0 %					
Relaciones radios de giro			iy/iz		Cumple								
Axil de compresión de cálculo			Ned		323,0 kN								



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
SopORTE	P13	Planta			Quinta	Axil		Nd	83,9 kN		
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
SopORTE	HE 100 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	SopORTE	HE 100 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coficiente EI			EI	943,95	kN.m2	Coficiente EI			EI	351,33	kN.m2
Coficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	299	m	Coficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	111	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coficiente de distribución nudo superior						Coficiente de distribución nudo superior					
η_{1y} 1,00						η_{1z} 1,00					
Coficiente de distribución nudo inferior						Coficiente de distribución nudo inferior					
η_{2y} 1,00						η_{2z} 1,00					
Coficiente de beta						Coficiente de beta					
β_y 1,00						β_z 1,00					
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	76,00	Cof. pand. z	χ_z	0,4			
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	124,57	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y	510,6 kN			
Inercia I	Iy	4495000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_y^{\circledast}$	0,88	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z	250,1 kN			
Inercia z	Iz	1673000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_z^{\circledast}$	1,44	Resist.					
Radio de giro y	iy	41,6 mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd		250,1 kN			
Radio de giro z	iz	25,4 mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y	Ncr,y	933,0 kN			
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	1,0	C.Crít.Euler .z	Ncr,z	347,2 kN			
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,7	T.Crít.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$	358,8 N/mm2			
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χ_y	0,7	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$	133,6 N/mm2			
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)											
Límite inferior esbeltez reducida				Hay que considerar pandeo		MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL					
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área A 1133 mm2					
						Inercia lateral I 833573 mm4					
						Radio de giro lateral if,z 27 mm					
						Esbeltez de Euler λ_E 86,81					
Esbeltez reducida y						Máxima separación eje y Lcy,mx 3386 mm					
Esbeltez reducida z						Máxima separación eje y Lcy,mx 11389 mm					
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)											
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X		Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd 250,1 kN			
Relaciones longitudes de pandeo z			1,00		Índice de aprovechamiento			33,5 %			
Relaciones radios de giro iy/iz			1,64		Cumple						
Axil de compresión de cálculo			Ned 83,9 kN								



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS												
DATOS SOPORTE ANALIZADO												
SopORTE		P29	Planta			Baja	Axil		Nd	3278,9 kN		
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS												
EJE Y-Y						EJE Z-Z						
SopORTE	HE 220 BC	Acero	S275	Longitud (m)	4,66	SopORTE	HE 220 BC	Acero	S275	Longitud (m)	4,66	
Coefficiente EI			EI	22953	kN.m2	Coefficiente EI			EI	26588,1	kN.m2	
Coefficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	4926	m	Coefficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	5706	m	
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)												
Coefficiente de distribución nudo superior						Coefficiente de distribución nudo superior						
Coefficiente de distribución nudo inferior						Coefficiente de distribución nudo inferior						
Coefficiente de beta						Coefficiente de beta						
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)												
L. pandeo y	Lk,y	4660	mm	Esb. mec. y	λy	56,63	Coef. pand. z	χz	0,8			
L. pandeo z	Lk,z	4660	mm	Esb. mec. z	λz	52,62	Comp.Pand .y	Nb,Rd .y	3674,2	kN		
Inercia I	Iy	10930000	mm4	Esb. red. y	λy®	0,65	Comp.Pand .z	Nb,Rd .z	3526,1	kN		
Inercia z	Iz	12661000	mm4	Esb. red. z	λz®	0,61	Resist.					
Radio de giro y	iy	82,3	mm	Coef. imp. y	αy	0,21	Comp. C.Crít.Eule r.y	Nb,Rd Ncr,y	10432,0	kN		
Radio de giro z	iz	88,6	mm	Coef. imp. z	αz	0,34	C.Crít.Eule r.z	Ncr,z	12084,1	kN		
Esbeltez de Euler	λE	86,81		Coef. ϕy	ϕy	0,8	T.Crít.Euler .y	σcr,y	646,2	N/mm2		
Curva de pandeo y	a			Coef. ϕy	ϕz	0,8	T.Crít.Euler .z	σcr,z	748,5	N/mm2		
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	χy	0,9						
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)												
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo			MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL						
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área			A	4533	mm2	
						Inercia lateral			I	21339583	mm4	
						Radio de giro lateral			if,z	69	mm	
						Esbeltez de Euler			λE	86,81		
Esbeltez reducida y			Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y			Lcy,m x	1079	mm
Esbeltez reducida z			Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y			Lcy,m x	3761	mm
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)												
Pandeo dominante			Pandeo en el eje y			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	3526,1	kN	
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lkz			Índice de aprovechamiento				93,0	%	
Relaciones radios de giro			iy/iz						Cumple			
Axil de compresión de cálculo			Ned			3278,9			kN			



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS										
DATOS SOPORTE ANALIZADO										
Soporte		P29	Planta			Entreplanta		Axil		Nd 2780,1 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS										
EJE Y-Y						EJE Z-Z				
Soporte	HE 220 BC	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 220 BC	Acero	S275	Longitud (m) 3,16
Coefficiente EI			EI	22953 kN.m2		Coefficiente EI			EI	26588,1 kN.m2
Coefficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	7264 m		Coefficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	8414 m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)										
Coefficiente de distribución nudo superior η_{1y} 1,00						Coefficiente de distribución nudo superior η_{1z} 1,00				
Coefficiente de distribución nudo inferior η_{2y} 1,00						Coefficiente de distribución nudo inferior η_{2z} 1,00				
Coefficiente de beta β_y 1,00						Coefficiente de beta β_z 1,00				
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)										
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	38,40	Coef. pand. z	χ_z		0,9	
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	35,68	Comp.Pan d.y	Nb,Rd ,y		3979,9 kN	
Inercia I	Iy	10930000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,44	Comp.Pan d.z	Nb,Rd ,z		3897,0 kN	
Inercia z	Iz	12661000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	0,41	Resist.				
Radio de giro y	iy	82,3 mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. C.Crít.Eule r.y	Nb,Rd Ncr,y		3897,0 kN	
Radio de giro z	iz	88,6 mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crít.Eule r.z	Ncr,z		22686,4 kN	
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,6	T.Crít.Eule r.y	Ncr,y		26279,2 kN	
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	0,6	T.Crít.Eule r.z	$\sigma_{cr,y}$		1405,3 N/mm2	
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χ_y	0,9		$\sigma_{cr,z}$		1627,8 N/mm2	
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)										
Límite inferior esbeltez reducida		Hay que considerar pandeo				MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL				
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área A 4533 mm2				
	Principal		Secundaria		Inercia lateral I 21339583 mm4					
	Compresi ón	Tracci ón	Compresi ón	Tracci ón	Radio de giro lateral if,z 69 mm					
	2,6	3,9	2,5	4	Esbeltez de Euler λ_E 86,81					
Esbeltez reducida y	Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y Lcy,m x 1079 mm					
Esbeltez reducida z	Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y Lcy,m x 3761 mm					
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)										
Pandeo dominante		Pandeo en el eje y Lky/L kz			Resistencia a compresión con pandeo		Nb,Rd		3897,0 kN	
Relaciones longitudes de pandeo		1,00			Índice de aprovechamiento				71,3 %	
Relaciones radios de giro		0,93							Cumple	
Axil de compresión de cálculo		Ned 2780,1 kN								



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
Soporte		P29	Planta			Primera	Axil		Nd	2179,8 kN	
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Soporte	HE 180 BC	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 180 BC	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coficiente EI			EI	10903,2	kN.m2	Coficiente EI			EI	12837,3	kN.m2
Coficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	3450	m	Coficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	4062	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coficiente de distribución nudo superior						Coficiente de distribución nudo superior					
				η1y	1,00					η1z	1,00
Coficiente de distribución nudo inferior						Coficiente de distribución nudo inferior					
				η2y	1,00					η2z	1,00
Coficiente de beta						Coficiente de beta					
				βy	1,00					βz	1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λy	47,16	Coef. pand. z	χz		0,9	
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λz	43,46	Comp.Pand .y	Nb,Rd .y		2757,2	kN
Inercia I	Iy	51920000	mm4	Esb. red. y	λy®	0,54	Comp.Pand .z	Nb,Rd .z		2677,3	kN
Inercia z	Iz	61130000	mm4	Esb. red. z	λz®	0,50	Resist. C.Crít.Eule				
Radio de giro y	iy	67,0	mm	Coef. imp. y	αy	0,21	Comp. C.Crít.Eule	Nb,Rd		2677,3	kN
Radio de giro z	iz	72,7	mm	Coef. imp. z	αz	0,34	C.Crít.Eule				
Esbeltez de Euler	λE	86,81		Coef. φy	φy	0,7	r.y	Ncr,y		10776,5	kN
Curva de pandeo y	a			Coef. φy	φz	0,7	r.z	Ncr,z		12688,2	kN
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	χy	0,9	T.Crít.Euler				
							.y	σcr,y		931,8	N/mm2
							T.Crít.Euler				
							.z	σcr,z		1097,1	N/mm2
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)											
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo			MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL					
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área		A		3267	mm2
						Inercia lateral		I		10500027	mm4
						Radio de giro lateral		if,z		57	mm
						Esbeltez de Euler		λE		86,81	
Esbeltez reducida y			Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y		Lcy,m x		1532 mm
Esbeltez reducida z			Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y		Lcy,m x		5300 mm
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)											
Pandeo dominante			Pandeo en el eje y			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	2677,3 kN	
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/L kz			Índice de aprovechamiento				81,4 %	
Relaciones radios de giro			iy/iz			Cumple					
Axil de compresión de cálculo			Ned			2179,8 kN					



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS												
DATOS SOPORTE ANALIZADO												
Soporte		P29	Planta			Segunda	Axil		Nd	1082,8 kN		
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS												
EJE Y-Y						EJE Z-Z						
Soporte	HE 180 BC	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 180 BC	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	
Coefficiente EI			EI	10903,2	kN.m2	Coefficiente EI			EI	12837,3	kN.m2	
Coefficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	3450	m	Coefficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	4062	m	
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)												
Coefficiente de distribución nudo superior						Coefficiente de distribución nudo superior						
				η1y	1,00					η1z	1,00	
Coefficiente de distribución nudo inferior						Coefficiente de distribución nudo inferior						
				η2y	1,00					η2z	1,00	
Coefficiente de beta						Coefficiente de beta						
				βy	1,00					βz	1,00	
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)												
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λy	47,16	Coef. pand. z	χz	0,9			
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λz	43,46	Comp.Pand .y	Nb,Rd .y	2757,2 kN			
Inercia I	Iy	51920000	mm4	Esb. red. y	λy®	0,54	Comp.Pand .z	Nb,Rd .z	2677,3 kN			
Inercia z	Iz	61130000	mm4	Esb. red. z	λz®	0,50	Resist. C.Crit.Eule	Nb,Rd	2677,3 kN			
Radio de giro y	iy	67,0	mm	Coef. imp. y	αy	0,21	r.y C.Crit.Eule	Ncr,y	10776,5 kN			
Radio de giro z	iz	72,7	mm	Coef. imp. z	αz	0,34	r.z C.Crit.Eule	Ncr,z	12688,2 kN			
Esbeltez de Euler	λE	86,81		Coef. ϕy	ϕy	0,7	T.Crit.Euler .y	σcr,y	931,8 N/mm2			
Curva de pandeo y	a			Coef. ϕy	ϕz	0,7	T.Crit.Euler .z	σcr,z	1097,1 N/mm2			
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	χy	0,9						
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)												
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo			MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL						
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área			A	3267	mm2	
						Inercia lateral			I	10500027	mm4	
						Radio de giro lateral			if,z	57	mm	
						Esbeltez de Euler			λE	86,81		
Esbeltez reducida y			Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y			Lcy,m x	1532	mm
Esbeltez reducida z			Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y			Lcy,m x	5300	mm
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)												
Pandeo dominante			Pandeo en el eje y			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	2677,3	kN	
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/L kz			Índice de aprovechamiento			40,4 %			
Relaciones radios de giro			iy/iz			Cumple						
Axil de compresión de cálculo			Ned			1082,8			kN			



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS										
DATOS SOPORTE ANALIZADO										
Soporte		P29	Planta			Tercera		Axil		Nd 796,5 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS										
EJE Y-Y						EJE Z-Z				
Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m) 3,16
Coeficiente EI			EI	5233,2	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1867,32 kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1656	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	591 m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)										
Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1z} 1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2z} 1,00
Coeficiente de beta				β_y	1,00	Coeficiente de beta				β_z 1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)										
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λ_y	46,65	Coef. pand. z	χ_z		0,7
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λ_z	78,09	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y		1297,4 kN
Inercia I	Iy	24920000	mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,54	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z		940,7 kN
Inercia z	Iz	8892000	mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	0,90	Resist.			
Radio de giro y	iy	67,7	mm	y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd			940,7 kN
Radio de giro z	iz	40,5	mm	z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y	Ncr,y		5172,4 kN
Esbeltez de Euler	λE	86,81		Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,7	C.Crít.Euler .z	Ncr,z		1845,6 kN
Curva de pandeo y	a			Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,0	T.Crít.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$		952,6 N/mm2
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	χ_y	0,9	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$		339,9 N/mm2
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)										
Límite inferior esbeltez reducida				Hay que considerar pandeo		MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL				
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área	A		2370	mm2
						Inercia lateral	I		4438286	mm4
						Radio de giro lateral	if,z		43	mm
						Esbeltez de Euler	λE		86,81	
Esbeltez reducida y						Máxima separación eje y	Lcy,mx		1590	mm
Esbeltez reducida z						Máxima separación eje y	Lcy,mx		5497	mm
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)										
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	940,7 kN
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lk			Índice de aprovechamiento				84,7 %
Relaciones radios de giro			iy/iz			Cumple				
Axil de compresión de cálculo			Ned			796,5			kN	



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
Soporte		P29	Planta			Cuarta	Axil		Nd	307,8 kN	
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI			EI	5233,2	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1867,32	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1656	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	591	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coeficiente de distribución nudo superior						Coeficiente de distribución nudo superior					
				η_{1y}	1,00					η_{1z}	1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior						Coeficiente de distribución nudo inferior					
				η_{2y}	1,00					η_{2z}	1,00
Coeficiente de beta						Coeficiente de beta					
				β_y	1,00					β_z	1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λ_y	46,65	Coef. pand. z	χ_z	0,7		
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λ_z	78,09	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y	1297,4	kN	
Inercia I	Iy	24920000	mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,54	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z	940,7	kN	
Inercia z	Iz	8892000	mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	0,90	Resist.				
Radio de giro y	iy	67,7	mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd		940,7	kN	
Radio de giro z	iz	40,5	mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y	Ncr,y	5172,4	kN	
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81		Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,7	C.Crít.Euler .z	Ncr,z	1845,6	kN	
Curva de pandeo y	a			Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,0	T.Crít.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$	952,6	N/mm2	
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	χ_y	0,9	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$	339,9	N/mm2	
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)											
Límite inferior esbeltez reducida				Hay que considerar pandeo		MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL					
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área		A	2370	mm2	
						Inercia lateral		I	4438286	mm4	
						Radio de giro lateral		if,z	43	mm	
						Esbeltez de Euler		λ_E	86,81		
Esbeltez reducida y		Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y		Lcy,mx	1590	mm	
Esbeltez reducida z		Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y		Lcy,mx	5497	mm	
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)											
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	940,7	kN
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lk			Índice de aprovechamiento			32,7 %		
Relaciones radios de giro			iy/iz			Cumple					
Axil de compresión de cálculo			Ned			307,8			kN		



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS										
DATOS SOPORTE ANALIZADO										
Soporte		P53	Planta			Primera		Axil		Nd 931,5 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS										
EJE Y-Y						EJE Z-Z				
Soporte	HE 180 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 180 B	Acero	S275	Longitud (m) 3,16
Coeficiente EI			EI	8045,1	kN.m2	Coeficiente EI			EI	2862,3 kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	2546	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	906 m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)										
Coeficiente de distribución nudo superior η_{1y} 1,00						Coeficiente de distribución nudo superior η_{1z} 1,00				
Coeficiente de distribución nudo inferior η_{2y} 1,00						Coeficiente de distribución nudo inferior η_{2z} 1,00				
Coeficiente de beta β_y 1,00						Coeficiente de beta β_z 1,00				
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)										
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	41,26	Coef. pand. z	χ_z	0,7		
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	69,17	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y	1593,6	kN	
Inercia I	Iy	38310000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,48	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z	1242,4	kN	
Inercia z	Iz	13630000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	0,80	Resist. Comp.	Nb,Rd	1242,4	kN	
Radio de giro y	iy	76,6 mm	Coef. imp.	α_y	0,21	C.Crít.Euler .y	Ncr,y	7951,6	kN	
Radio de giro z	iz	45,7 mm	Coef. imp.	α_z	0,34	C.Crít.Euler .z	Ncr,z	2829,1	kN	
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,6	T.Crít.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$	1217,7	N/mm2	
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	0,9	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$	433,2	N/mm2	
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χ_y	0,9					
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)										
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo			MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL				
Límite superior admisible esbeltez reducida					Área A 2875 mm2					
					Inercia lateral I 6805296 mm4					
					Radio de giro lateral if,z 49 mm					
					Esbeltez de Euler λ_E 86,81					
Esbeltez reducida y					Máxima separación eje y Lcy,mx 1315 mm					
Esbeltez reducida z					Máxima separación eje y Lcy,mx 4548 mm					
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)										
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	1242,4 kN
Relaciones longitudes de pandeo z			1,00			Índice de aprovechamiento			75,0	%
Relaciones radios de giro iy/iz			1,68			Cumple				
Axil de compresión de cálculo			Ned	931,5	kN					



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS										
DATOS SOPORTE ANALIZADO										
Soporte		P53	Planta			Segunda		Axil		Nd 918,3 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS										
EJE Y-Y						EJE Z-Z				
Soporte	HE 180 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 180 B	Acero	S275	Longitud (m) 3,16
Coeficiente EI			EI	8045,1 kN.m2		Coeficiente EI			EI	2862,3 kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	2546 m		Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	906 m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)										
Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo superior				η_{1z} 1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2y}	1,00	Coeficiente de distribución nudo inferior				η_{2z} 1,00
Coeficiente de beta				β_y	1,00	Coeficiente de beta				β_z 1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)										
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	41,26	Coef. pand. z		χ_z	0,7	
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	69,17	Comp.Pand .y		Nb,Rd, y	1593,6 kN	
Inercia I	Iy	38310000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,48	Comp.Pand .z		Nb,Rd, z	1242,4 kN	
Inercia z	Iz	13630000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	0,80	Resist. Comp.		Nb,Rd	1242,4 kN	
Radio de giro y	iy	76,6 mm	y	α_y	0,21	C.Crít.Euler .y		Ncr,y	7951,6 kN	
Radio de giro z	iz	45,7 mm	z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .z		Ncr,z	2829,1 kN	
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,6	T.Crít.Euler .y		$\sigma_{cr,y}$	1217,7 N/mm2	
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	0,9	T.Crít.Euler .z		$\sigma_{cr,z}$	433,2 N/mm2	
Curva de pandeo z	b		y	χ_y	0,9					
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)										
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo			MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL				
Límite superior admisible esbeltez reducida					Área A 2875 mm2					
					Inercia lateral I 6805296 mm4					
		Principal		Secundaria						
		Compresi	Tracció	Compresió	Tracción	Radio de giro lateral if,z 49 mm				
		2,6	3,9	2,5	4	Esbeltez de Euler λ_E 86,81				
Esbeltez reducida y		Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y Lcy,mx 1315 mm				
Esbeltez reducida z		Válido	Válido	Válido	Válido	Máxima separación eje y Lcy,mx 4548 mm				
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)										
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X		Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd 1242,4 kN		
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lk z 1,00		Índice de aprovechamiento			73,9 %		
Relaciones radios de giro			iy/iz 1,68					Cumple		
Axil de compresión de cálculo			Ned 918,3 kN							



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS										
DATOS SOPORTE ANALIZADO										
Soporte		P53	Planta			Tercera		Axil		Nd 722,9 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS										
EJE Y-Y						EJE Z-Z				
Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m) 3,16
Coeficiente EI			EI	5233,2	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1867,32 kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1656	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	591 m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)										
Coeficiente de distribución nudo superior η_{1y} 1,00						Coeficiente de distribución nudo superior η_{1z} 1,00				
Coeficiente de distribución nudo inferior η_{2y} 1,00						Coeficiente de distribución nudo inferior η_{2z} 1,00				
Coeficiente de beta β_y 1,00						Coeficiente de beta β_z 1,00				
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)										
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	46,65	Coef. pand. z	χ_z		0,7	
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	78,09	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y		1297,4	kN
Inercia I	Iy	24920000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_{y@}$	0,54	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z		940,7	kN
Inercia z	Iz	8892000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_{z@}$	0,90	Resist.				
Radio de giro y	iy	67,7 mm	y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd			940,7	kN
Radio de giro z	iz	40,5 mm	z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y	Ncr,y		5172,4	kN
Esbeltez de Euler	λE	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,7	C.Crít.Euler .z	Ncr,z		1845,6	kN
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,0	T.Crít.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$		952,6	N/mm2
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χ_y	0,9	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$		339,9	N/mm2
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)										
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo			MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL				
Límite superior admisible esbeltez reducida					Área A 2370 mm2					
					Inercia lateral I 4438286 mm4					



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
Soporte		P53	Planta			Cuarta		Axil		Nd	527,4 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI			EI	5233,2	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1867,32	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1656	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	591	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coeficiente de distribución nudo superior						Coeficiente de distribución nudo superior					
				η_{1y}	1,00					η_{1z}	1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior						Coeficiente de distribución nudo inferior					
				η_{2y}	1,00					η_{2z}	1,00
Coeficiente de beta						Coeficiente de beta					
				β_y	1,00					β_z	1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160	mm	Esb. mec. y	λ_y	46,65	Coef. pand. z	χ_z	0,7		
L. pandeo z	Lk,z	3160	mm	Esb. mec. z	λ_z	78,09	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y	1297,4	kN	
Inercia I	Iy	24920000	mm4	Esb. red. y	$\lambda_y^{\textcircled{R}}$	0,54	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z	940,7	kN	
Inercia z	Iz	8892000	mm4	Esb. red. z	$\lambda_z^{\textcircled{R}}$	0,90	Resist.				
Radio de giro y	iy	67,7	mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd		940,7	kN	
Radio de giro z	iz	40,5	mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y	Ncr,y	5172,4	kN	
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81		Coef. ϕ_y	ϕ_y	0,7	C.Crít.Euler .z	Ncr,z	1845,6	kN	
Curva de pandeo y	a			Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,0	T.Crít.Euler .y	ocr,y	952,6	N/mm2	
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	χ_y	0,9	T.Crít.Euler .z	ocr,z	339,9	N/mm2	
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)											
Límite inferior esbeltez reducida				Hay que considerar pandeo		MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL					
Límite superior admisible esbeltez reducida						Área		A	2370	mm2	
						Inercia lateral		I	4438286	mm4	
						Principal		Secundaria			
						Compresi		Tracció		Compresió	
						ón		n		Tracción	
						2,6		3,9		2,5 4	
Esbeltez reducida y						Válido		Válido		Válido	
Esbeltez reducida z						Válido		Válido		Válido	
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)											
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X			Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	940,7	kN
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lkz			Índice de aprovechamiento			56,1 %		
Relaciones radios de giro			iy/iz						Cumple		
Axil de compresión de cálculo			Ned			527,4			kN		



DIMENSIONADO SOPORTES METÁLICOS											
DATOS SOPORTE ANALIZADO											
Soporte		P53	Planta			Quinta		Axil		Nd	202,6 kN
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Soporte	HE 100 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16	Soporte	HE 100 B	Acero	S275	Longitud (m)	3,16
Coeficiente EI			EI	943,95	kN.m2	Coeficiente EI			EI	351,33	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	299	m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	111	m
DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DISTRIBUCIÓN Y COEFICIENTE β (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2.5)											
Coeficiente de distribución nudo superior						Coeficiente de distribución nudo superior					
				η_{1y}	1,00					η_{1z}	1,00
Coeficiente de distribución nudo inferior						Coeficiente de distribución nudo inferior					
				η_{2y}	1,00					η_{2z}	1,00
Coeficiente de beta						Coeficiente de beta					
				β_y	1,00					β_z	1,00
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.2 / Art. 6.3.2.1 / Art. 6.3.2.5)											
L. pandeo y	Lk,y	3160 mm	Esb. mec. y	λ_y	76,00	Coef. pand. z	χ_z	0,4			
L. pandeo z	Lk,z	3160 mm	Esb. mec. z	λ_z	124,57	Comp.Pand .y	Nb,Rd, y	510,6 kN			
Inercia I	Iy	4495000 mm4	Esb. red. y	$\lambda_y^{\text{®}}$	0,88	Comp.Pand .z	Nb,Rd, z	250,1 kN			
Inercia z	Iz	1673000 mm4	Esb. red. z	$\lambda_z^{\text{®}}$	1,44	Resist.					
Radio de giro y	iy	41,6 mm	Coef. imp. y	α_y	0,21	Comp. Nb,Rd		250,1 kN			
Radio de giro z	iz	25,4 mm	Coef. imp. z	α_z	0,34	C.Crít.Euler .y	Ncr,y	933,0 kN			
Esbeltez de Euler	λ_E	86,81	Coef. ϕ_y	ϕ_y	1,0	C.Crít.Euler .z	Ncr,z	347,2 kN			
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕ_y	ϕ_z	1,7	T.Crít.Euler .y	$\sigma_{cr,y}$	358,8 N/mm2			
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χ_y	0,7	T.Crít.Euler .z	$\sigma_{cr,z}$	133,6 N/mm2			
LÍMITES DE ESBELTEZ (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.1 / Tabla 6.3) Y MÁXIMA SEPARACIÓN PANDEO LATERAL (CTE-DB-SE-A Art. 6.3.3.2)											
Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo		MÁXIMA SEPARACIÓN PARA EVITAR PANDEO LATERAL						
Límite superior admisible esbeltez reducida					Área						
					Inercia lateral						
					A						
					I						
					1133 mm2						
					833573 mm4						
					Radio de giro lateral						
					if,z						
					27 mm						
					Esbeltez de Euler						
					λ_E						
					86,81						
Esbeltez reducida y					Máxima separación eje y						
Esbeltez reducida z					Lcy,mx						
					3386 mm						
					Máxima separación eje y						
					Lcy,mx						
					11389 mm						
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO (CTE-DB-SE-A Art. 6.2.5 / Art. 6.3.2)											
Pandeo dominante			Pandeo en el eje X		Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd		250,1 kN	
Relaciones longitudes de pandeo			Lky/Lk		Índice de aprovechamiento					81,0 %	
Relaciones radios de giro			z							Cumple	
Axil de compresión de cálculo			iy/iz								
			Ned		202,6 kN						

III.8. Arriostramientos

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO					A20-A26		
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitación	Despl. Local	Despl. Total	
Quinta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	59,68 kN	1,91 mm	31,88 mm	
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	104,31 kN	3,33 mm	29,98 mm	
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	127,43 kN	4,07 mm	26,64 mm	
Segunda	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	148,32 kN	4,74 mm	22,57 mm	
Primera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	166,87 kN	5,33 mm	17,83 mm	
Entreplanta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	181,47 kN	5,80 mm	12,50 mm	
Baja	3,16 m	UPN 80	288,1 kN	209,5 kN	6,69 mm	6,69 mm	
Límite desplazamiento total					44,24 mm	Cumple	

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A20-A26	Planta		Baja	Dirección		X				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo	29,4
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	16,3	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	28,00	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	24,4	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	49,62	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1	kN	Índice de aprovechamiento				72,7	%
Axil solicitado				209,5	kN					Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento		σ	190,4	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento			ΔL	5,8	mm	
Tensión máxima		σ_{max}	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte			δ	6,7	mm	
				Cumple	Límite desplazamiento CTE			δ_{CTE}	12,64	mm	
Modulo de deformación del acero		E	210000	N/mm2					Cumple		
Deformación unitaria del arriostramiento		ϵ	0,0009								
Deformación unitaria máxima		ϵ_{max}	0,0012								
				Cumple							

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A20-A26	Planta		Entreplanta	Dirección		X				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo	29,4
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	8,5	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	14,60	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	12,7	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	25,88	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1	kN	Índice de aprovechamiento				63,0	%
Axil solicitado				181,5	kN					Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento			σ	165,0	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento			ΔL	5,1	mm
Tensión máxima			σ_{max}	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte			δ	5,8	mm
			Cumple			Límite desplazamiento CTE			δ_{CTE}	12,64	mm
Modulo de deformación del acero			E	210000	N/mm2				Cumple		
Deformación unitaria del arriostramiento			ϵ	0,0008							
Deformación unitaria máxima			ϵ_{max}	0,0012							
			Cumple								



DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS												
Referencia	A20-A26	Planta		Primera	Dirección		X					
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS												
EJE Y-Y					EJE Z-Z							
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo	29,4	
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	
CARGAS DE VIENTO												
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	10,8	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	18,55	kN	
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	16,2	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	32,87	kN	
COMPROBACIÓN RESISTENCIA												
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1	kN	Índice de aprovechamiento				57,9	%	
Axil solicitado				166,9	kN					Cumple		
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO												
Tensión del arriostramiento			σ	151,7	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento			ΔL	4,6	mm	
Tensión máxima			σ_{max}	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte			δ	5,3	mm	
			Cumple			Límite desplazamiento CTE			δ_{CTE}	12,64	mm	
Modulo de deformación del acero			E	210000	N/mm2					Cumple		
Deformación unitaria del arriostramiento			ϵ	0,0007								
Deformación unitaria máxima			ϵ_{max}	0,0012								
			Cumple									

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS [Planta baja A19-A25]												
Referencia	A20-A26	Planta		Segunda		Dirección		X				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS												
EJE Y-Y						EJE Z-Z						
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo	29,4	
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	
CARGAS DE VIENTO												
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	12,1	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	20,89	kN	
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	18,2	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	37,02	kN	
COMPROBACIÓN RESISTENCIA												
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1	kN	Índice de aprovechamiento				51,5	%	
Axil solicitado				148,3	kN					Cumple		
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO												
Tensión del arriostramiento		σ	134,8	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento		ΔL	4,1	mm			
Tensión máxima		σmax	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte		δ	4,7	mm			
				Cumple	Límite desplazamiento CTE		δCTE	12,64	mm			
Modulo de deformación del acero		E	210000	N/mm2					Cumple			
Deformación unitaria del arriostramiento		ε	0,0006									
Deformación unitaria máxima		εmax	0,0012									
				Cumple								

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A20-A26	Planta		Tercera	Dirección		X				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y					EJE Z-Z						
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo	29,4
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	13,4	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	23,11	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	20,1	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	40,96	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1	kN	Índice de aprovechamiento				44,2	%
Axil solicitado				127,4	kN					Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento			σ	115,8	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento			ΔL	3,5	mm
Tensión máxima			σ_{max}	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte			δ	4,1	mm
			Cumple			Límite desplazamiento CTE			δ_{CTE}	12,64	mm
Modulo de deformación del acero			E	210000	N/mm2				Cumple		
Deformación unitaria del arriostramiento			ϵ	0,0006							
Deformación unitaria máxima			ϵ_{max}	0,0012							
			Cumple								



DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS									
Referencia	A20-A26	Planta	Cuarta	Dirección	X				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS									
EJE Y-Y					EJE Z-Z				
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275
CARGAS DE VIENTO									
Carga de viento perpendicular a fachada	qhk		25,9	kN	Viento en la dirección del arriostramiento	qid		44,63	kN
Carga de viento perpendicular a fachada	qhd		38,9	kN	Incremento de axil en el soporte	qvd		79,10	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA									
Resistencia arriostramiento seleccionado			288,1	kN	Índice de aprovechamiento			36,2	%
Axil solicitado			104,3	kN				Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO									
Tensión del arriostramiento	σ		94,8	N/mm ²	Longitud que se alarga el arriostramiento	ΔL		2,9	mm
Tensión máxima	σ_{max}		261,90	N/mm ²	Desplazamiento horizontal cabeza soporte	δ		3,3	mm
		Cumple			Límite desplazamiento CTE	δ_{CTE}		12,64	mm
Modulo de deformación del acero	E		210000	N/mm ²				Cumple	
Deformación unitaria del arriostramiento	ϵ		0,0005						
Deformación unitaria máxima	ϵ_{max}		0,0012						
		Cumple							

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS									
Referencia	A20-A26	Planta	Quinta	Dirección	X				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS									
EJE Y-Y					EJE Z-Z				
Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60	Ángulo (°)	29,4	Altura planta	3,16	Longitud vano	5,60
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,43	Soporte	UPN 80	Acero	S275
CARGAS DE VIENTO									
Carga de viento perpendicular a fachada	qhk		34,7	kN	Viento en la dirección del arriostramiento	qid		59,68	kN
Carga de viento perpendicular a fachada	qhd		52,0	kN	Incremento de axil en el soporte	qvd		105,76	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA									
Resistencia arriostramiento seleccionado			288,1	kN	Índice de aprovechamiento			20,7	%
Axil solicitado			59,7	kN				Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO									
Tensión del arriostramiento	σ		54,3	N/mm ²	Longitud que se alarga el arriostramiento	ΔL		1,7	mm
Tensión máxima	σ_{max}		261,90	N/mm ²	Desplazamiento horizontal cabeza soporte	δ		1,9	mm
		Cumple			Límite desplazamiento CTE	δ_{CTE}		12,64	mm
Modulo de deformación del acero	E		210000	N/mm ²				Cumple	
Deformación unitaria del arriostramiento	ϵ		0,0003						
Deformación unitaria máxima	ϵ_{max}		0,0012						
		Cumple							

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO					A28-J28				
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitación	Despl. Local	Despl. Total			
Quinta	0,00 m	UPN 80	288,10 kN	0,00 kN	0,00 mm	36,60 mm			
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	115,62 kN	3,95 mm	36,60 mm			
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	175,34 kN	5,99 mm	32,65 mm			
Segunda	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	183,49 kN	5,11 mm	26,66 mm			
Primera	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	231,56 kN	6,45 mm	21,55 mm			
Entreplanta	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	256,06 kN	7,13 mm	15,10 mm			
Baja	3,16 m	UPN 100	353,6 kN	286,4 kN	7,97 mm	7,97 mm			
				Límite desplazamiento total	37,92 mm	Cumple			



DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A28-J28	Planta		Baja	Dirección		Y				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo (°)	26,6	Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo	26,6
Perfil	UPN 100	Acero	S275	Longitud (m)	7,06	Soporte	UPN 100	Acero	S275	Longitud (m)	7,06
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	18,1	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	30,39	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	27,2	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	60,67	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				353,6	kN	Índice de aprovechamiento				81,0	%
Axil solicitado				286,4	kN					Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento			σ	212,2	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento			ΔL	7,1	mm
Tensión máxima			σ_{max}	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte			δ	8,0	mm
			Cumple			Límite desplazamiento CTE			δ_{CTE}	12,64	mm
Modulo de deformación del acero			E	210000	N/mm2				Cumple		
Deformación unitaria del arriostramiento			ϵ	0,0010							
Deformación unitaria máxima			ϵ_{max}	0,0012							
			Cumple								

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A28-J28	Planta		Entreplanta	Dirección		Y				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo (°)	26,6	Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo	26,6
Perfil	UPN 100	Acero	S275	Longitud (m)	7,06	Soporte	UPN 100	Acero	S275	Longitud (m)	7,06
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	14,6	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	24,49	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	21,9	kN	Incremento de axil en el soporte			qv	48,91	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				353,6	kN	Índice de aprovechamiento				72,4	%
Axil solicitado				256,1	kN					Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento		σ	189,7	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento				ΔL	6,4	mm
Tensión máxima		σmax	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte				δ	7,1	mm
				Cumple	Límite desplazamiento CTE				δCTE	12,64	mm
Modulo de deformación del acero		E	210000	N/mm2					Cumple		
Deformación unitaria del arriostramiento		ε	0,0009								
Deformación unitaria máxima		εmax	0,0012								
				Cumple							

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A28-J28	Planta		Primera	Dirección		Y				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo (°)	26,6	Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo	26,6
Perfil	UPN 100	Acero	S275	Longitud (m)	7,06	Soporte	UPN 100	Acero	S275	Longitud (m)	7,06
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	28,7	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	48,07	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	43,0	kN	Incremento de axil en el soporte			qv	96,00	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				353,6	kN	Índice de aprovechamiento				65,5	%
Axil solicitado				231,6	kN					Cumple	
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento		σ	171,5	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento		ΔL	5,8	mm		
Tensión máxima		σ_{max}	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte		δ	6,4	mm		
				Cumple	Límite desplazamiento CTE		δ_{CTE}	12,64	mm		
Modulo de deformación del acero		E	210000	N/mm2					Cumple		
Deformación unitaria del arriostramiento		ϵ	0,0008								
Deformación unitaria máxima		ϵ_{max}	0,0012								
				Cumple							



DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS [Planta baja A19-A25]											
Referencia	A28-J28	Planta		Segunda	Dirección		Y				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo (°)	26,6	Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo	26,6
Perfil	UPN 100	Acero	S275	Longitud (m)	7,06	Soporte	UPN 100	Acero	S275	Longitud (m)	7,06
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	4,9	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	8,15	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	7,3	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	16,27	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				353,6	kN	Índice de aprovechamiento				51,9	%
Axil solicitado				183,5	kN	Cumple					
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento		σ	135,9	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento				ΔL	4,6	mm
Tensión máxima		σ_{max}	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte				δ	5,1	mm
Cumple				Límite desplazamiento CTE				δ_{CTE}	12,64	mm	
Modulo de deformación del acero		E	210000	N/mm2	Cumple						
Deformación unitaria del arriostramiento		ϵ	0,0006								
Deformación unitaria máxima		ϵ_{max}	0,0012								
Cumple											

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A28-J28	Planta		Tercera		Dirección		Y			
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo (°)	26,6	Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo	26,6
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	7,06	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	7,06
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	35,6	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	59,72	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	53,4	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	119,25	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1	kN	Índice de aprovechamiento				60,9	%
Axil solicitado				175,3	kN	Cumple					
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento		σ	159,4	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento				ΔL	5,4	mm
Tensión máxima		σmax	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte				δ	6,0	mm
				Cumple	Límite desplazamiento CTE				δCTE	12,64	mm
Modulo de deformación del acero		E	210000	N/mm2	Cumple						
Deformación unitaria del arriostramiento		ε	0,0008								
Deformación unitaria máxima		εmax	0,0012								
				Cumple							

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS											
Referencia	A28-J28	Planta		Cuarta	Dirección		Y				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS											
EJE Y-Y						EJE Z-Z					
Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo (°)	26,6	Altura planta	3,16	Longitud vano	6,31	Ángulo	26,6
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	7,06	Soporte	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	7,06
CARGAS DE VIENTO											
Carga de viento perpendicular a fachada			qhk	68,9	kN	Viento en la dirección del arriostramiento			qid	115,62	kN
Carga de viento perpendicular a fachada			qhd	103,4	kN	Incremento de axil en el soporte			qvd	230,87	kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA											
Resistencia arriostramiento seleccionado				288,1	kN	Índice de aprovechamiento				40,1	%
Axil solicitado				115,6	kN	Cumple					
COMPROBACIÓN DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO											
Tensión del arriostramiento			σ	105,1	N/mm2	Longitud que se alarga el arriostramiento			ΔL	3,5	mm
Tensión máxima			σmax	261,90	N/mm2	Desplazamiento horizontal cabeza soporte			δ	4,0	mm
			Cumple			Límite desplazamiento CTE			δCTE	12,64	mm
Modulo de deformación del acero			E	210000	N/mm2	Cumple					
Deformación unitaria del arriostramiento			ε	0,0005							
Deformación unitaria máxima			εmax	0,0012							
Cumple											



DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTOS									
Referencia	A28-J28	Planta	Quinta	Dirección	Y				
CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS									
EJE Y-Y					EJE Z-Z				
Altura planta	0,00	Longitud vano	6,31	Ángulo (°)	0,0	Altura planta	0,00	Longitud vano	6,31
Perfil	UPN 80	Acero	S275	Longitud (m)	6,31	Soporte	UPN 80	Acero	S275
CARGAS DE VIENTO									
Carga de viento perpendicular a fachada	qh _k		0,0	kN	Viento en la dirección del arriostramiento	q _{id}		0,00	kN
Carga de viento perpendicular a fachada	qh _d		0,0	kN	Incremento de axil en el soporte	q _{vd}	#iDIV/0!		kN
COMPROBACIÓN RESISTENCIA									
Resistencia arriostramiento seleccionado			288,1	kN	Índice de aprovechamiento			0,0	%
Axil solicitado			0,0	kN				Cumple	
COMPROBACION DE DESPLAZAMIENTO MÁXIMO									
Tensión del arriostramiento	σ		0,0	N/mm ²	Longitud que se alarga el arriostramiento	ΔL		0,0	mm
Tensión máxima	σ _{max}		261,90	N/mm ²	Desplazamiento horizontal cabeza soporte	δ		0,0	mm
		Cumple			Límite desplazamiento CTE	δ _{CTE}		0,00	mm
Modulo de deformación del acero	E		210000	N/mm ²				Cumple	
Deformación unitaria del arriostramiento	ε		0,0000						
Deformación unitaria máxima	ε _{max}		0,0012						
		Cumple							

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO					A20-A26			
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud	Despl. Local	Despl. Total		
Quinta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	59,68 kN	1,91 mm	31,88 mm		
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	104,31 kN	3,33 mm	29,98 mm		
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	127,43 kN	4,07 mm	26,64 mm		
Segunda	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	148,32 kN	4,74 mm	22,57 mm		
Primera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	166,87 kN	5,33 mm	17,83 mm		
Entreplanta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	181,47 kN	5,80 mm	12,50 mm		
Baja	3,16 m	UPN 80	288,1 kN	209,5 kN	6,69 mm	6,69 mm		
				Límite desplazamiento total	44,24 mm	Cumple		

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO					B'16-B'19 / C'16-C'19			
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud	Despl. Local	Despl. Total		
Quinta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	78,69 kN	2,17 mm	36,28 mm		
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	137,54 kN	3,79 mm	34,11 mm		
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	168,01 kN	4,63 mm	30,32 mm		
Segunda	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	195,56 kN	5,39 mm	25,68 mm		
Primera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	220,02 kN	6,07 mm	20,29 mm		
Entreplanta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	239,27 kN	6,60 mm	14,22 mm		
Baja	3,16 m	UPN 80	288,1 kN	276,2 kN	7,62 mm	7,62 mm		
				Límite desplazamiento total	44,24 mm	Cumple		

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO					B'21-B'23 / C'21-C'23			
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud	Despl. Local	Despl. Total		
Quinta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	104,14 kN	3,29 mm	44,22 mm		
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	182,02 kN	5,76 mm	40,93 mm		
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	222,36 kN	7,03 mm	35,17 mm		
Segunda	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	258,81 kN	6,67 mm	28,14 mm		
Primera	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	291,18 kN	7,50 mm	21,47 mm		
Entreplanta	3,16 m	UPN 120	445,24 kN	316,66 kN	6,48 mm	13,96 mm		
Baja	3,16 m	UPN 120	445,2 kN	365,5 kN	7,48 mm	7,48 mm		
				Límite desplazamiento total	44,24 mm	Cumple		



DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO						G9-G11	
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud		Despl. Local	Despl. Total
Quinta	0,00 m	UPN 80	288,10 kN	0,00 kN		0,00 mm	18,02 mm
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	48,90 kN		1,39 mm	18,02 mm
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	74,22 kN		2,11 mm	16,63 mm
Segunda	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	97,11 kN		2,75 mm	14,52 mm
Primera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	117,44 kN		3,33 mm	11,77 mm
Entreplanta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	133,44 kN		3,78 mm	8,44 mm
Baja	3,16 m	UPN 80	288,1 kN	164,1 kN		4,65 mm	4,65 mm
Límite desplazamiento total						37,92 mm	Cumple

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO						Z1-Z9 / T20-T26	
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud		Despl. Local	Despl. Total
Quinta	0,00 m	UPN 80	288,10 kN	0,00 kN		0,00 mm	19,46 mm
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	43,30 kN		1,50 mm	19,46 mm
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	65,72 kN		2,27 mm	17,96 mm
Segunda	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	85,99 kN		2,97 mm	15,68 mm
Primera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	103,98 kN		3,60 mm	12,71 mm
Entreplanta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	118,15 kN		4,09 mm	9,11 mm
Baja	3,16 m	UPN 80	288,1 kN	145,3 kN		5,03 mm	5,03 mm
Límite desplazamiento total						37,92 mm	Cumple

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO						A2-B2	
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud		Despl. Local	Despl. Total
Quinta	0,00 m	UPN 100	353,57 kN	0,00 kN		0,00 mm	36,72 mm
Cuarta	3,16 m	UPN 120	445,24 kN	196,86 kN		3,90 mm	36,72 mm
Tercera	3,16 m	UPN 120	445,24 kN	298,54 kN		5,91 mm	32,82 mm
Segunda	3,16 m	UPN 140	534,29 kN	312,42 kN		5,16 mm	26,91 mm
Primera	3,16 m	UPN 140	534,29 kN	394,27 kN		6,51 mm	21,75 mm
Entreplanta	3,16 m	UPN 140	534,29 kN	435,97 kN		7,20 mm	15,25 mm
Baja	3,16 m	UPN 140	534,3 kN	487,7 kN		8,05 mm	8,05 mm
Límite desplazamiento total						37,92 mm	Cumple

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO						B11-G11	
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud		Despl. Local	Despl. Total
Quinta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	12,04 kN		0,33 mm	38,57 mm
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	168,55 kN		4,65 mm	38,24 mm
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	249,39 kN		6,88 mm	33,59 mm
Segunda	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	260,42 kN		5,85 mm	26,71 mm
Primera	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	325,50 kN		7,32 mm	20,85 mm
Entreplanta	3,16 m	UPN 120	445,24 kN	358,66 kN		6,40 mm	13,54 mm
Baja	3,16 m	UPN 120	445,2 kN	399,8 kN		7,14 mm	7,14 mm
Límite desplazamiento total						44,24 mm	Cumple

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO						B'23-C'23	
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud		Despl. Local	Despl. Total
Quinta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	15,67 kN		0,49 mm	43,98 mm
Cuarta	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	219,47 kN		5,60 mm	43,49 mm
Tercera	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	324,75 kN		8,28 mm	37,89 mm
Segunda	3,16 m	UPN 120	445,24 kN	339,11 kN		6,87 mm	29,61 mm
Primera	3,16 m	UPN 120	445,24 kN	423,85 kN		8,58 mm	22,75 mm
Entreplanta	3,16 m	UPN 160	628,57 kN	467,02 kN		6,70 mm	14,16 mm
Baja	3,16 m	UPN 160	628,6 kN	520,6 kN		7,47 mm	7,47 mm
Límite desplazamiento total						44,24 mm	Cumple



DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO						B'26-E'26		
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud		Despl. Local	Despl. Total	
Quinta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	9,00 kN		0,30 mm	40,35 mm	
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	126,06 kN		4,16 mm	40,06 mm	
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	186,52 kN		6,16 mm	35,89 mm	
Segunda	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	194,77 kN		6,43 mm	29,73 mm	
Primera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	243,44 kN		8,04 mm	23,30 mm	
Entreplanta	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	268,24 kN		7,22 mm	15,26 mm	
Baja	3,16 m	UPN 100	353,6 kN	299,0 kN		8,05 mm	8,05 mm	
Límite desplazamiento total						44,24 mm	Cumple	

DIMENSIONADO ARRIOSTRAMIENTO						T1-Z1 / T20-Z20		
Planta	Altura	Perfil	Resistencia	Solicitud		Despl. Local	Despl. Total	
Quinta	0,00 m	UPN 80	288,10 kN	0,00 kN		0,00 mm	35,73 mm	
Cuarta	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	112,75 kN		4,21 mm	35,73 mm	
Tercera	3,16 m	UPN 80	288,10 kN	170,99 kN		6,39 mm	31,52 mm	
Segunda	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	178,93 kN		5,45 mm	25,13 mm	
Primera	3,16 m	UPN 100	353,57 kN	225,81 kN		6,88 mm	19,67 mm	
Entreplanta	3,16 m	UPN 120	445,24 kN	249,70 kN		6,04 mm	12,80 mm	
Baja	3,16 m	UPN 120	445,2 kN	279,3 kN		6,76 mm	6,76 mm	
Límite desplazamiento total						37,92 mm	Cumple	



III.9. Celosías

DIMENSIONADO CELOSÍA J					
DATOS GEOMÉTRICOS					
Luz de la cercha	L	12,54	m	Intereje	s 6,285 m
Canto (h/10)	h	1,25	m	Número de módulos	8
Canto seleccionado	h	1,40	m	Ángulo de las diagonales con la horizontal	41,77 °
Luz vano izq	Lizq	6,32	m	Longitud los cordones entre montantes	1,57 m
Luz vano drch	Ldrch	6,25	m	Separación entre correas	2,80 m

DEFINICIÓN DE CARGAS Y SOLICITACIONES									
	Superficie	Lineal	Superficial	Lineal	Reducción de sobrecargas		Si		
	qk	qkm	qd	qdm			Ψ0	Ψ1	Ψ2
C. lineal permanente	Glk	0,00		0	Coef. de simultaneidad Q1	G11 - Cubiertas con inclinación <20°	0	0	0
C. lineal variable	Qlk	0,00		0	Coef. de simultaneidad Q2	Nieve ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Peso propio	G0	4,08	25,64	5,51	34,62	M(-) izq	M (-)	0	kN.m
Cargas muertas	G1	2,50	15,71	3,38	21,21	M(+)	M (+)	209,99	kN.m
Variable 1	Q1	1,00	0,00	1,50	0,00	M (-) drcha	M (-)	0	kN.m
Variable 2	Q2	0,20	0,00	0,30	0,00	Cortante izq	Vdizq	350,05	kN
Total		7,8	41,36	10,68	55,83	Cortante drcha	Vddrch	350,05	kN

DIMENSIONADO DEL CORDÓN									
EJE Y-Y					EJE Z-Z				
Perfil	HE 160 B	Acero	S275	Longitud (m)	1,57	Soporte	HE 160 B	Acero	S275
Coeficiente EI		EI	5233,2	kN.m2		Coeficiente EI		EI	1867,32
Coeficiente de rigidez EI/Ly		Kcy	3339	/m		Coeficiente de rigidez EI/Ly		Kcz	667

CARACTERÍSTICAS DE PANDEO									
L. pandeo y	Lk,y	1568	mm	Esb. mec. y	λy	23,14	Coef. pand. z	χz	0,7
L. pandeo z	Lk,z	2800	mm	Esb. mec. z	λz	69,19	Comp.Pand.y	Nb,Rd,y	1401,1 kN
Inercia I	Iy	00	mm4	Esb. red. y	λy®	0,27	Comp.Pand.z	Nb,Rd,z	1032,9 kN
Inercia z	Iz	889200	mm4	Esb. red. z	λz®	0,80	Resist. Comp.	Nb,Rd	1032,9 kN
Radio de giro y	iy	67,7	mm	Coef. imp. y	αy	0,21	C.Crít.Euler.y	Ncr,y	21020,9 kN
Radio de giro z	iz	40,5	mm	Coef. imp. z	αz	0,34	C.Crít.Euler.z	Ncr,z	2350,7 kN
Esbeltez de Euler	λE	86,81		Coef. φy	φy	0,5	T.Crít.Euler.y	σcr,y	3871,3 N/mm2
Curva de pandeo y	a			Coef. φz	φz	0,9	T.Crít.Euler.z	σcr,z	432,9 N/mm2
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	χy	1,0			

COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO						
Pandeo dominante	Pandeo en el eje X	Límite inferior esbeltez reducida		Hay que considerar pandeo		
Relaciones longitudes de pandeo	Lky/Lkz	0,56	Límite superior admisible esbeltez reducida			
Relaciones radios de giro	iy/iz	1,67	Principal		Secundari	
Axil de compresión de cálculo	Ned	149,99	kN	Compresión	Tracci	Compresi
Resistencia a compresión con pandeo	Nb,Rd	1032,9	kN	2,6	3,9	2,5
Índice de aprovechamiento		14,5	%	Esbeltez reducida y	Válido	Válido
	Cumple			Esbeltez reducida z	Válido	Válido

DIMENSIONADO CELOSÍA J											
DIMENSIONADO DEL MONTANTE											
EJE Y-Y					EJE Z-Z						
Perfil	2UPN 160	Acero	S275	Longitud (m)	1,40	Soporte	2UPN 160	Acero	S275	Longitud (m)	1,40
Coeficiente EI			EI	3885	kN.m2	Coeficiente EI			EI	2541	kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	2775	/m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	1815	/m
Reacción en apoyo izquierdo				R1	350,1	kN	Carga puntual extrema		Pa	43,8	kN
Reacción en apovo derecho				R2	350,1	kN	Carga puntual interna		Pb	87,5	kN

CARACTERÍSTICAS DE PANDEO

L. pandeo y	Lk,y	1400 mm	Esb. mec. y	λy	22,55	Coef. pand. z	χ^z	1,0
L. pandeo z	Lk,z	1400 mm	Esb. mec. z	λz	27,88	Comp.Pand.y	Nb,R d,y	1240,5 kN
Inercia I	Iy	1850000 mm ⁴	Esb. red. y	λy°	0,26	Comp.Pand.z	Nb,R d,z	1202,2 kN
Inercia z	Iz	1210000 mm ⁴	Esb. red. z	λz°	0,32	Resist. Comp.	Nb,R d	1202,2 kN
Radio de giro y	iy	62,1 mm	Coef. imp. y	αy	0,21	C.Crít.Euler.y	Ncr,y	19563,0 kN
Radio de giro z	iz	50,2 mm	Coef. imp. z	αz	0,34	C.Crít.Euler.z	Ncr,z	12795,2 kN
Esbeltez de Euler	λE	86,81	Coef. ϕy	ϕy	0,5	T.Crít.Euler.y	$\sigma_{cr,y}$	4075,6 N/mm ²
Curva de pandeo y	a		Coef. ϕy	ϕz	0,6	T.Crít.Euler.z	$\sigma_{cr,z}$	2665,7 N/mm ²
Curva de pandeo z	b		Coef. pand. y	χy	1,0			

COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO

Pandeo dominante	Lky/Lk	Pandeo en el eje X	Límite inferior esbeltez reducida		Hay que considerar pandeo		
Relaciones longitudes de pandeo	z	1,00	Límite superior admisible esbeltez reducida				
Relaciones radios de giro	iy/iz	1,24	Principal		Secundari		
Axil de compresión de cálculo	Ned	1019,51 kN	Compresión		Tracci	Compresi	Tracció
Resistencia a compresión con pandeo	Nb,Rd	1202,2 kN	2,6		3,9	2,5	4
Índice de aprovechamiento		84,8 %	Esbeltez reducida y		Válido	Válido	Válido
		Cumple	Esbeltez reducida z		Válido	Válido	Válido

DIMENSIONADO DE LA DIAGONAL

Perfil	2UPN 160	Acero	S275	Longitud(m)	2,10	Axil de tracción en la barra E'F	Nd	1103,2 kN
Distancia perpendicular entre montante y diagonal			d	0,93 m		Axil resistido por el perfil seleccionado	Npl,R	
Sumatoria de momentos en E			ΣME	1028,8 kN.m			d	1257,1 kN
								Cumple

PREDIMENSIONADO DE LA CELOSÍA A DEFORMACIÓN

		21000000			0,018327
Modulo de deformación del acero	E	0	kN/m2	Flecha desarrollada por la cercha	fmax 273 m
Momento de inercia de 1 cordón	Iy cordón	2492,00	cm4		L/? 684
Área del cordón	A	54,3	cm2	Limitación de flecha por la combinación característica de acciones	L/? 300
Momento de inercia del conjunto	Iy conjunto	0,005371			
		24	m4		Cumple



DIMENSIONADO CELOSÍA T					
DATOS GEOMÉTRICOS					
Luz de la cercha	L	11,39	m	Intereje	s 6,755 m
Canto (h/10)	h	1,14	m	Número de módulos	8
Canto seleccionado	h	1,40	m	Ángulo de las diagonales con la horizontal	44,52 °
Luz vano izq	Lizq	7,26	m	Longitud los cordones entre montantes	1,42 m
Luz vano drch	Ldrch	6,25	m	Separación entre correas	2,80 m

DEFINICIÓN DE CARGAS Y SOLICITACIONES									
		Superficial	Lineal	Superficial	Lineal	Reducción de sobrecargas		Si	
		qk	qkm	qd	qdm			Ψ0	Ψ1 Ψ2
C. lineal permanente	Glk	0,00			0	Coef. de simultaneidad Q1	G11 - Cubiertas con inclinación <20°	0	0 0
C. lineal variable	Qlk	0,00			0	Coef. de simultaneidad Q2	Nieve ≤ 1000 m	0,5	0,2 0
Peso propio	G0	4,08	27,56	5,51	37,21	M(-) izq		M (-)	0 kN.m
Cargas muertas	G1	2,50	16,89	3,38	22,80	M(+)		M (+)	173,24 kN.m
Variable 1	Q1	1,00	0,00	1,50	0,00	M (-)		M (-)	0 kN.m
Variable 2	Q2	0,20	0,00	0,30	0,00	Cortante izq		Vdizq	341,73 kN
Total		7,8	44,45	10,68	60,00	Cortante drcha		Vddrch	341,73 kN

DIMENSIONADO DEL CORDÓN									
EJE Y-Y					EJE Z-Z				
Perfil	HE 140 B	Acero	S275	Longitud (m)	1,42	Soporte	HE 140 B	Acero	S275 Longitud (m)
Coeficiente EI			EI	3168,9	kN.m2	Coeficiente EI			EI 1154,37 kN.m2
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	2226	/m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz 412 /m

CARACTERÍSTICAS DE PANDEO									
L. pandeo y	Lk,y	1424	mm	Esb. mec. y	λy	24,03	Coef. pand. z	Xz	0,7
L. pandeo z	Lk,z	2800	mm	Esb. mec. z	λz	78,31	Comp.Pand.y	Nb,Rd,y	1106,9 kN
Inercia I	Iy	150900	mm4	Esb. red. y	λy®	0,28	Comp.Pand.z	Nb,Rd,z	743,1 kN
Inercia z	Iz	549700	mm4	Esb. red. z	λz®	0,90	Resist. Comp.	Nb,Rd	743,1 kN
Radio de giro y	iy	59,2	mm	Coef. imp. y	αy	0,21	C.Crít.Euler.y	Ncr,y	15429,1 kN
Radio de giro z	iz	35,8	mm	Coef. imp. z	αz	0,34	C.Crít.Euler.z	Ncr,z	1453,2 kN
Esbeltez de Euler	λE	86,81		Coef. φy	φy	0,5	T.Crít.Euler.y	σcr,y	3588,2 N/mm2
Curva de pandeo y	a			Coef. φz	φz	1,0	T.Crít.Euler.z	σcr,z	338,0 N/mm2
Curva de pandeo z	b			Coef. pand. y	XY	1,0			

COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO									
Pandeo dominante				Pandeo en el eje X				Límite inferior esbeltez reducida	Hay que considerar pandeo
Relaciones longitudes de pandeo	Lky/Lkz			0,51				Límite superior admisible esbeltez reducida	
Relaciones radios de giro	iy/iz			1,66				Principal	Secundari
Axil de compresión de cálculo	Ned			123,74	kN			Compresión	Tracci
Resistencia a compresión con pandeo	Nb,Rd			743,1	kN			2,6	3,9
Índice de aprovechamiento				16,7	%			2,5	4
				Cumple				Esbeltez reducida y	Válido
								Esbeltez reducida z	Válido



DIMENSIONADO CELOSÍA T													
DIMENSIONADO DEL MONTANTE													
EJE Y-Y						EJE Z-Z							
Perfil	2UPN 140	Acero	S275	Longitud (m)	1,40	Soporte	2UPN 140	Acero	S275	Longitud (m)	1,40		
Coeficiente EI			EI	2541	kN.m2	Coeficiente EI			EI	1810,2	kN.m2		
Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcy	1815	/m	Coeficiente de rigidez EI/Ly			Kcz	1293	/m		
Reacción en apoyo izquierdo				R1	341,7	kN	Carga puntual extrema		Pa	42,7	kN		
Reacción en apoyo derecho				R2	341,7	kN	Carga puntual interna		Pb	85,4	kN		
CARACTERÍSTICAS DE PANDEO													
L. pandeo y	Lk,y	1400	mm	Esb. mec. y	λy	25,71	Coef. pand. z	χz		0,9			
L. pandeo z	Lk,z	1400	mm	Esb. mec. z	λz	30,46	Comp.Pand.y	Nb,R	d,y	1045,5	kN		
Inercia I	Iy	0	mm4	Esb. red. y	λy®	0,30	Comp.Pand.z	Nb,R	d,z	1009,9	kN		
Inercia z	Iz	8620000	mm4	Esb. red. z	λz®	0,35	Resist. Comp.	Nb,R	d	1009,9	kN		
Radio de giro y	iy	54,5	mm	Coef. imp. y	αy	0,21	C.Crít.Euler.y	Ncr,y		12795,2	kN		
Radio de giro z	iz	46,0	mm	Coef. imp. z	αz	0,34	C.Crít.Euler.z	Ncr,z		9115,3	kN		
Esbeltez de Euler	λE	86,81		Coef. ϕy	ϕy	0,6	T.Crít.Euler.y	σcr,y		3136,1	2		
Curva de pandeo y		a		Coef. ϕy	ϕz	0,6	T.Crít.Euler.z	σcr,z		2234,1	2		
Curva de pandeo z		b		Coef. pand. y	χy	1,0							
COMPRESIÓN SIMPLE CON PANDEO													
Pandeo dominante			Lky/Lk	Pandeo en el eje X		Límite inferior esbeltez reducida			Hay que considerar pandeo				
Relaciones longitudes de pandeo			z	1,00		Límite superior admisible esbeltez reducida							
Relaciones radios de giro			iy/iz	1,18		Principal			Secundari a				
Axil de compresión de cálculo			Ned	85,43 kN		Compresión			Tracci ón	Compresi ón	Tracció n		
Resistencia a compresión con pandeo			Nb,Rd	1009,9 kN		2,6			3,9	2,5	4		
Índice de aprovechamiento				8,5 %		Esbeltez reducida y			Válido	Válido	Válido		
				Cumple		Esbeltez reducida z			Válido	Válido	Válido		
DIMENSIONADO DE LA DIAGONAL													
Perfil	2UPN 140	Acero	S275	Longitud(m)	2,00	Axil de tracción en la barra E'F			Nd	929,4	kN		
Distancia perpendicular entre montante y diagonal				d	0,98	m	Axil resistido por el perfil seleccionado			Npl,R d	1068,6	kN	
Sumatoria de momentos en E				ΣME	912,2	kN.m	Cumple						
PREDIMENSIONADO DE LA CELOSÍA A DEFORMACIÓN													
Modulo de deformación del acero				E	0	kN/m2	Flecha desarrollada por la cercha			fmax	937	m	
Momento de inercia de 1 cordón				Iy	1509,00	cm4				L/?	671		
Área del cordón				A	43	cm2	Limitación de flecha por la combinación característica de acciones			L/?	300		
Momento de inercia del conjunto				Iy	0,004244	m4						Cumple	

III.10. Uniones atornilladas A: Chapa lateral

DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL											
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL											
Perfil seleccionado		IPE		Altura	h	200 mm	Radio de acuerdo	r	12 mm		
Acero empleado		S275		Anchura	b	100 mm	Altura entre acuerdos	d	159 mm		
			N/m								
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	8,5 mm	Área de cortante	Avz	14 cm2		
Tensión rasante resistente	tyd	151, 2	N/m m2	Espesor del alma	tw	5,6 mm					
			N/m								
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	183 mm					
CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA											
Perfil seleccionado		IPE		Altura	h	200 mm	Radio de acuerdo	r	12 mm		
Acero empleado		S275		Anchura	b	100 mm	Altura entre acuerdos	d	159 mm		
			N/m								
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	8,5 mm	Área de cortante	Avz	14 mm2		
Tensión rasante resistente	tyd	151, 2	N/m m2	Espesor del alma	tw	5,6 mm					
			N/m								
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	183 mm					
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO											
Tornillo		M12		Capacidad a cortante por rosca	Fv, Rd	33,7 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	40 mm		
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*, Rd	31 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	16 mm		
Límite elástico del tornillo	fub	1000	N/m m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp, Ck	59 kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	29 mm		
Diámetro nominal	d	12 mm		Par de apriete EC3	N, Mt	127 m	Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	20 mm		
Diámetro del taladro	d0	13 mm		Coeficiente de deslizamiento	μ	0,4	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	32 mm		
Área bruta	A	113 mm2		Resistencia a deslizamiento ELS	Fs, Rk	21,5 kN	Distancia a pared por utillaje	m	40 mm		
Área resistente	As	84 mm2		Resistencia a deslizamiento ELU	Fs, Rk	18,9 kN					
Capacidad a tracción	Ft,Rd	60,7 kN		Distancia al borde habitual	e	25 m					
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN											
Cortante solicitado	Ved	49,6 kN		Resistencia del tornillo solicitado	Fv, Rd	33,7 kN	Nº de columnas dispuestas	2			
Cortante plástico resistido	VplRd	211, 7 kN		Nº de tornillos mínimos	2,1		Tornillos totales	6			
Cortante solicitado por la unión	VjEd	70,6 kN		Nº de tornillos dispuestos por columna	3			Cumple			
CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL											
Gap	g	12 mm		Ancho de chapa sugerido	132		Altura de chapa escogida	hchapa max	150 mm		
Desarmillado vertical	dvmin	20,5 mm		Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	35 mm	Altura correcta				
Desarmillado horizontal	dhmin	47,2 mm		Distancia entre tornillos dirección esfuerzo	p1	40 mm	Ancho de chapa escogida	anchc hapa	122 mm		
Desarmillado vertical	dv	0 mm		Distancia al borde perp. Esfuerzo	e2	35 mm	Espesor de la chapa seleccionado	tchapa	10 mm		
Desarmillado horizontal	dh	0 mm		separación perp. Esfuerzo	p2	40 mm	Distancia al borde máxima por chapa	80 mm			
Distancia disponible vertical	hchapa max	179, 5 mm		Cumple utillaje			Espesor de chapa correcto				



1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

	FvEd	FvRd	Cortante solicitado por la unión	VjEd	k
Tornillo 1	31,13	33,70	Cumpl	70,6	N
Tornillo 2	22,5	33,70	Cumpl	33,70	N
Tornillo 3	31,13	33,70	Cumpl	31,13	N
Tornillo 4	0,00	33,70	Cumpl	76,4	N

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor α_1	α_1	0,78	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	5,8	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	44,83	k
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	31,13	N
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	2,61	Fb,Rd $\geq$ FvEd			Cump
Comprobación 3 (e1/3d0)	0,90		Límite elástico fu	430	N/mm	VjEd	70,6	k
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)	0,78		Diámetro del tornillo d	12	mm	VjRd2	101,6	N
Factor k1	k1	2,50	Espesor de la chapa más delgada t	5,6	mm			Cump

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

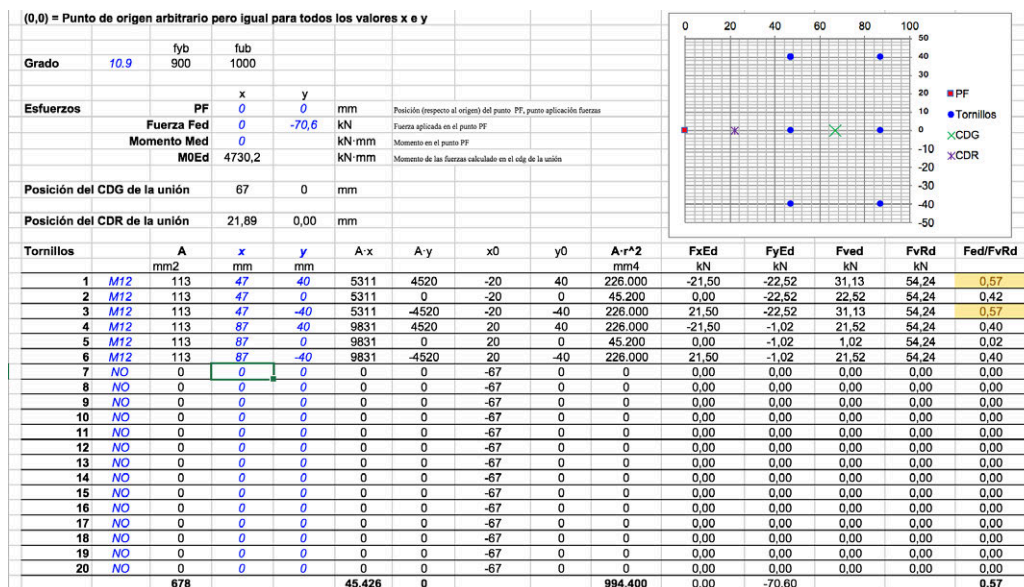
Desgarro perfil 1	Veff,R	121,4	Desgarro chapa 3	Veff,R	167,8	Desgarro del perfil	Veff,R	94,0	k
Superficie vertical	Anv	621,6	Superficie vertical	Anv	1110	Cortante solicitado	VjEd	70,6	N
Superficie transversal	Ant	159,6	Desgarro chapa 4	d4	216,9			Cump	le
Desgarro perfil 2	Veff,R	94,0	Superficie vertical	Anv	1110				
Superficie vertical	Anv	621,6	Superficie transversal	Ant	285				

4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	1	150	mm	Espesor chapa máxima	tmax	10	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	245,7	k
Espesor chapa mínima	tmin	5,6	mm	Garganta mínima	amin	3,5	mm	Cortante solicitado	VjEd	70,6	N
Garganta máxima	amax	3,92	mm	Garganta seleccionada	a	3,5	mm			Cump	le

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjR	d1	76,4	kN	Fallo de la soldadura	VjRd4	245,7	k
Aplastamiento de la chapa	VjR	d2	101,6	kN	Modo de fallo:		76,4	N
Desgarro del perfil	VjR	d3	94,0	kN	Rotura del tornillo			





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL											
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL											
Perfil seleccionado		IPE 300		Altura	h	300	m	Radio de acuerdo	r	15	m
Acero empleado		S275		Anchura	b	150	m	Altura entre acuerdos	d	6	m
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	10,7	m	Área de cortante	Av	cm	
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	m2	Espesor del alma	tw	7,1	m		z	25,7	2
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	278,6	m				
CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA											
Perfil seleccionado		IPE 300		Altura	h	300	m	Radio de acuerdo	r	15	m
Acero empleado		S275		Anchura	b	150	m	Altura entre acuerdos	d	6	m
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	10,7	m	Área de cortante	Av	cm	
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	m2	Espesor del alma	tw	7,1	m		z	25,7	m2
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	278,6	m				
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO											
Tornillo		M16		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R	d	62,8	N	Distancia entre tornillos habitual	p	50
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R	d	57,8	N	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22
Límite elástico del tornillo	fub	1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C	k	109,9	N	Distancia mínima entre tornillos en dirección esfuerzo	p1	40
Diámetro nominal	d	16	mm	Par de apriete EC3	Mt	317	m	Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	27	m
Diámetro del taladro	d0	18	mm	Coeficiente de deslizamiento	μ	0,4		separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	44	m
Área bruta	A	201	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,R	k	40	N	Distancia a pared por utillaje	m	40
Área resistente	As	157	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,R	k	35,2	N			
Capacidad a tracción	Ft,Rd	113	kN	Distancia al borde habitual	e	35	m				
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN											
Cortante solicitado	Ved	117,4	kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv,Rd	62,8	kN	Nº de columnas dispuestas	2		
Cortante plástico resistido	VplRd	388,6	kN	Nº de tornillos mínimos	1			Tornillos totales	6		
Cortante solicitado por la unión	VjEd	129,5	kN	Nº de tornillos dispuestos por columna	3			Cumple			
CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL											
Gap	g	15	mm	Ancho de chapa sugerido	5			Altura de chapa escogida	hchapa max	210	mm
Desarmillado vertical	dvmin	25,7	mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	35	mm	Altura correcta			
Desarmillado horizontal	dhmin	71,4	mm	Distancia entre tornillos en dirección esfuerzo	p1	70	mm	Ancho de chapa escogida	anchch apa	135	mm
Desarmillado vertical	dv	0	mm	Distancia al borde perp. Esfuerzo	e2	35	mm	Espesor de la chapa seleccionado	tchapa	10	mm
Desarmillado horizontal	dh	0	mm	separación perp. Esfuerzo	p2	50	mm	Distancia al borde máxima por chapa		80	mm
Distancia disponible vertical	hchapa max	274,3	mm	Cumple utillaje				Espesor de chapa correcto			



1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

	FvEd	FvRd		Cortante solicitado por la unión	VjEd	k
	d				129,5	N
Tornillo 1	43,25	62,80	Cumpl	Cortante resistido por los tornillos	FvRd	62,80
Tornillo 2	31,98	62,80	Cumpl	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	43,25
Tornillo 3	43,25	62,80	Cumpl	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd1	188,1
Tornillo 4	0,00	62,80	Cumpl		Cum	ple

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor $\alpha 1$	$\alpha 1$	0,65	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	3,7	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	55,44	k
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	43,25	N
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	2,19	Fb,Rd $\geq$ FvEd			Cum
Comprobación 3 (e1/3d0)	0,65		Límite elástico fu	fu	430 N/mm2	VjEd	129,5	N
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)	1,05		Diámetro del tornillo	d	16 mm	VjRd2	166,1	N
Factor k1	k1	2,19	Espesor de la chapa más delgada	t	7,1 mm			Cum

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

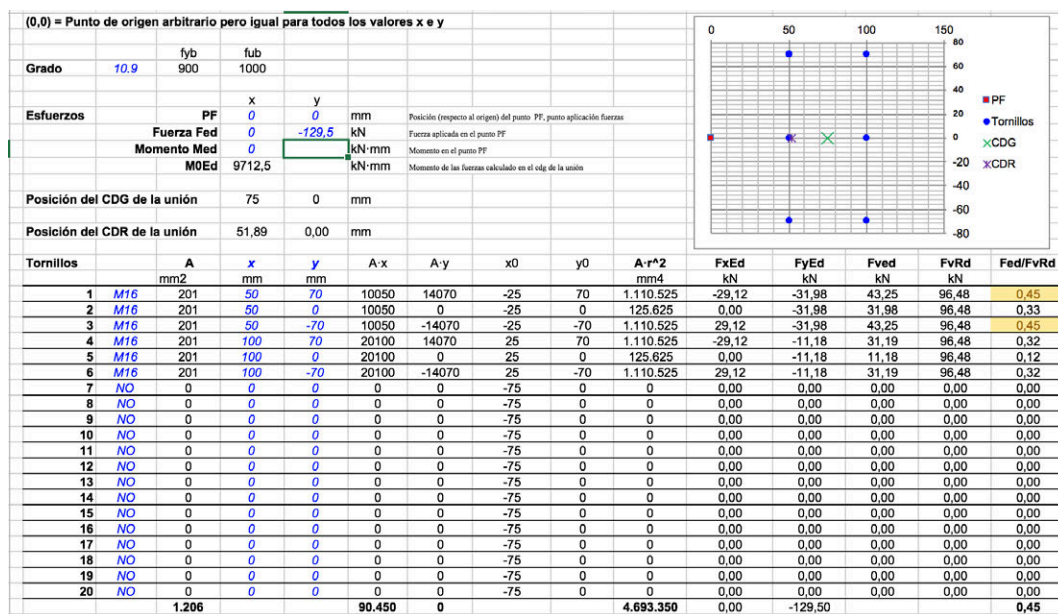
Desgarro perfil 1	Veff,R	199,2	Desgarro chapa 3	Veff,R	235,9	Desgarro del perfil	Veff,R	167,5	k
Superficie vertical	Anv	1107,6	Superficie vertical	Anv	1560	Cortante solicitado	VjEd	129,5	N
Superficie transversal	Ant	184,6	Desgarro chapa 4	d4	280,6			Cum	ple
Desgarro perfil 2	Veff,R	167,5	Superficie vertical	Anv	1560				
Superficie vertical	Anv	1107,6	Superficie transversal	Ant	260				

4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	1	210	mm	Espesor chapa máxima	tmax	10	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	343,9	k
Espesor chapa mínima	tmin	7,1	mm	Garganta mínima	amin	3,5	mm	Cortante solicitado	VjEd	129,5	N
Garganta máxima	amax	4,97	mm	Garganta seleccionada	a	3,5	mm			Cum	ple

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjR	d1	188,1	kN	Fallo de la soldadura	VjRd4	343,9	k
Aplastamiento de la chapa	VjR	d2	166,1	kN	Modo de fallo:		8	N
Desgarro del perfil	VjR	d3	167,5	kN	Aplastamiento de la chapa		166,1	N





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL											
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL											
Perfil seleccionado	IPE		Altura	h	400 mm	Radio de acuerdo	r	21 m			
	400										
Acero empleado	S275		Anchura	b	180 mm	Altura entre acuerdos	d	331 m			
		N/m									
Límite elástico	fy	275 m2	Espesor del ala	tf	13,5 mm	Área de cortante	Av	cm			
Tensión rasante resistente	τ_{yd}	151,2 m2	Espesor del alma	tw	8,6 mm		z	42,7 2			
		N/m									
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	373 mm						
CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA											
Perfil seleccionado	IPE		Altura	h	400 mm	Radio de acuerdo	r	21 m			
	400										
Acero empleado	S275		Anchura	b	180 mm	Altura entre acuerdos	d	331 m			
		N/m									
Límite elástico	fy	275 m2	Espesor del ala	tf	13,5 mm	Área de cortante	Av	m			
Tensión rasante resistente	τ_{yd}	151,2 m2	Espesor del alma	tw	8,6 mm		z	42,7 m2			
		N/m									
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	373 mm						
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO											
Tornillo	M16		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R	d	62,8 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	50 m		
			Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R	d	57,8 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22 m		
Tipo de tornillo	10.9						Distancia mínima entre tornillos				
Límite elástico del tornillo	fub	1000 m2	Fuerza de pretensado EC3	k	109,9 kN		Distancia mínima al borde perp.	p1	40 m		
Diámetro nominal	d	16 mm	Par de apriete EC3	Mt	317 N.m		Esfuerzo	e2	27 m		
Diámetro del taladro	d0	18 mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	$\mu = 0,4$		separación mínima perp. Esfuerzo				
			Resistencia a deslizamiento				EC3	p2	44 m		
Área bruta	A	201 mm2	ELS	Fs,Rk	40 kN	Distancia a pared por utillaje	m	40 m			
			Resistencia a deslizamiento								
Área resistente	As	157 mm2	ELU	Fs,Rk	35,2 kN						
Capacidad a tracción	Ft,Rd	113 kN	Distancia al borde habitual	e	35 mm						
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN											
Cortante solicitado	Ved	146,2 kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv,Rd	62,8 kN	Nº de columnas dispuestas	2				
Cortante plástico resistido	VplRd	645,7 kN	Nº de tornillos mínimos	3,4		Tornillos totales	8				
Cortante solicitado por la unión	VjEd	215,2 kN	Nº de tornillos dispuestos por columna	4			Cumple				
CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL											
Gap	g	21 mm	Ancho de chapa sugerido	151		Altura de chapa escogida	hchapa max	280 mm			
Desarmillado vertical	dvmin	34,5 mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	35 mm		Altura correcta				
Desarmillado horizontal	dhmin	85,7 mm	Distancia entre tornillos	p1	70 mm	Ancho de chapa escogida	anchch apa	141 mm			
Desarmillado vertical	dv	0 mm	Distancia al borde perp.	e2	35 mm	Espesor de la chapa seleccionado	tchapa	10 mm			
Desarmillado horizontal	dh	0 mm	Esfuerzo	p2	50 mm	Distancia al borde máxima por chapa		80 mm			
Distancia disponible vertical	hchapa max	365,5 mm	separación perp. Esfuerzo		Cumple utillaje			Espesor de chapa correcto			



1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

	FvE	FvRd		Cortante solicitado por la unión	VjEd	
	d				215,2	kN
Tornillo 1	48,7		Cumpl			
	0	62,80	e	Cortante resistido por los tornillos	FvRd	62,80
Tornillo 2	36,7		Cumpl			
	5	62,80	e	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	48,70
Tornillo 3	36,7		Cumpl			
	5	62,80	e	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd1	277,5
Tornillo 4	48,7		Cumpl			
	0	62,80	e		Cumple	

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor α_1	α_1	0,65	Comprobación 1 $((2,8e_2/d_0)-1,7)$	3,7	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	67,15	kN
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	48,70	kN
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 $((1,4p_2/d_0)-1,7)$	2,19	Fb,Rd $\geq$ FvEd			Cumple
Comprobación 3 ($e_1/3d_0$)	0,65		Límite elástico fu	fu	430	2	N/mm	
Comprobación 4 $((p_1/3d_0)-0,25)$	1,05		Diámetro del tornillo	d	16	mm		
Factor k1	k1	2,19	Espesor de la chapa más delgada	t	8,6	mm		

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

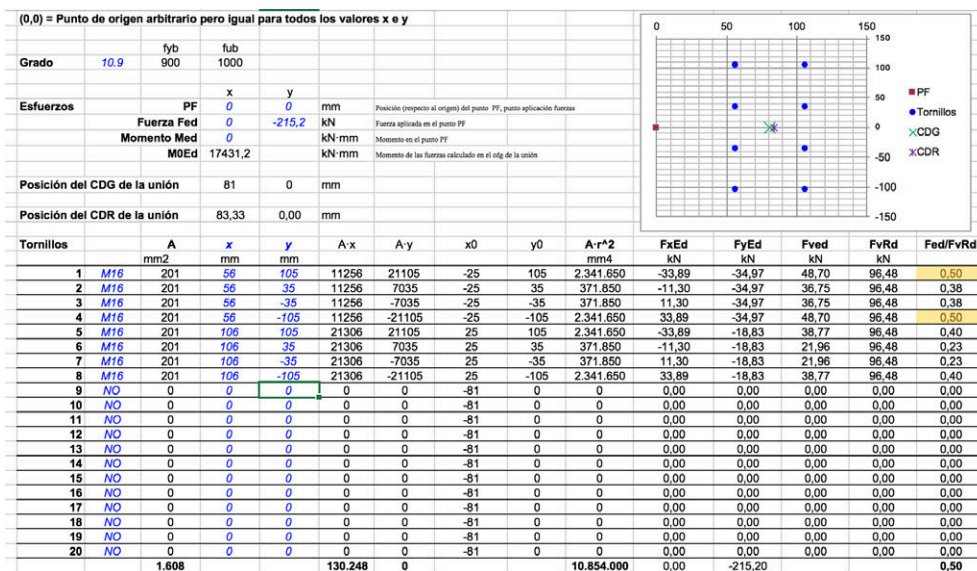
	Veff,R	308,9	kN		Veff,R				Veff,R	k	
Desgarro perfil 1	d1	9	kN	Desgarro chapa 3	d3	314,5	kN	Desgarro del perfil	d3	270,5	N
Superficie vertical	Anv	1788,8	mm	Superficie vertical	Anv	2080	mm2	Cortante solicitado	VjEd	215,2	N
Superficie transversal	Ant	223,6	mm	Desgarro chapa 4	Veff,R	d4	359,2		kN	Cumple	
	Veff,R	270,5	kN		Anv	2080	mm2				
Desgarro perfil 2	d2	5	kN	Superficie vertical							
Superficie vertical	Anv	1788,8	mm	Superficie transversal	Ant	260	mm2				

4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	l	280	mm	Espesor chapa máxima	tmax	10	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	458,6	kN
Espesor chapa mínima	tmin	8,6	mm	Garganta mínima	amin	3,5	mm	Cortante solicitado	VjEd	215,2	kN
Garganta máxima	amax	6,02	mm	Garganta seleccionada	a	3,5	mm				Cumple

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjR	d1	277,5	kN	Fallo de la soldadura	VjRd4	458,6	kN
Aplastamiento de la chapa	VjR	d2	296,8	kN	Modo de fallo:			
Desgarro del perfil	VjR	d3	270,5	kN	Desgarro del perfil			





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL

CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL

		IPE							
Perfil seleccionado		400		Altura	h	400 mm	Radio de acuerdo	r	21 mm
Acero empleado		S275		Anchura	b	180 mm	Altura entre acuerdos	d	331 mm
			N/m						
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	13,5 mm	Área de cortante	Avz	42,7 cm2
Tensión rasante		151,	N/m						
resistente	tyd	2	m2	Espesor del alma	tw	8,6 mm			
			N/m						
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	373 mm			

CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA

Perfil seleccionado	IPE	300	Altura	h	300 mm	Radio de acuerdo	r	15 mm	
Acero empleado	S275		Anchura	b	150 mm	Altura entre acuerdos	d	248,6 mm	
		N/m							
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	10,7 mm	Área de cortante	Avz	25,7 mm2
Tensión rasante		151,	N/m						
resistente	tyd	2	m2	Espesor del alma	tw	7,1 mm			
		N/m				278,			
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	6 mm			

CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO

Tornillo	M16		Capacidad a cortante por rosca	Fv, Rd	62,8 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	50 mm
Tipo de tornillo	10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*, Rd	57,8 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22 mm
Límite elástico del tornillo	fub	1000	N/m2	Fp, Ck	109, 9 kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	40 mm
Diámetro nominal	d	16	mm	Par de apriete EC3	Mt	317 m	Distancia mínima al borde perp.	e2
Diámetro del taladro	d0	18	mm	Coeficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4	Esfuerzo EC3	p2
Área bruta	A	201	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs, Rk	40 kN	Distancia a pared por utillaje	m
Área resistente	As	157	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs, Rk	35,2 kN		
Capacidad a tracción	Ft,Rd	113	kN	Distancia al borde habitual	e	35 m		

SOLICITACIONES DE LA UNIÓN

Cortante solicitado	V _{ed}	90,9 9	kN	Resistencia del tornillo solicitado	F _v , R _d	62,8	kN	Nº de columnas dispuestas	1
Cortante plástico resistido	V _{pl} R _d	388, 6	kN	Nº de tornillos mínimos		2,1		Tornillos totales	4
Cortante solicitado por la unión	V _j E _d	129, 5	kN	Nº de tornillos dispuestos por columna		4			Cumple

CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL

Gap	g	21	mm	Ancho de chapa sugerido	101	Altura de chapa escogida	hchapa max	220	mm		
Desparrillado vertical	dvmin	34,5	mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	35	mm	Altura correcta			
Desparrillado horizontal	dhmin	85,7	mm	Distancia entre tornillos dirección esfuerzo	p1	50	mm	anchc hapa	91	mm	
Desparrillado vertical	dv	35	mm	Distancia al borde perp.	e2	35	mm	Espesor de la chapa seleccionado	tchapa	10	mm
Desparrillado horizontal	dh	90	mm	Esfuerzo	p2	50	mm	Distancia al borde máxima por chapa	80		mm
Distancia disponible vertical	hchapa max	239,3	mm	separación perp. Esfuerzo	Cumple utillaje	Espesor de chapa correcto					

1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

1. CORTANTE POR LOS TORNILLOS						
	FvEd				VjEd	k
	d	FvRd		Cortante solicitado por la unión		129,5
Tornillo 1	38,1		Cumpl			
	1	62,80	e	Cortante resistido por los tornillos	FvRd	62,80
Tornillo 2	24,9		Cumpl			
	3	62,80	e	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	38,11
Tornillo 3	24,9		Cumpl			
	3	62,80	e	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd1	213,5
Tornillo 4	38,1		Cumpl			
	1	62,80	e			Cumple

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor $\alpha 1$	$\alpha 1$	0,65	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	3,7	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	55,44
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	38,11
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	2,19	Fb,Rd $\geq$ FvEd		Cumple
Comprobación 3 (e1/3d0)	0,65		Límite elástico fu	fu	430	2	N/mm ²
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)	0,68		Diámetro del tornillo	d	16	mm	
Factor k1	k1	2,19	Espesor de la chapa más delgada	t	7,1	mm	
							Cumple

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

Desgarro perfil 1	Veff,R d1	190, 6 kN	Desgarro chapa 3	Veff,R d3	223,8 kN	Desgarro del perfil	Veff,R d3	158,9 N
Superficie vertical	Anv	1050 ,8 2 mm	Superficie vertical	Anv	1480 mm2	Cortante solicitado	VjEd	129,5 N
Superficie transversal	Ant	184, 6 2 mm	Desgarro chapa 4	Veff,R d4	268,5 kN		Cumple	
Desgarro perfil 2	Veff,R d2	158, 9 kN	Superficie vertical	Anv	1480 mm2			
Superficie vertical	Anv	1050 ,8 2 mm	Superficie transversal	Ant	260 mm2			

4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	l	220	mm	Espesor chapa máxima	tmax	10	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	360,3	kN
Espesor chapa mínima	tmin	7,1	mm	Garganta mínima	amin	3,5	mm	Cortante solicitado	VjEd	129,5	kN
Garganta máxima	amax	4,97	mm	Garganta seleccionada	a	3,5	mm			Cumple	

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjR d1	213,5	kN	Fallo de la soldadura	VjRd4	360,3	kN
Aplastamiento de la chapa	VjR d2	188,4	kN	Modo de fallo:		158,9	kN
Desgarro del perfil	VjR d3	158,9	kN	Desgarro del perfil			

(0,0) = Punto de origen arbitrario pero igual para todos los valores x e y															
Grado	10.9	fyb 900	fub 1000												
Esfuerzos		PF	x	y	mm	Posición (respecto al origen) del punto PF, punto aplicación fuerzas									
		Fuerza Fed	0	0	kN	Fuerza aplicado en el punto PF									
		Momento Mod	0	-90,99	kN-mm	Momento en el punto PF									
		M0Ed	5095,44		kN-mm	Momento de las fuerzas calculado en el o/dg de la union									
Posición del CDG de la unión					56	0	mm								
Posición del CDR de la unión					55,80	0,00	mm								
Tornillos		A mm2	x mm	y mm	A-x	A-y	x0	y0	A-r^2 mm4	FxEd	FyEd	Fved	FvRd	Fed/FvRd	
1	M16	201	56	75	11256	15075	0	75	1.130.625	-30,57	-22,75	38,11	96,48	0,39	
2	M16	201	56	25	11256	5025	0	25	125.625	-10,19	-22,75	24,93	96,48	0,26	
3	M16	201	56	-25	11256	-5025	0	-25	125.625	10,19	-22,75	24,93	96,48	0,26	
4	M16	201	56	-75	11256	-15075	0	-75	1.130.625	30,57	-22,75	38,11	96,48	0,39	
5	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
6	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
7	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
8	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
9	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
10	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
11	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
12	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
13	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
14	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
15	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
16	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
17	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
18	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
19	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
20	NO	0	0	0	0	0	-56	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		804			45.024	0			2.512.500	0,00	-90,99			0,39	



DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL

CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL

Perfil seleccionado	IPE										
	450		Altura	h	450	mm	Radio de acuerdo	r	21	mm	
Acero empleado	S275		Anchura	b	190	mm	Altura entre acuerdos	d	378,8	mm	
			N/m								
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	14,6	mm	Área de cortante	Avz	50,9	cm2
Tensión rasante		151,	N/m								
resistente	tyd	2	m2	Espesor del alma	tw	9,4	mm				
			N/m			420,					
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	8	mm				

CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA

		IPE							
Perfil seleccionado		330		Altura	h	330 mm	Radio de acuerdo	r	18 mm
Acero empleado		S275		Anchura	b	160 mm	Altura entre acuerdos	d	271 mm
			N/m						
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	11,5 mm	Área de cortante	Avz	30,8 mm2
Tensión rasante		151,	N/m						
resistente	tyd	2	m2	Espesor del alma	tw	7,5 mm			
			N/m						
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	307 mm			

CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO

Tornillo		M20		Capacidad a cortante por rosca	Fv,			Distancia entre tornillos			
					Rd	98	kN	habitual	p	60	mm
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,			Distancia mínima al borde en			
Límite elástico del tornillo			N/m		Rd	90,2	kN	dirección esfuerzo	e1	27	mm
	fub	1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,	171,		Distancia mínima entre			
					Ck	5	kN	tornillos dirección esfuerzo	p1	49	mm
Diámetro nominal	d	20	mm	Par de apriete EC3	Mt	617	m	Distancia mínima al borde perp.			
Diámetro del taladro	d0	22	mm	Coeficiente de deslizamiento	μ	μ =		separación mínima perp.	e2	33	mm
				Resistencia a		0,4		Esfuerzo EC3	p2	53	mm
Área bruta	A	314	mm2	deslizamiento ELS	Fs,						
				Resistencia a	Rk	62,4	kN	Distancia a pared por utillaje	m	45	mm
Área resistente	As	245	mm2	deslizamiento ELU	Fs,						
Capacidad a tracción		176,		Distancia al borde	Rk	54,9	kN				
	Ft,Rd	4	kN	habitual	e	40	m				

SOLICITACIONES DE LA UNIÓN

Cortante solicitado	Ved	111,3 kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv, Rd	98 kN	Nº de columnas dispuestas	1
Cortante plástico resistido	VplRd	465,7 kN	Nº de tornillos mínimos	1,6	Tornillos totales		4
Cortante solicitado por la unión	VjEd	155,2 kN	Nº de tornillos dispuestos por columna	4			Cumple

CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL

Gap	g	21	mm	Ancho de chapa sugerido	111	Altura de chapa escogida	hchapa	max	260	mm		
Desparrillado vertical	dvmin	35,6	mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	40	mm	Altura correcta				
Desparrillado horizontal	dhmin	90,3	mm	Distancia entre tornillos dirección esfuerzo	p1	60	mm	anchc	hapa	101	mm	
Desparrillado vertical	dv	40	mm	Distancia al borde perp.	e2	40	mm	Espesor de la chapa seleccionado	tchapa	10	mm	
Desparrillado horizontal	dh	95	mm	Esfuerzo	p2	60	mm	Distancia al borde máxima por chapa	80			mm
Distancia disponible vertical	hchapa max	260,	5	mm	Cumple	utilaje	Espesor de chapa correcto					



1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

	FvEd d	FvRd		Cortante solicitado por la unión	VjEd	k
Tornillo 1	43,8 9	98,00	Cumpl	Cortante resistido por los tornillos	FvRd	98,00
Tornillo 2	30,0 4	98,00	Cumpl	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	43,89
Tornillo 3	30,0 4	98,00	Cumpl	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd1	346,6
Tornillo 4	43,8 9	98,00	Cumpl		Cumple	

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor $\alpha 1$	$\alpha 1$	0,61	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)		3,4	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	66,24	N
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)		2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	43,89	N
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)		2,12	Fb,Rd $\geq$ FvEd		Cumple	
Comprobación 3 (e1/3d0)	0,61		Límite elástico fu	fu	430	2	Cortante solicitado por la unión	VjEd	155,2
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)	0,66		Diámetro del tornillo	d	20	mm	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd2	234,3
Factor k1	k1	2,12	Espesor de la chapa más delgada	t	7,5	mm		Cumple	

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

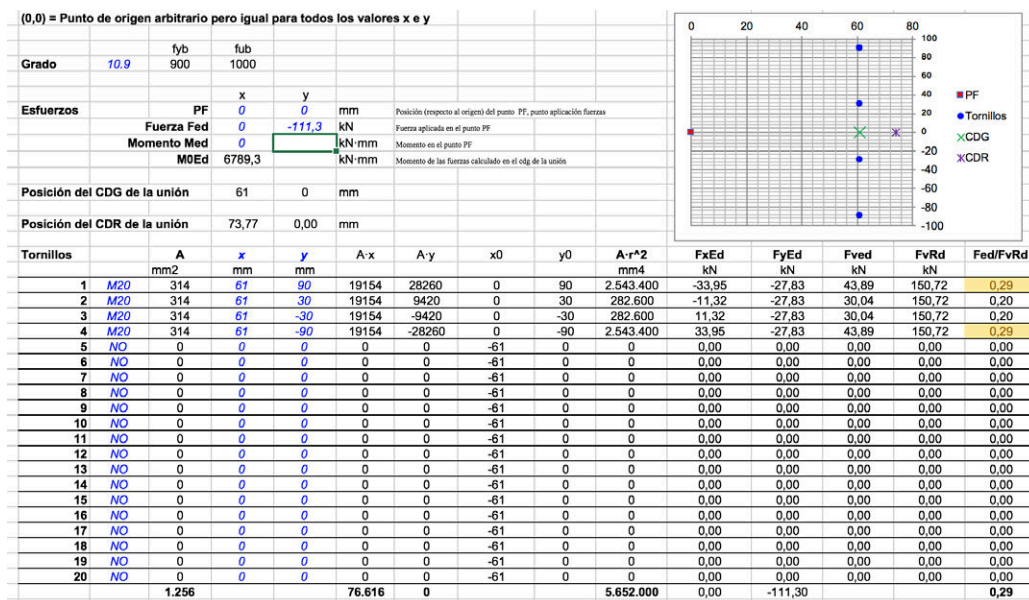
Desgarro perfil 1	Veff,R d1	232,5	Desgarro chapa 3	Veff,R d3	260,1	Desgarro del perfil	Veff,R d3	195,1	k
Superficie vertical	Anv	129	Superficie vertical	Anv	1720	Cortante solicitado	VjEd	155,2	k
Superficie transversal	Ant	217,5	Desgarro chapa 4	d4	310,0			Cumple	
Desgarro perfil 2	Veff,R d2	195,1	Superficie vertical	Anv	1720				
Superficie vertical	Anv	129	Superficie transversal	Ant	290				

4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	1	260	mm	Espesor chapa máxima	tmax	10	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	425,8	k
Espesor chapa mínima	tmin	7,5	mm	Garganta mínima	amin	3,5	mm	Cortante solicitado	VjEd	155,2	k
Garganta máxima	amax	5,25	mm	Garganta seleccionada	a	3,5	mm		Cumple		

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjR d1	346,6	kN	Fallo de la soldadura	VjRd4	425,8	k
Aplastamiento de la chapa	VjR d2	234,3	kN	Modo de fallo:		195,1	k
Desgarro del perfil	VjR d3	195,1	kN	Desgarro del perfil			N





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL

CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL

Perfil seleccionado	IPE								
	360		Altura	h	360 mm	Radio de acuerdo	r	18 mm	
Acero empleado	S275		Anchura	b	170 mm	Altura entre acuerdos	d	298,6 mm	
			N/m						
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	12,7 mm	Área de cortante	Avz	35,1 cm2
Tensión rasante		151,	N/m						
resistente	tyd	2	m2	Espesor del alma	tw	8 mm			
			N/m			334,			
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	6 mm			

CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA

Perfil seleccionado	IPE								
	360		Altura	h	360 mm	Radio de acuerdo	r	18 mm	
Acero empleado	S275		Anchura	b	170 mm	Altura entre acuerdos	d	298,6 mm	
			N/m						
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	12,7 mm	Área de cortante	Avz	35,1 mm2
Tensión rasante		151,	N/m						
resistente	tyd	2	m2	Espesor del alma	tw	8 mm			
			N/m			334,			
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	6 mm			

CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO

Tornillo		M20		Capacidad a cortante por rosca	Fv,		Distancia entre tornillos habitual	p	60	mm	
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,		Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	27	mm	
Límite elástico del tornillo	fub	1000	N/m		Fp,	171,	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	49	mm	
			m2	Fuerza de pretensado EC3	Ck	5	N.	Distancia mínima al borde perp.			
Diámetro nominal	d	20	mm	Par de apriete EC3	Mt	617	m	Esfuerzo	e2	33	mm
Diámetro del taladro	d0	22	mm	Coeficiente de deslizamiento	μ	0,4		separación mínima perp.			
				Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,			Esfuerzo EC3	p2	53	mm
Área bruta	A	314	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,			Distancia a pared por utillaje	m	45	mm
Área resistente	As	245	mm2		Rk	54,9	kN				
Capacidad a tracción	Ft,Rd	176,		Distancia al borde habitual	e	40	m				
		4	kN								

SOLICITACIONES DE LA UNIÓN

Cortante solicitado	Ved	141,	7 kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv, Rd	98 kN	Nº de columnas dispuestas	1
Cortante plástico resistido	VplRd	530,	7 kN	Nº de tornillos mínimos		1,8	Tornillos totales	4
Cortante solicitado por la unión	VjEd	176,	9 kN	Nº de tornillos dispuestos por columna		4		Cumple

CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL

Gap	g	18	mm	Ancho de chapa sugerido		108	Altura de chapa escogida	hchapa	max	260	mm
Desparrillado vertical	dvmin	30,7	mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	40	mm				
Desparrillado horizontal	dhmin	81	mm	Distancia entre tornillos dirección esfuerzo	p1	60	mm	Altura correcta			
Desparrillado vertical	dv	35	mm	Distancia al borde perp.				anchc			
Desparrillado horizontal	dh	85	mm	Esfuerzo	e2	40	mm	Ancho de chapa escogida	hapa	98	mm
Distancia disponible vertical	hchapa	294,	mm	separación perp. Esfuerzo	p2	60	mm	Espeor de la chapa seleccionado	tchapa	10	mm
	max	3	mm	Cumple utillaje				Distancia al borde máxima por chapa		80	mm
								Espesor de chapa correcto			



1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

	FvEd d	FvRd		Cortante solicitado por la unión	VjEd	k
Tornillo 1	54,2 5		Cumpl		176,9	N
		98,00	e	Cortante resistido por los tornillos	FvRd	98,00 N
Tornillo 2	37,9 8		Cumpl			k
		98,00	e	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	54,25 N
Tornillo 3	37,9 8		Cumpl		VjRd1	319,6 N
		98,00	e	Máximo cortante resistido por la unión		Cump le
Tornillo 4	54,2 5		Cumpl			
		98,00	e			

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor $\alpha 1$	$\alpha 1$	0,61	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	3,4	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	70,66	k
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	54,25	N
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	2,12	Fb,Rd $\geq$ FvEd			Cump le
Comprobación 3 (e1/3d0)	0,61		Límite elástico fu	fu	430	2	N/mm	k
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)	0,66		Diámetro del tornillo	d	20	mm		k
			Espesor de la chapa más delgada	t	8	mm		Cump le
Factor k1	k1	2,12						

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

Desgarro perfil 1	Veff,R d1	248,0	kN	Desgarro chapa 3	Veff,R d3	260,1	kN	Desgarro del perfil	Veff,R d3	208,1	k
Superficie vertical	Anv	137	mm	Superficie vertical	Anv	1720	mm2	Cortante solicitado	VjEd	176,9	N
Superficie transversal	Ant	232	mm	Desgarro chapa 4	d4	310,0	kN				Cump le
Desgarro perfil 2	Veff,R d2	208,1	kN	Superficie vertical	Anv	1720	mm2				
Superficie vertical	Anv	137	mm	Superficie transversal	Ant	290	mm2				

4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	1	260	mm	Espesor chapa máxima	tmax	10	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	425,8	k
Espesor chapa mínima	tmin	8	mm	Garganta mínima	amin	3,5	mm	Cortante solicitado	VjEd	176,9	N
Garganta máxima	amax	5,6	mm	Garganta seleccionada	a	3,5	mm				Cump le

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjR d1	319,6	kN	Fallo de la soldadura	VjRd4	425,8	k
Aplastamiento de la chapa	VjR d2	230,4	kN	Modo de fallo:		208,1	N
Desgarro del perfil	VjR d3	208,1	kN	Desgarro del perfil			

(0,0) = Punto de origen arbitrario pero igual para todos los valores x e y														
Grado	10,9	tyb 900	tub 1000											
Esfuerzos		x	y											
	PF	0	0	mm	Posición (respecto al origen) del punto PF, punto aplicación fuerzas									
	Fuerza Fed	0	-141,7	kN	Fuerza aplicada en el punto PF									
	Momento Med	0		kN-mm	Momento en el punto PF									
	M0Ed	8218,6		kN-mm	Momento de las fuerzas calculado en el oclg de la unión									
Posición del CDG de la unión		58	0	mm										
Posición del CDR de la unión		77,59	0,00	mm										
Tornillos		A	x	y	A·x	A·y	x0	y0	A·r²	FxEd	FyEd	Fved	FvRd	Fed/FvRd
		mm2	mm	mm					mm4	kN	kN	kN	kN	
1	M20	314	58	90	18212	28260	0	90	2.543.400	-41,09	-35,43	54,25	150,72	0,36
2	M20	314	58	30	18212	9420	0	30	282.600	-13,70	-35,43	37,98	150,72	0,25
3	M20	314	58	-30	18212	-9420	0	-30	282.600	13,70	-35,43	37,98	150,72	0,25
4	M20	314	58	-90	18212	-28260	0	-90	2.543.400	41,09	-35,43	54,25	150,72	0,36
5	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
13	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	NO	0	0	0	0	0	-58	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		1.256			72.848	0			5.652.000	0,00	-141,70			0,36



DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL

CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL

Perfil seleccionado	IPE	300	Altura	h	300 mm	Radio de acuerdo	r	15 mm
Acero empleado	S275		Anchura	b	150 mm	Altura entre acuerdos	d	248,6 mm
Límite elástico	fy	275 m2	Espeor del ala	tf	10,7 mm	Área de cortante	Avz	25,7 cm2
Tensión rasante resistente	tyd	151, N/m	Espeor del alma	tw	7,1 mm			
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	6 mm			

CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA

Perfil seleccionado	IPE	300	Altura	h	300 mm	Radio de acuerdo	r	15 mm
Acero empleado	S275		Anchura	b	150 mm	Altura entre acuerdos	d	248,6 mm
Límite elástico	fy	275 m2	Espeor del ala	tf	10,7 mm	Área de cortante	Avz	25,7 mm2
Tensión rasante resistente	tyd	151, N/m	Espeor del alma	tw	7,1 mm			
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	6 mm			

CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO

Tornillo	M12	Capacidad a cortante por rosca	Fv, Rd	33,7 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	40 mm
Tipo de tornillo	10.9	Capacidad simplificada a corte o tracción	F*, Rd	31 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	16 mm
Límite elástico del tornillo	fub	1000 m2	Fp, Ck	59 kN	Distancia mínima entre tornillos en dirección esfuerzo	p1	29 mm
Diámetro nominal	d	12 mm	Mt	127 m	Distancia mínima al borde perp.	e2	20 mm
Diámetro del taladro	d0	13 mm	μ = 0,4		separación mínima perp.	p2	32 mm
Área bruta	A	113 mm2	Fs, Rk	21,5 kN	Distancia a pared por utillaje	m	40 mm
Área resistente	As	84 mm2	Fs, Rk	18,9 kN			
Capacidad a tracción	Ft, Rd	60,7 kN	Distancia al borde habitual	e	25 m		

SOLICITACIONES DE LA UNIÓN

Cortante solicitado	Ved	70,1	kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv, Rd	33,7	kN	Nº de columnas dispuestas	1
Cortante plástico resistido	VplRd	388,6	kN	Nº de tornillos mínimos		3,8		Tornillos totales	4
Cortante solicitado por la unión	VjEd	129,5	kN	Nº de tornillos dispuestos por columna		4			Cumple

CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL

Gap	g	15 mm	Ancho de chapa sugerido	95	Altura de chapa escogida	hchapa max	220 mm
Desarmillado vertical	dvmin	25,7 mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	35 mm	Altura correcta	
Desarmillado horizontal	dhmin	71,4 mm	Distancia entre tornillos en dirección esfuerzo	p1	50 mm	ancho hapa	85 mm
Desarmillado vertical	dv	30 mm	Distancia al borde perp.	e2	35 mm	Espeor de la chapa seleccionado	tchapa
Desarmillado horizontal	dh	75 mm	Esfuerzo	p2	50 mm	seleccionado	10 mm
Distancia disponible vertical	hchapa max	244,3 mm	separación perp. Esfuerzo	Cumple utillaje		Distancia al borde máxima por chapa	80 mm
						Espeor de chapa correcto	



1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

	FvEd d	FvRd		Cortante solicitado por la unión	VjEd	k
Tornillo 1	24,7 8	33,70	Cumpl	Cortante resistido por los tornillos	FvRd	33,70
Tornillo 2	18,4 7	33,70	Cumpl	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	24,78
Tornillo 3	18,4 7	33,70	Cumpl	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd1	176,2
Tornillo 4	24,7 8	33,70	Cumpl		Cump le	

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor $\alpha 1$	$\alpha 1$	0,90	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	5,8	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	65,76	k
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	24,78	k
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	3,68	Fb,Rd $\geq$ FvEd		Cump le	
Comprobación 3 (e1/3d0)	0,90		Límite elástico fu	fu	430	2	Cortante solicitado por la unión	VjEd
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)	1,03		Diámetro del tornillo	d	12	mm	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd2
Factor k1	k1	2,50	Espesor de la chapa más delgada	t	7,1	mm		Cump le

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

Desgarro perfil 1	Veff,R d1	215, 2	kN	Desgarro chapa 3	Veff,R d3	254,0	kN	Desgarro del perfil	Veff,R d3	180,4	k
Superficie vertical	Anv	1192	mm	Superficie vertical	Anv	1680	mm2	Cortante solicitado	VjEd	129,5	k
Superficie transversal	Ant	202,	mm	Desgarro chapa 4	d4	303,1	kN		Cump le		
Desgarro perfil 2	Veff,R d2	180, 4	kN	Superficie vertical	Anv	1680	mm2				
Superficie vertical	Anv	1192	mm	Superficie transversal	Ant	285	mm2				

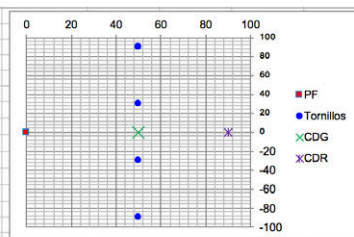
4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	1	220	mm	Espesor chapa máxima	tmax	10	mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	360,3	k
Espesor chapa mínima	tmin	7,1	mm	Garganta mínima	amin	3,5	mm	Cortante solicitado	VjEd	129,5	k
Garganta máxima	amax	4,97	mm	Garganta seleccionada	a	3,5	mm		Cump le		

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjR d1	176,2	kN	Fallo de la soldadura	VjRd4	360,3	k
Aplastamiento de la chapa	VjR d2	343,7	kN	Modo de fallo:		176,2	k
Desgarro del perfil	VjR d3	180,4	kN	Rotura del tornillo			N

(0,0) = Punto de origen arbitrario pero igual para todos los valores x e y											
Grado	10.9	fyb	900	fub	1000						
Esfuerzos		x	y								
	PF	0	0	mm							
	Fuerza Fed	0	-70,1	kN							
	Momento Med	0		kN-mm							
Posición del CDG de la unión											
Posición del CDR de la unión											
Tornillos											
	A	x	y	A-x	A-y	x0	y0	A-r*2	FxEd	FyEd	FvEd
	mm2	mm	mm					mm4	kN	kN	kN
1	M12	113	50	90	5650	10170	0	90	915.300	-17,53	-17,53
2	M12	113	50	30	5650	3390	0	30	101.700	-5,84	-17,53
3	M12	113	50	-30	5650	-3390	0	-30	101.700	5,84	-17,53
4	M12	113	50	-90	5650	-10170	0	-90	915.300	17,53	-17,53
5	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
6	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
7	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
8	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
9	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
10	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
11	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
12	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
13	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
14	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
15	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
16	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
17	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
18	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
19	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
20	NO	0	0	0	0	0	-50	0	0,00	0,00	0,00
	452				22.600	0		2.034.000	0,00	-70,10	0,46





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL

CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL

Perfil seleccionado	IPE	220	Altura	h	220 mm	Radio de acuerdo	r	12 mm
Acero empleado	S275		Anchura	b	110 mm	Altura entre acuerdos	d	177,6 mm
Límite elástico	fy	275 m2	Espeor del ala	tf	9,2 mm	Área de cortante	Avz	15,9 cm2
Tensión rasante resistente	tyd	151, 2 m2	Espeor del alma	tw	5,9 mm			
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	6 mm			

CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA

Perfil seleccionado	IPE	270	Altura	h	270 mm	Radio de acuerdo	r	15 mm
Acero empleado	S275		Anchura	b	135 mm	Altura entre acuerdos	d	219,6 mm
Límite elástico	fy	275 m2	Espeor del ala	tf	10,2 mm	Área de cortante	Avz	22,1 mm2
Tensión rasante resistente	tyd	151, 2 m2	Espeor del alma	tw	6,6 mm			
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	6 mm			

CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO

Tornillo		M16		Capacidad a cortante por rosca	Fv, Rd	62,8 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	50 mm
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*, Rd	57,8 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22 mm
Límite elástico del tornillo	fub	1000	N/m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp, Ck	109, 9 kN	Distancia mínima entre tornillos en dirección esfuerzo	p1	40 mm
Diámetro nominal	d	16	mm	Par de apriete EC3	Mt	317 m	Distancia mínima al borde perp.	e2	27 mm
Diámetro del taladro	d0	18	mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	0,4	separación mínima perp.	p2	44 mm
Área bruta	A	201	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs, Rk	40 kN	Distancia a pared por utillaje	m	40 mm
Área resistente	As	157	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs, Rk	35,2 kN			
Capacidad a tracción	Ft,Rd	113	kN	Distancia al borde habitual	e	35 m			

SOLICITACIONES DE LA UNIÓN

Cortante solicitado	Ved	52,9	kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv, Rd	62,8	kN	Nº de columnas dispuestas	1
Cortante plástico resistido	VplRd	334,2	kN	Nº de tornillos mínimos		1,8		Tornillos totales	3
Cortante solicitado por la unión	VjEd	111,4	kN	Nº de tornillos dispuestos por columna		3			Cumple

CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL

Gap	g	12 mm	Ancho de chapa sugerido	92	Altura de chapa escogida	hchapa max	170 mm
Desarmillado vertical	dvmin	21,2 mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	35 mm	Altura correcta	
Desarmillado horizontal	dhmin	52,0 mm	Distancia entre tornillos en dirección esfuerzo	p1	50 mm	Ancho de chapa escogida	anche hapa
Desarmillado vertical	dv	0 mm	Distancia al borde perp.	e2	35 mm	Espeor de la chapa seleccionado	tchapa
Desarmillado horizontal	dh	0 mm	separación perp. Esfuerzo	p2	50 mm	Distancia al borde máxima por chapa	80 mm
Distancia disponible vertical	hchapa max	244, 8 mm	Cumple utillaje			Espeor de chapa correcto	



DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL

CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL

Perfil seleccionado	IPE	240	Altura	h	240 mm	Radio de acuerdo	r	15 mm
Acero empleado	S275		Anchura	b	120 mm	Altura entre acuerdos	d	190,4 mm
Límite elástico	fy	275 m2	Espeor del ala	tf	9,8 mm	Área de cortante	Avz	19,1 cm2
Tensión rasante resistente	tyd	151, N/m	Espeor del alma	tw	6,2 mm			
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	4 mm			

CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA

Perfil seleccionado	IPE	300	Altura	h	300 mm	Radio de acuerdo	r	15 mm
Acero empleado	S275		Anchura	b	150 mm	Altura entre acuerdos	d	248,6 mm
Límite elástico	fy	275 m2	Espeor del ala	tf	10,7 mm	Área de cortante	Avz	25,7 mm2
Tensión rasante resistente	tyd	151, N/m	Espeor del alma	tw	7,1 mm			
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	6 mm			

CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO

Tornillo		M16		Capacidad a cortante por rosca	Fv, Rd	62,8 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	50 mm
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*, Rd	57,8 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22 mm
Límite elástico del tornillo	fub	1000	N/m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp, Ck	109, 9 kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	40 mm
Diámetro nominal	d	16	mm	Par de apriete EC3	Mt	317 m	Distancia mínima al borde perp.	e2	27 mm
Diámetro del taladro	d0	18	mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4	separación mínima perp.	p2	44 mm
Área bruta	A	201	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs, Rk	40 kN	Distancia a pared por utillaje	m	40 mm
Área resistente	As	157	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs, Rk	35,2 kN			
Capacidad a tracción	Ft,Rd	113	kN	Distancia al borde habitual	e	35 m			

SOLICITACIONES DE LA UNIÓN

Cortante solicitado	Ved	80,8	kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv, Rd	62,8	kN	Nº de columnas dispuestas	2
Cortante plástico resistido	VplRd	388,6	kN	Nº de tornillos mínimos		2,1		Tornillos totales	6
Cortante solicitado por la unión	VjEd	129,5	kN	Nº de tornillos dispuestos por columna		3			Cumple

CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL

Gap	g	15	mm	Ancho de chapa sugerido	145	Altura de chapa escogida	hchapa	max	180	mm	
Desarmillado vertical	dvmin	24,8	mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	35	mm	Altura correcta			
Desarmillado horizontal	dhmin	56,9	mm	Distancia entre tornillos dirección esfuerzo	p1	55	mm	ancho hapa	140	mm	
Desarmillado vertical	dv	0	mm	Distancia al borde perp. Esfuerzo	e2	35	mm	Espeor de la chapa seleccionado	tchapa	10	mm
Desarmillado horizontal	dh	0	mm	separación perp. Esfuerzo	p2	55	mm	Distancia al borde máxima por chapa	80	mm	
Distancia disponible vertical	hchapa max	274,	3	mm	Cumple utillaje			Espeor de chapa correcto			



III.12. Uniones atornilladas B: Chapa frontal

DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA FRONTAL											
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL											
Perfil seleccionado		IPE									m
		140		Altura	h	140	mm	Radio de acuerdo	r	7	m
Acero empleado		S275		Anchora	b	73	mm	Altura entre acuerdos	d	112,	m
			N/m							2	m
Límite elástico	fy	275	m2	Espeor del ala	tf	6,9	mm	Área de cortante	Avz	7,64	2
Tensión rasante			N/m								cm
resistente	tyd	151,2	m2	Espeor del alma	tw	4,7	mm	Módulo resistente plástico y-y	Wpl, y	88,3	cm
			N/m							3	
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	126,2	mm				
SOLICITACIÓN DE LA UNIÓN											
Cortante solicitado	Ved	16,9	kN	Cortante solicitado por la unión	VjEd	38,5	kN	Momento plástico resistido	Mpl, rd	23,1	mk N
Cortante plástico resistido	VplR				Mple				Mplj		mk
	d	115,5	kN	Momento solicitado	d	5,5	mkN	Momento solicitado por la unión	Ed	11,6	N
DETERMINACIÓN DEL PERNO NECESARIO											
Brazo de palanca medio	Zme	133,1	mm	Resistencia mínima de los tornillos	Ft,rd min	21,7	kN	Resistencia del tornillo solicitado	Ft,R d	60,7	kN
Nº de tornillos dispuestos		6		Tornillo		M12				Cum ple	
Momento solicitado	Mplj										
	Ed	11,6	mkN	Tipo de tornillo		10.9					
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO											
Tornillo		M12		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R d	33,7	kN	Distancia entre tornillos habitual	p	40	m
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R d	31	kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	16	m
Límite elástico del tornillo	fub	1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C k	59	kN	Distancia mínima entre tornillos en dirección esfuerzo	p1	29	m
Diámetro nominal	d	12	mm	Par de apriete EC3	Mt	127	N.m	Distancia mínima al borde perp.			m
Diámetro del taladro	d0	13	mm	Coeficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4		Esfuerzo separación mínima perp. Esfuerzo EC3	e2	20	m
				Resistencia a deslizamiento					p2	32	m
Área bruta	A	113	mm2	ELS	Fs,Rk	21,5	kN	Distancia a pared por utillaje	m	40	m
Área resistente	As	84	mm2	Resistencia a deslizamiento							
Capacidad a tracción	Ft,R d	60,7	kN	ELU	Fs,Rk	18,9	kN				
				Distancia al borde habitual	e	25	mm				
CARACTERÍSTICAS DE LA CHAPA FRONTAL											
Ancho total de la placa	b	130	mm					Distancia horizontal tornillo-borde	e	40	m
Borde lateral-tornillo		25	mm						w	80	m
Separación tornillos		80	mm					Distancia horizontal total	bp	130	m
Altura total de la placa	h	230	mm						ex	40	m
Borde superior-tornillo		40	mm					Distancia vertical tornillo-soldadura	mx	36,0	m
Tornillo-ala superior (CS)		40	mm						m2	45	m
										36,0	m
Espeor ala		6,9	mm					Distancia vertical tornillo-soldadura		45	m
									e	25	m
Ala superior-tornillo (CI)		40	mm					Distancia horizontal tornillo-borde (F2)		33,6	m
Distancia entre tornillos		46,2	mm						m	95	m
Tornillo-ala inferior (CS)		40	mm								
Espeor ala		6,9	mm								
Cuelgue chapa		10	mm								



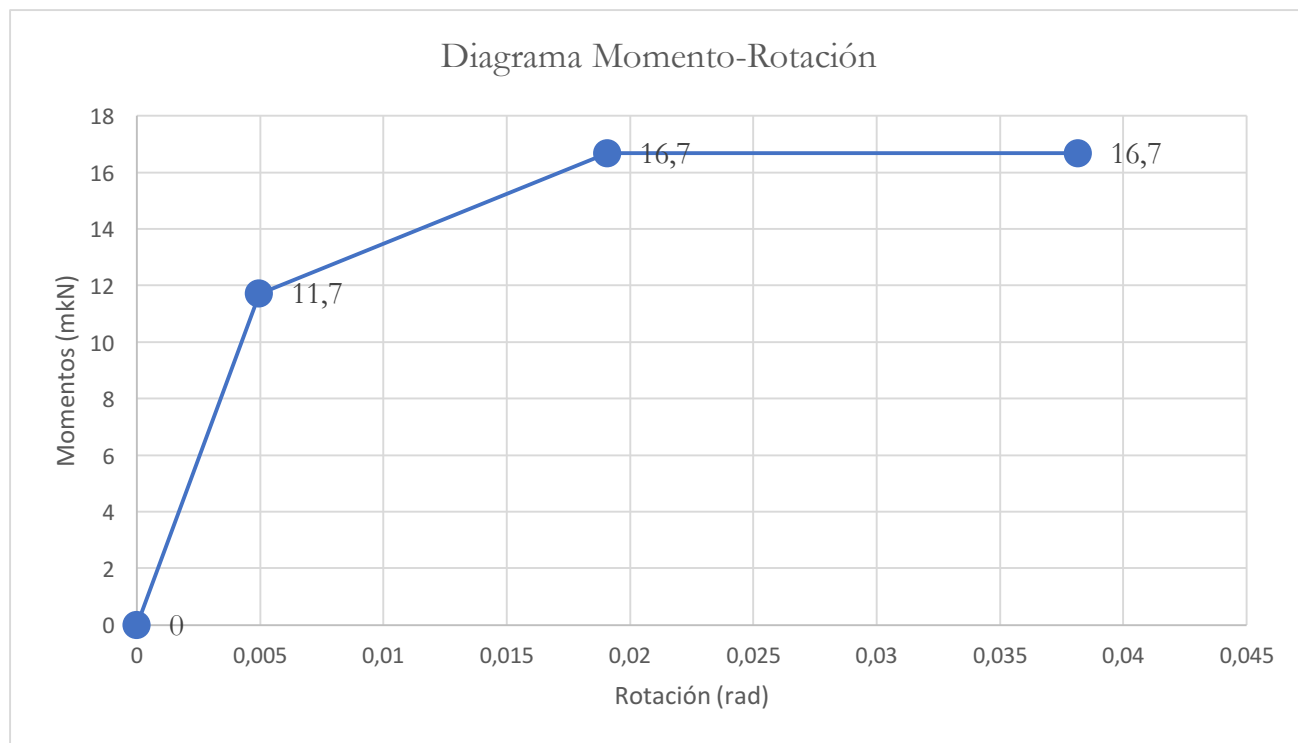
RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS									
Fila 1					Fila 3				
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd1	121,4	kN		Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd3	121,4	kN	
Brazo de palanca	Z1	176,55	mm		Brazo de palanca	Z3	43,5	mm	
Momento resistido	Mrd1	21,4	N		Momento resistido	Mrd3	5,3	N	
Fila 2					Sumatoria de momentos				
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd2	121,4	kN		Momento resistido F1	Mrd	21,4	N	
Brazo de palanca	Z2	89,65	mm		Momento resistido F1+F2	Mrd	32,3	N	
Momento resistido	Mrd2	10,9	N		Momento resistido F1+F2+F3	Mrd	37,6	N	
RESISTENCIA EN ALA Y ALMA DEL PERFIL									
Momento plástico resistido	Mpl,r		mk		Capacidad total de todos los tornillos	Ft,r total	364,2	kN	
Brazo de palanca entre resultante alas	Zalas	133,1	mm		Limita la capacidad de los tornillos				
Valor límite de las resultantes	Fc,fb	173,8	kN		Máxima compresión solicitada en 1 tornillo	Ft,Ed	21,7	kN	
MOMENTO RESISTIDO POR LA SOLDADURA									
Espesor del ala	tf	6,9	mm	Espesor mínimo	tmi	4,7	mm	Resistencia de las soldaduras	
Espesor del alma	tw	4,7	mm	Garganta máxima	x	3,29	mm	Resistencia soldadura ala superior superior	Fwrd1
Espesor de la chapa	tp	10	mm	Garganta mínima	n	3,5	mm	Momento resistido ala superior superior	Mwrd1
Soldadura Chapa-ala				Garganta propuesta	a	3,5	mm	Resistencia soldadura ala superior inferior	Fwrd2
Espesor máximo	tma	10	mm	Longitudes efectivas				Momento resistido ala superior inferior	Mwrd2
Espesor mínimo	tmi	6,9	mm	Cordon superior ala superior	Leff	1	66	mm	Resistencia soldadura alma
Garganta máxima	ama	4,8	mm	Distancia al punto de rotación	Z1	139,0	mm	Momento resistido alma	Mwrd3
Garganta mínima	ami	3,5	mm	Cordon inferior ala superior	Leff	2	20,15	mm	Resistencia a tracción total
Garganta propuesta	a	3,5	mm	Distancia al punto de rotación	Z2	127,2	mm	Momento resistido total	MwRd
Soldadura Chapa-alma				Cordon alma	Leff	3	56,1	mm	
Espesor máximo	tma	10	mm	Distancia al punto de rotación	Z3	94,6	mm		
FLEXIÓN PARA LA CHAPA FRONTAL									
Fila 1				Fila 2				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA	
Modos de fallo circular	leff, cp	193,2	mm	Modo de fallo circular (2//m)	leff, cp	211,7	mm	Espesor de la chapa frontal	tp
2//mx		226,5		Modo de fallo no circular (α m)	leff, nc	185,3	mm	Gap	g
//mx + w		193,2		Valor de α (según tabla)	α	5,5		Incremento de longitud X	x
//mx + 2e		193,2		$\lambda 1 = m/(m+e)$	$\lambda 1$	0,57		Longitud básica	Lb
Modos de fallo no circulares	leff, nc	65,0	mm	$\lambda 2 = m2/(m+e)$	$\lambda 2$	0,61		Fila 1	Lb*
4mx + 1,25ex		194,2		Modo de fallo 1	leff1	185,3	mm	Se desarrollan fuerzas de palanca	
e + 2mx + 0,625ex		137,1		Modo de fallo 2	leff2	185,3	mm	Fila 2	Lb*
0,5bp		65,0						Se desarrollan fuerzas de palanca	
2mx + 0,5w + 0,625ex		137,1							
Modo de fallo 1	leff1	65,0	mm						
Modo de fallo 2	leff2	65,0	mm						



RESISTENCIA DEL T-STUB FTRD					
Momento producido fila x	Mpl,Rd	6,5	mmkN/mm		
	Fila 1			Fila 2	
Modo de fallo 1	Ft1Rd	47,2	kN	Modo de fallo 1	Ft1Rd 144,0 kN
Modo de fallo 2	Ft2Rd	75,1	kN	Modo de fallo 2	Ft2Rd 93,1 kN
minimo entre e, ex y 1,25 m	n	40		minimo entre e, ex y 1,25 m	n 25
Modo de fallo 3	Ft3Rd	121,4	kN	Modo de fallo 3	Ft3Rd 121,4 kN
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	47,2	kN	Modo de fallo del T-Stub	FtRd 93,1 kN
Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	21,7	kN	Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin 21,7 kN
Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	43,4	kN	Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin 43,4 kN
	Cumple FtRd>FtRdmin				Cumple FtRd>FtRdmin
RESISTENCIA DE LA UNIÓN					
	Fila 1	Fila 2	Unidad	Momento resistente total	Mjrd 16,7 mkN
Brazo de palanca	176,6	89,7	mm	Momento solicitado total	MjEd 11,6 mkN
Resistencia de los tornillos	121,4	121,4	kN		Cumple
Flexión chapa frontal	47,2	93,1	kN		
Tracción alma de viga	0,0	240,2	kN		
Compresión ala-alma de viga	173,8	126,5	kN		
Soldaduras	66,3	134,6	kN		
Momento resistente por fila	8,3	8,3	mkN		
RESISTENCIA A CORTANTE					
ESTADO LÍMITE DE SERVICIO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA B		
Cortante solicitado en la unión	VjEd	38,5	kN	Ft,Ed	Fv,Ed
Coefficiente de seguridad	γ_Q	1,4		Fila 1	23,6 24,3 kN
Cortante solicitado en la unión		27,5	kN	Fila 2	46,5 15,2 kN
Nº de tornillos dispuestos		8		Fila 3	0 33,7 kN
Cortante solicitado por tornillo	Fs,EK	3,4	kN	Cortante resistido por la unión	Vj,Rd 146,6 kN
Cortante resistido por tornillo	Fr,Ek	21,5	kN	Mayor cortante por tornillo	Fv,Ed 33,7 kN
	Cumple, no hay deslizamiento			Resistencia de la chapa	Fb,Rd 103,2 kN
					Cumple, la unión es categoría B
ESTADO LÍMITE ÚLTIMO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA C		
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	33,7	kN	Cortante solicitado ELU	FvEd 38,5 kN
Capacidad a tracción	Ft,Rd	60,7	kN	Nº de tornillos dispuestos	8
Máxima compresión en tornillos	Ft,Ed	21,7	kN	Cortante solicitado ELU por tornillo	FvEd 4,8 kN
Máximo cortante por tornillo	Fv,Ed	25,1	kN	Cortante resistente de los tornillos (ELU)	FvRd 33,7 kN
Cortante real por tornillo	Fv,Ed	6,4	kN		Cumple, la unión es categoría C
	Cumple				
APLASTAMIENTO DE LA CHAPA					
Factor α_1	α_1	1,0	Factor k1	k1	2,50
Comprobación 1 (fub/fu)		2,3	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)		6,9
Comprobación 2 (1)		1	Comprobación 2 (2,5)		2,5
Comprobación 3 (e1/3d0)		1,0	Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)		6,92
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)		3	Límite elástico fu	fu	N/m 430 m2
		1,8	Diámetro del tornillo	d	12,0 mm
		0	Espesor de la chapa más delgada	t	10,0 mm
			Resistencia de la chapa	Fb,Rd	103,2 kN



RIGIDEZ DE LA UNIÓN					
Tornillos en alargamiento			Rigidez rotacional del nudo		
Área resistente	As	84 mm ²	Módulo de deformación	E	210000 N/m ²
Longitud básica del tornillo	Lb	40 mm	Brazo de palanca	Z	82 mm
Rigidez del tornillo	k10	6,7 mm/rad	Coficiente de rigidez (inicial)	μ	1
Chapa frontal a flexión			Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	4721 kNm/rad
			Rigidez rotacional total real (inicial)	Sj,total	2360 kNm/rad
Fila 1			Rigidez rotacional total real (final)	Sj,total	874 kNm/rad
Longitud efectiva	leff	65,0 mm	Momento inicial	MplEd1	11,7 mkN
Factor m	m	36,0 mm	Rotación inicial	$\phi 1$	0,004962 rad
Espesor de la chapa	tp	10 mm	Coficiente de rigidez (final)	μ	2,7
Rigidez de la chapa fila 1	ks1	1,2 mm/rad	Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	1748 kNm/rad
Fila 2			Rigidez rotacional total real (final)	Sj,total	874 kNm/rad
Longitud efectiva	leff	185,3 mm	Momento final	MplEd2	16,7 mkN
Factor m	m	33,7 mm	Rotación final	$\phi 2$	0,019080 rad
Espesor de la chapa	tp	10 mm			
Rigidez de la chapa fila 2	ks2	4,4 mm/rad			
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 1)	keff,1	1,1 mm/rad			
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 2)	keff,2	2,6 mm/rad			
Brazo de palanca tornillos (Fila 1)	Z1	177 mm			
Brazo de palanca tornillos (Fila 2)	Z2	90 mm			
Brazo de palanca equivalente	Zeq	128 mm			
Rigidez equivalente	keq	3,3 mm/rad			





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA FRONTAL									
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL									
Perfil seleccionado	IPE	220	Altura	h	220 mm	Radio de acuerdo	r	12 m	
Acero empleado	S275		Anchura	b	110 mm	Altura entre acuerdos	d	6 m	
Límite elástico	fy	275	N/m	Espesor del ala	tf	9,2 mm	Área de cortante	Avz	15,9 2
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	N/m	Espesor del alma	tw	5,9 mm	Módulo resistente plástico y-y	Wpl, y	285 3
Límite elástico	fu	430	N/m	Altura entre alas	hw	201,6 mm			
SOLICITACIÓN DE LA UNIÓN									
Cortante solicitado	Ved	39,8	kN	Cortante solicitado por la unión	VjEd	80,1 kN	Momento plástico resistido	Mpl, rd	74,6 N
Cortante plástico resistido	VplR	d	240,4 kN	Momento solicitado	Mpl, e	11,5 mkN	Momento solicitado por la unión	Mpl, Ed	37,3 N
DETERMINACIÓN DEL PERNO NECESARIO									
Brazo de palanca medio	Zme	210,8 mm	Resistencia mínima de los tornillos	Ft,rd	44,3 kN	Resistencia del tornillo solicitado	Ft,R	113 kN	
Nº de tornillos dispuestos		6	Tornillo		M16			Cum	
Momento solicitado	Mplj	Ed	37,3 mkN	Tipo de tornillo		10.9		ple	
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO									
Tornillo	M16		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R	d	62,8 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	50 m
Tipo de tornillo	10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R	d	57,8 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22 m
Límite elástico del tornillo	fub	1000 m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C	k	109,9 kN	Distancia mínima entre tornillos en dirección esfuerzo	p1	40 m
Diámetro nominal	d	16 mm	Par de apriete EC3	Mt	317 N.m		Distancia mínima al borde perp. esfuerzo	e2	27 m
Diámetro del taladro	d0	18 mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4		separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	44 m
Área bruta	A	201 mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,Rk	40 kN		Distancia a pared por utillaje	m	40 m
Área resistente	As	157 mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,Rk	35,2 kN				
Capacidad a tracción	Ft,R	d	113 kN	Distancia al borde habitual	e	35 mm			
CARACTERÍSTICAS DE LA CHAPA FRONTAL									
Ancho total de la placa	b	240 mm	Distancia horizontal tornillo-borde	e	40 m				
Borde lateral-tornillo		40 mm	Distancia horizontal entre tornillos	w	160 m				
Separación tornillos		160 mm	Distancia horizontal total	bp	240 m				
Altura total de la placa	h	310 mm	Distancia vertical tornillo-borde	ex	40 m				
Borde superior-tornillo		40 mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	mx	34,3 m				
Tornillo-ala superior (CS)		40 mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	m2	5 m				
Espesor ala		9,2 mm	Distancia horizontal tornillo-borde (F2)	e	40 m				
Ala superior-tornillo (CI)		40 mm	Distancia horizontal tornillo-soldadura (F2)	m	73,0 m				
Distancia entre tornillos		121,6 mm							
Tornillo-ala inferior (CS)		40 mm							
Espesor ala		9,2 mm							
Cuelgue chapa		10 mm							



RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS									
Fila 1					Fila 3				
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd1	226	kN		Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd3	226	kN	
Brazo de palanca	Z1	255,4	mm		Brazo de palanca	Z3	44,6	mm	
Momento resistido	Mrd1	57,7	N		Momento resistido	Mrd3	10,1	N	
Fila 2					Sumatoria de momentos				
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd2	226	kN		Momento resistido F1	Mrd	57,7	N	
Brazo de palanca	Z2	166,2	mm		Momento resistido F1+F2	Mrd	95,3	N	
Momento resistido	Mrd2	37,6	N		Momento resistido F1+F2+F3	Mrd	105,4	N	
RESISTENCIA EN ALA Y ALMA DEL PERFIL									
Momento plástico resistido	Mpl,r		mk		Capacidad total de todos los tornillos	Ft,r total	678	kN	
Brazo de palanca entre resultante alas	Zalas	210,8	mm		Limita la capacidad de los tornillos				
Valor límite de las resultantes	Fc,fb	354,1	kN		Máxima compresión solicitada en 1 tornillo	Ft,Ed	44,3	kN	
MOMENTO RESISTIDO POR LA SOLDADURA									
Espesor del ala	tf	9,2	mm	Espesor mínimo	tmi	5,9	mm	Resistencia de las soldaduras	
Espesor del alma	tw	5,9	mm	Garganta máxima	x	4,13	mm	Resistencia soldadura ala superior superior	Fwrd1
Espesor de la chapa	tp	10	mm	Garganta mínima	n	3,5	mm	Momento resistido ala superior superior	Mwrd1
Soldadura Chapa-ala				Garganta propuesta	a	3,5	mm	Resistencia soldadura ala superior inferior	Fwrd2
Espesor máximo	tma	10	mm	Longitudes efectivas				Momento resistido ala superior inferior	Mwrd2
Espesor mínimo	tmi	9,2	mm	Cordon superior ala superior	Leff	1	100	mm	Resistencia soldadura alma
Garganta máxima	x	4	mm	Distancia al punto de rotación	Z1	218,9	mm	Momento resistido alma	Mwrd3
Garganta mínima	ami	3,5	mm	Cordon inferior ala superior	Leff	2	30,05	mm	Resistencia a tracción total
Garganta propuesta	a	5	mm	Distancia al punto de rotación	Z2	202,7	mm	Momento resistido total	MwRd
Soldadura Chapa-alma				Cordon alma	3	88,8	mm		
Espesor máximo	tma	10	mm	Distancia al punto de rotación	Z3	149,8	mm		
FLEXIÓN PARA LA CHAPA FRONTAL									
Fila 1				Fila 2				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA	
Modos de fallo circular	leff, cp	187,9	mm	Modo de fallo circular (2l/m)	leff, cp	459,3	mm	Espesor de la chapa frontal	tp
2l/mx		215,8		Modo de fallo no circular (αm)	leff, nc	402,0	mm	Gap	g
l/mx + w		267,9		Valor de α (según tabla)	α	5,5		Incremento de longitud X	x
l/mx + 2e		187,9		λ1= m/(m+e)	λ1	0,65		Longitud básica	Lb
Modos de fallo no circulares	leff, nc	120,0	mm	λ2= m2/(m+e)	λ2	0,30		Fila 1	Lb*
4mx + 1,25ex		187,4		Modo de fallo 1	leff1	402,0	mm	Se desarrollan fuerzas de palanca	
e + 2mx + 0,625ex		133,7		Modo de fallo 2	leff2	402,0	mm	Fila 2	Lb*
0,5bp		120,0						Se desarrollan fuerzas de palanca	
2mx + 0,5w + 0,625ex		173,7							
Modo de fallo 1	leff1	120,0	mm						
Modo de fallo 2	leff2	120,0	mm						



RESISTENCIA DEL T-STUB FTRD

Momento producido fila x	Mpl,Rd	mmkN/ 6,5 mm			
Fila 1			Fila 2		
Modo de fallo 1	Ft1Rd	91,5 kN	Modo de fallo 1	Ft1Rd	144,0 kN
	Ft2Rd	142,7 kN	Modo de fallo 2	Ft2Rd	126,5 kN
Modo de fallo 2	n	40	minimo entre e, ex y 1,25 m	n	40
Modo de fallo 3	Ft3Rd	226 kN	Modo de fallo 3	Ft3Rd	226 kN
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	91,5 kN	Modo de fallo del T-Stub	FtRd	126,5 kN
Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	44,3 kN	Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	44,3 kN
Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	88,5 kN	Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	88,5 kN
	Cumple			Cumple	
	FtRd>FtRdmin			FtRd>FtRdmin	

RESISTENCIA DE LA UNIÓN

Fila 1	Fila 2	Unidades	Momento resistente total	Mjrd	44,4 mkN
Brazo de palanca	255,4	166,2 mm	Momento solicitado total	MjEd	37,3 mkN
Resistencia de los tornillos	226,0	226,0 kN			Cumple
Flexión chapa frontal	91,5	126,5 kN			
Tracción alma de viga	0,0	521,2 kN			
Compresión ala-alma de viga	354,1	262,6 kN			
Soldaduras	156,1	230,4 kN			
Momento resistente por fila	23,4	21,0 mkN			

RESISTENCIA A CORTANTE

ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

Cortante solicitado en la unión	VjEd	80,1 kN
Coefficiente de seguridad	γ_Q	1,4
Cortante solicitado en la unión		57,2 kN
Nº de tornillos dispuestos		8
Cortante solicitado por tornillo	Fs,EK	7,2 kN
Cortante resistido por tornillo	Fr,Ek	40 kN
	Cumple, no hay deslizamiento	

ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	62,8 kN
Capacidad a tracción	Ft,Rd	113 kN
Máxima compresión en tornillos	Ft,Ed	44,3 kN
Máximo cortante por tornillo	Fv,Ed	45,2 kN
Cortante real por tornillo	Fv,Ed	13,4 kN
	Cumple	

CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA B

	Ft,Ed	Fv,Ed
Fila 1	45,7	44,6 kN
Fila 2	63,2	37,7 kN
Fila 3	0	62,8 kN
Cortante resistido por la unión	Vj,Rd	290,3 kN
Mayor cortante por tornillo	Fv,Ed	62,8 kN
Resistencia de la chapa	Fb,Rd	101,9 kN
	Cumple, la unión es categoría B	

CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA C

Cortante solicitado ELU	Fv,Ed	80,1 kN
Nº de tornillos dispuestos		8
Cortante solicitado ELU por tornillo	Fv,Ed	10,0 kN
Cortante resistente de los tornillos (ELU)	Fv,Rd	62,8 kN
	Cumple, la unión es categoría C	

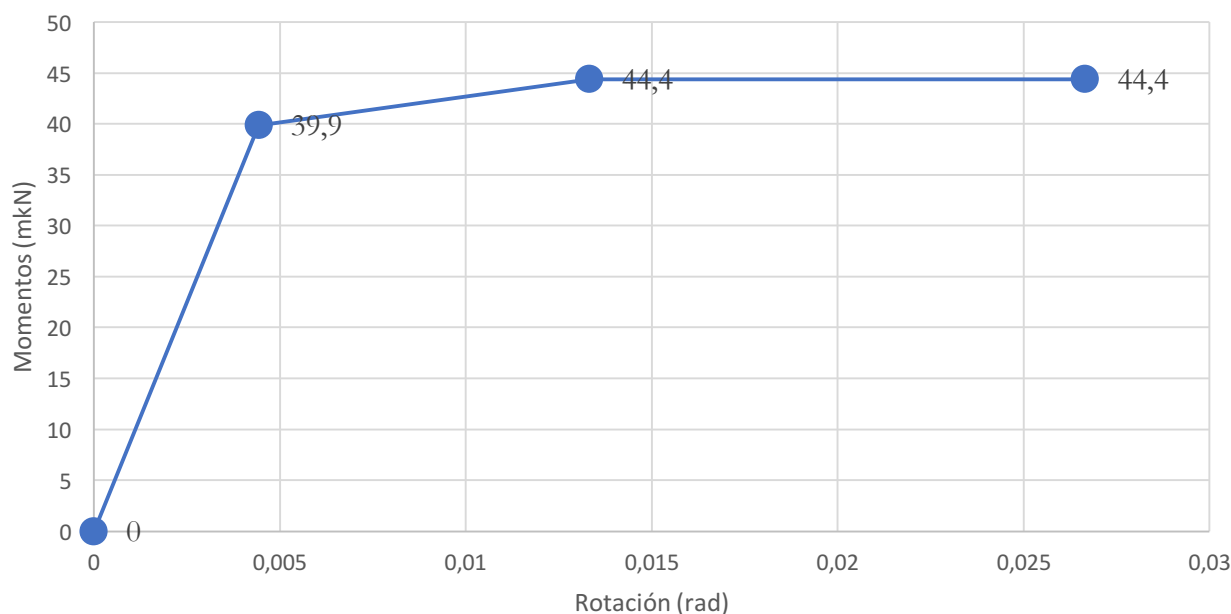
APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor α_1	α_1	0,74	Factor k1	k1	2,50
Comprobación 1 (fub/fu)		2,3	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)		4,5
Comprobación 2 (1)		1	Comprobación 2 (2,5)		2,5
Comprobación 3 (e1/3d0)		0,74	Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)		10,74
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)		2,71			N/m
			Límite elástico fu	fu	430 m2
			Diámetro del tornillo	d	16,0 mm
			Espesor de la chapa más delgada	t	10,0 mm
			Resistencia de la chapa	Fb,Rd	101,9 kN



RIGIDEZ DE LA UNIÓN							
Tornillos en alargamiento				Rigidez rotacional del nudo			
Área resistente	As	157	mm ²	Módulo de deformación	E	210000	N/mm ²
Longitud básica del tornillo	Lb	44,5	mm	Brazo de palanca	Z	171	mm
Rigidez del tornillo	k10	11,3	mm/rad	Coefficiente de rigidez (inicial)	μ	1	
Chapa frontal a flexión				Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	17992	kNm/rad
Fila 1				Rigidez rotacional total real (inicial)	Sj,total	8996	kNm/rad
Longitud efectiva	leff	120,0	mm	Momento inicial	MplEd1	39,9	mkN
Factor m	m	34,4	mm	Rotación inicial	$\phi 1$	0,004431477	rad
Espesor de la chapa	tp	10	mm	Coefficiente de rigidez (final)	μ	2,7	
Rigidez de la chapa fila 1	ks1	2,7	mm/rad	Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	6664	kNm/rad
Fila 2				Rigidez rotacional total real (final)	Sj,total	3332	kNm/rad
Longitud efectiva	leff	402,0	mm	Momento final	MplEd2	44,4	mkN
Factor m	m	73,1	mm	Rotación final	$\phi 2$	0,013322496	rad
Espesor de la chapa	tp	10	mm				
Rigidez de la chapa fila 2	ks2	0,9	mm/rad				
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 1)	keff,1	2,2	mm/rad				
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 2)	keff,2	0,9	mm/rad				
Brazo de palanca tornillos (Fila 1)	Z1	255	mm				
Brazo de palanca tornillos (Fila 2)	Z2	166	mm				
Brazo de palanca equivalente	Zeq	237	mm				
Rigidez equivalente	keq	2,9	mm/rad				

Diagrama Momento-Rotación





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA FRONTAL									
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL									
Perfil seleccionado	IPE	270	Altura	h	270 mm	Radio de acuerdo	r	15 m	
Acero empleado	S275		Anchura	b	135 mm	Altura entre acuerdos	d	6 m	
Límite elástico	fy	275 m2	Espesor del ala	tf	10,2 mm	Área de cortante	Avz	22,1 2	
Tensión rasante resistente	tyd	151,2 m2	Espesor del alma	tw	6,6 mm	Módulo resistente plástico y-y	Wpl, y	484 3	
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	249,6 mm				
SOLICITACIÓN DE LA UNIÓN									
Cortante solicitado	Ved	49,9 kN	Cortante solicitado por la unión	VjEd	111,4 kN	Momento plástico resistido	Mpl, rd	126, 8 N	mk
Cortante plástico resistido	VplR	334,2 kN	Momento solicitado	Mpl,e	36,3 mkN	Momento solicitado por la unión	Mplj	63,4 N	mk
DETERMINACIÓN DEL PERNO NECESARIO									
Brazo de palanca medio	Zme	259,8 mm	Resistencia mínima de los tornillos	Ft,rd	61,0 kN	Resistencia del tornillo solicitado	Ft,R	113 kN	
Nº de tornillos dispuestos		6	Tornillo		M16			Cum ple	
Momento solicitado	Mplj	63,4 mkN	Tipo de tornillo		10.9				
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO									
Tornillo	M16		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R	62,8 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	50 m	
Tipo de tornillo	10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R	57,8 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22 m	
Límite elástico del tornillo	fub	1000 m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C	109,9 kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	40 m	
Diámetro nominal	d	16 mm	Par de apriete EC3	Mt	317 N.m	Distancia mínima al borde perp. esfuerzo	e2	27 m	
Diámetro del taladro	d0	18 mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	44 m	
Área bruta	A	201 mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,Rk	40 kN	Distancia a pared por utillaje	m	40 m	
Área resistente	As	157 mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,Rk	35,2 kN				
Capacidad a tracción	Ft,R	113 kN	Distancia al borde habitual	e	35 mm				
CARACTERÍSTICAS DE LA CHAPA FRONTAL									
Ancho total de la placa	b	200 mm	Distancia horizontal tornillo-borde	e	40 m				
Borde lateral-tornillo		40 mm	Distancia horizontal entre tornillos	w	120 m				
Separación tornillos		120 mm	Distancia horizontal total	bp	200 m				
Altura total de la placa	h	360 mm	Distancia vertical tornillo-borde	ex	40 m				
Borde superior-tornillo		40 mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	mx	34,3 m				
Tornillo-ala superior (CS)		40 mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	m2	5 m				
Espesor ala		10,2 mm	Distancia horizontal tornillo-borde (F2)	e	40 m				
Ala superior-tornillo (CI)		40 mm	Distancia horizontal tornillo-soldadura (F2)	m	51,0 m				
Distancia entre tornillos		169,6 mm							
Tornillo-ala inferior (CS)		40 mm							
Espesor ala		10,2 mm							
Cuelgue chapa		10 mm							



RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS											
Fila 1					Fila 3						
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd1	226	kN		Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd3	226	kN			
Brazo de palanca	Z1	304,9	mm		Brazo de palanca	Z3	45,1	mm			
Momento resistido	Mrd1	68,9	N		Momento resistido	Mrd3	10,2	N			
Fila 2					Sumatoria de momentos						
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd2	226	kN		Momento resistido F1	Mrd	68,9	N	mk		
Brazo de palanca	Z2	214,7	mm		Momento resistido F1+F2	Mrd	117,4	N	mk		
Momento resistido	Mrd2	48,5	N		Momento resistido F1+F2+F3	Mrd	127,6	N	mk		
RESISTENCIA EN ALA Y ALMA DEL PERFIL											
Momento plástico resistido	Mpl,r	126,8	N		Capacidad total de todos los tornillos	Ft,rd total	678	kN			
Brazo de palanca entre resultante alas	Zalas	259,8	mm		Limita la capacidad de los tornillos						
Valor límite de las resultantes	Fc,fb,rd	487,9	kN		Máxima compresión solicitada en 1 tornillo	Ft,Ed	61,0	kN			
MOMENTO RESISTIDO POR LA SOLDADURA											
Espeor del ala	tf	10,2	mm	Espeor mínimo	tmin	6,6	mm	Resistencia de las soldaduras			
Espeor del alma	tw	6,6	mm	Garganta máxima	x	4,62	mm	Fwrd1	146,3 kN		
Espeor de la chapa	tp	15	mm	Garganta mínima	n	4,8	mm	Mwrd1	39,3 N		
Soldadura Chapa-ala				Garganta propuesta	a	5	mm	Fwrd2	91,7 kN		
Espeor máximo	tma	15	mm	Longitudes efectivas			Mwrd2	23,0 N	mk		
Espeor mínimo	tmin	10,2	mm	Cordon superior ala	Leff	1	125	Fwrd3	256,9 kN		
Garganta máxima	ama	7,1	mm	superior				Mwrd3	47,5 N		
Garganta mínima	ami	4,8	mm	Distancia al punto de rotación	Z1	268,4	mm	Momento resistido alma			
Garganta propuesta	a	5	mm	Cordon inferior ala	Leff	2	39,2	FwRd	494,9 kN		
Soldadura Chapa-alma				superior				MwRd	109,8 N		
Espeor máximo	tma	15	mm	Distancia al punto de rotación	Z2	251,2	mm	Resistencia a tracción total			
								Momento resistido total			
				Cordon alma	Leff	3	109,8				
				Distancia al punto de rotación	Z3	184,8	mm				
FLEXIÓN PARA LA CHAPA FRONTAL											
Fila 1				Fila 2				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Modos de fallo circular	leff, cp	187,9	mm	Modo de fallo circular (2Πm)	leff, cp	320,8	mm	Espeor de la chapa frontal	tp	15	mm
2Πmx		215,8		Modo de fallo no circular (αm)	leff, nc	280,8	mm	Gap	g	5	mm
Πmx + w		227,9		Valor de α (según tabla)	α	5,5		Incremento de longitud X	x	19,5	mm
Πmx + 2e		187,9		λ1= m/(m+e)	λ1	0,56		Longitud básica	Lb	54,5	mm
Modos de fallo no circulares	leff, nc	100,0	mm	λ2= m2/(m+e)	λ2	0,38		Fila 1	Lb*	165,9	mm
4mx + 1,25ex		187,4		Modo de fallo 1	leff1	280,8	mm	Se desarrollan fuerzas de palanca			
e + 2mx + 0,625ex		133,7		Modo de fallo 2	leff2	280,8	mm	Fila 2	Lb*	194,0	mm
0,5bp		100,0						Se desarrollan fuerzas de palanca			
2mx + 0,5w + 0,625ex		153,7									
Modo de fallo 1	leff1	100,0	mm								
Modo de fallo 2	leff2	100,0	mm								

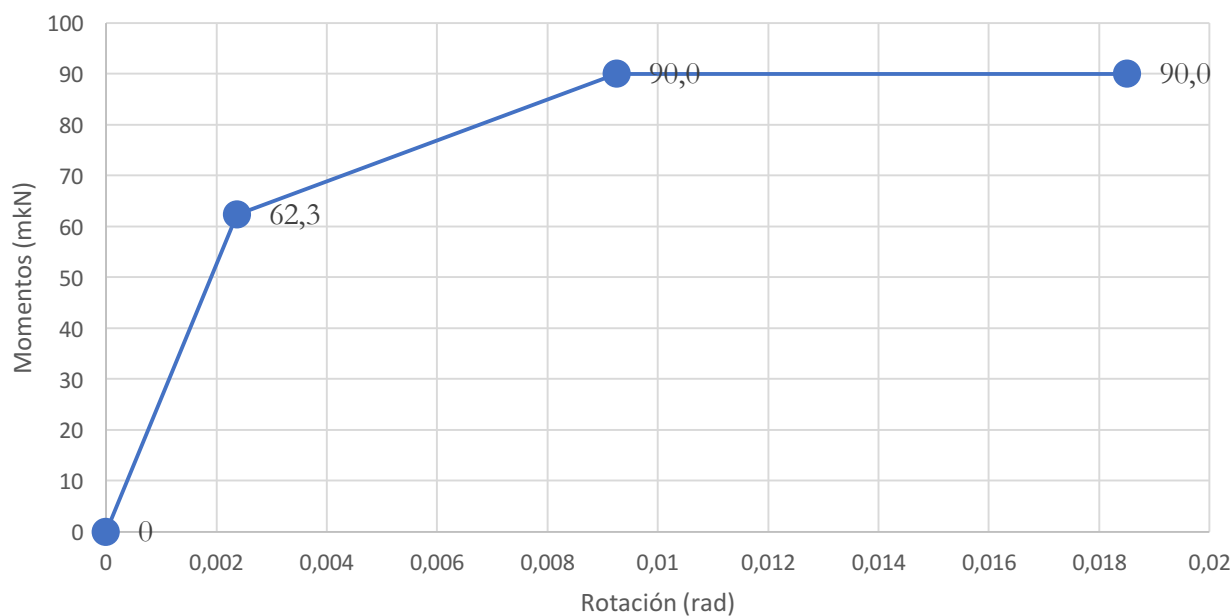


RESISTENCIA DEL T-STUB FTRD					
Momento producido fila x	Mpl,Rd	14,7 mmkN/mm			
Fila 1			Fila 2		
Modo de fallo 1	Ft1Rd	171,6 kN	Modo de fallo 1	Ft1Rd	324,1 kN
Modo de fallo 2	Ft2Rd	161,2 kN	Modo de fallo 2	Ft2Rd	190,1 kN
minimo entre e, ex y 1,25 m	n	40	minimo entre e, ex y 1,25 m	n	40
Modo de fallo 3	Ft3Rd	226 kN	Modo de fallo 3	Ft3Rd	226 kN
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	161,2 kN	Modo de fallo del T-Stub	FtRd	190,1 kN
Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	61,0 kN	Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	61,0 kN
Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	122,0 kN	Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	122,0 kN
Cumple FtRd>FtRdmin			Cumple FtRd>FtRdmin		
RESISTENCIA DE LA UNIÓN					
Fila 1	Fila 2	Unidades	Momento resistente total	Mjrd	90,0 mkN
Brazo de palanca	304,9	7 mm	Momento solicitado total	MjEd	63,4 mkN
Resistencia de los tornillos	226,0	226,0 kN			Cumple
Flexión chapa frontal	161,2	190,1 kN			
Tracción alma de viga	0,0	520,0 kN			
Compresión ala-alma de viga	487,9	326,7 kN			
Soldaduras	204,3	282,4 kN			
Momento resistente por fila	49,2	40,8 mkN			
RESISTENCIA A CORTANTE					
ESTADO LÍMITE DE SERVICIO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA B		
Cortante solicitado en la unión	VjEd	111,4 kN		Ft,Ed	Fv,Ed
Coefficiente de seguridad	γQ	1,4	Fila 1	80,6	30,8 kN
Cortante solicitado en la unión		79,6 kN	Fila 2	95,1	25,1 kN
Nº de tornillos dispuestos		8	Fila 3	0	62,8 kN
Cortante solicitado por tornillo	Fs,EK	9,9 kN	Cortante resistido por la unión	Vj,Rd	237,3 kN
Cortante resistido por tornillo	Fr,Ek	40 kN	Mayor cortante por tornillo	Fv,Ed	62,8 kN
			Resistencia de la chapa	Fb,Rd	152,9 kN
	Cumple, no hay deslizamiento				Cumple, la unión es categoría B
ESTADO LÍMITE ÚLTIMO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA C		
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	62,8 kN	Cortante solicitado	Fv,Ed	111,4 kN
Capacidad a tracción	Ft,Rd	113 kN	Nº de tornillos dispuestos		8
Máxima compresión en tornillos	Ft,Ed	61,0 kN	Cortante solicitado ELU por tornillo	Fv,Ed	13,9 kN
Máximo cortante por tornillo	Fv,Ed	38,6 kN	Cortante resistente de los tornillos (ELU)	Fv,Rd	62,8 kN
Cortante real por tornillo	Fv,Ed	18,6 kN			Cumple, la unión es categoría C
	Cumple				
APLASTAMIENTO DE LA CHAPA					
Factor α1	α1	0,74	Factor k1	k1	2,50
Comprobación 1 (fub/fu)		2,3	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)		4,5
Comprobación 2 (1)		1	Comprobación 2 (2,5)		2,5
Comprobación 3 (e1/3d0)		0,74	Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)		7,63
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)		1,97	Límite elástico fu	fu	430 N/mm ²
			Diámetro del tornillo	d	16,0 mm
			Espesor de la chapa más delgada	t	15,0 mm
			Resistencia de la chapa	Fb,Rd	152,9 kN



RIGIDEZ DE LA UNIÓN							
Tornillos en alargamiento				Rigidez rotacional del nudo			
Área resistente	As	157	mm ²	Módulo de deformación	E	210000	N/mm ²
Longitud básica del tornillo	Lb	54,5	mm	Brazo de palanca	Z	180	mm
Rigidez del tornillo	k10	9,2	mm/rad	Coefficiente de rigidez (inicial)	μ	1	
Chapa frontal a flexión				Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	52528	kNm/rad
Fila 1				Rigidez rotacional total real (inicial)	Sj,total	26264	kNm/rad
Longitud efectiva	leff	100,0	mm	Momento inicial	MplEd1	62,3	mKn
Factor m	m	34,4	mm	Rotación inicial	$\phi 1$	0,002371976	rad
Espesor de la chapa	tp	15	mm	Coefficiente de rigidez (final)	μ	2,7	
Rigidez de la chapa fila 1	ks1	7,5	mm/rad	Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	19455	kNm/rad
Fila 2				Rigidez rotacional total real (final)	Sj,total	9727	kNm/rad
Longitud efectiva	leff	280,8	mm	Momento final	MplEd2	90,0	mKn
Factor m	m	51,1	mm	Rotación final	$\phi 2$	0,009250087	rad
Espesor de la chapa	tp	15	mm				
Rigidez de la chapa fila 2	ks2	6,4	mm/rad				
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 1)	keff,1	4,1	mm/rad				
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 2)	keff,2	3,8	mm/rad				
Brazo de palanca tornillos (Fila 1)	Z1	305	mm				
Brazo de palanca tornillos (Fila 2)	Z2	215	mm				
Brazo de palanca equivalente	Zeq	270	mm				
Rigidez equivalente	keq	7,7	mm/rad				

Diagrama Momento-Rotación





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA FRONTAL									
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL									
Perfil seleccionado	IPE	360	Altura	h	360 mm	Radio de acuerdo	r	18 m	
Acero empleado	S275		Anchura	b	170 mm	Altura entre acuerdos	d	6 m	
Límite elástico	fy	275 m2	Espesor del ala	tf	12,7 mm	Área de cortante	Avz	35,1 2	
Tensión rasante resistente	tyd	151,2 m2	Espesor del alma	tw	8 mm	Módulo resistente plástico y-y	Wpl, y	1019 3	
Límite elástico	fu	430 m2	Altura entre alas	hw	334,6 mm				
SOLICITACIÓN DE LA UNIÓN									
Cortante solicitado	Ved	88,4 kN	Cortante solicitado por la unión	VjEd	176,9 kN	Momento plástico resistido	Mpl, rd	266, 9 N	mk
Cortante plástico resistido	VplR	530,7 kN	Momento solicitado	Mpl,e	60,9 mkN	Momento solicitado por la unión	Mplj, Ed	133, 4 N	mk
DETERMINACIÓN DEL PERNO NECESARIO									
Brazo de palanca medio	Zme	347,3 mm	Resistencia mínima de los tornillos	Ft,rd min	96,1 kN	Resistencia del tornillo solicitado	Ft,R d	176, 4 kN	
Nº de tornillos dispuestos		6	Tornillo		M20			Cum ple	
Momento solicitado	Mplj	133,4 mkN	Tipo de tornillo		10.9				
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO									
Tornillo	M20		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R d	98 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	60 m	
Tipo de tornillo	10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R d	90,2 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	27 m	
Límite elástico del tornillo	fub	1000 m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C k	171,5 kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	49 m	
Diámetro nominal	d	20 mm	Par de apriete EC3	Mt	617 N.m	Distancia mínima al borde perp. esfuerzo	e2	33 m	
Diámetro del taladro	d0	22 mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	53 m	
Área bruta	A	314 mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,Rk	62,4 kN	Distancia a pared por utillaje	m	45 m	
Área resistente	As	245 mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,Rk	54,9 kN				
Capacidad a tracción	Ft,R d	176,4 kN	Distancia al borde habitual	e	40 mm				
CARACTERÍSTICAS DE LA CHAPA FRONTAL									
Ancho total de la placa	b	340 mm	Distancia horizontal tornillo-borde	e	50 m				
Borde lateral-tornillo		50 mm	Distancia horizontal entre tornillos	w	240 m				
Separación tornillos		240 mm	Distancia horizontal total	bp	340 m				
Altura total de la placa	h	470 mm	Distancia vertical tornillo-borde	ex	50 m				
Borde superior-tornillo		50 mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	mx	42,0 m				
Tornillo-ala superior (CS)		50 mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	m2	9 m				
Espesor ala		12,7 mm	Distancia horizontal tornillo-borde (F2)	e	50 m				
Ala superior-tornillo (CI)		50 mm	Distancia horizontal tornillo-soldadura (F2)	m	109, 785 m				
Distancia entre tornillos		234,6 mm							
Tornillo-ala inferior (CS)		50 mm							
Espesor ala		12,7 mm							
Cuelgue chapa		10 mm							



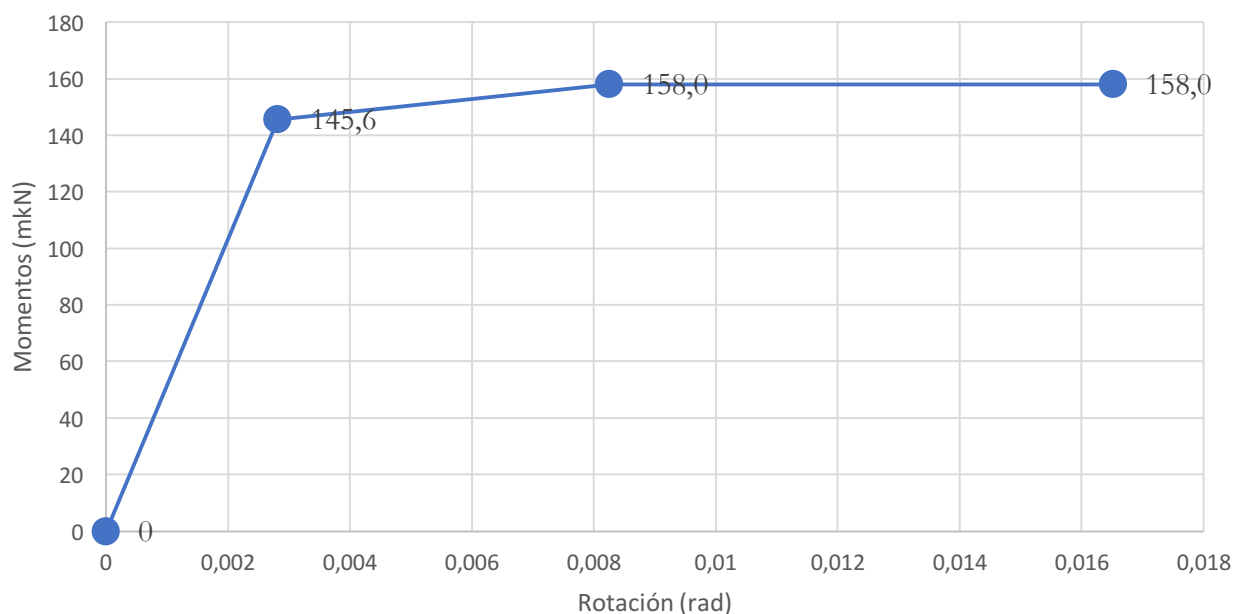
RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS									
Fila 1					Fila 3				
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd1	352,8	kN		Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd3	352,8	kN	
Brazo de palanca	Z1	403,65	mm		Brazo de palanca	Z3	56,4	mm	
Momento resistido	Mrd1	142,4	N		Momento resistido	Mrd3	19,9	N	
Fila 2					Sumatoria de momentos				
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd2	352,8	kN		Momento resistido F1	Mrd	142,4	N	
Brazo de palanca	Z2	290,95	mm		Momento resistido F1+F2	Mrd	245,1	N	
Momento resistido	Mrd2	102,6	N		Momento resistido F1+F2+F3	Mrd	264,9	N	
RESISTENCIA EN ALA Y ALMA DEL PERFIL									
Momento plástico resistido	Mpl,r		mk					1058,	
Brazo de palanca entre resultante alas	Zalas	266,9	N		Capacidad total de todos los tornillos	Ft,r,d total	4	kN	
	Fc,fb	347,3	mm					Limita la capacidad de los tornillos	
Valor límite de las resultantes	,rd	768,4	kN		Máxima compresión solicitada en 1 tornillo	Ft,Ed	96,1	kN	
MOMENTO RESISTIDO POR LA SOLDADURA									
Espeor del ala	tf	12,7	mm	Espeor mínimo	tmi	8	mm	Resistencia de las soldaduras	
Espeor del alma	tw	8	mm	Garganta máxima	x	5,6	mm	Resistencia soldadura ala superior superior	Fwrd1
Espeor de la chapa	tp	15	mm	Garganta mínima	n	4,8	mm	Momento resistido ala superior superior	Mwrd1
Soldadura Chapa-ala				Garganta propuesta	a	5,5	mm	Resistencia soldadura ala superior inferior	Fwrd2
Espeor máximo	tma	15	mm	Longitudes efectivas			Momento resistido ala superior inferior	Mwrd2	
Espeor mínimo	tmi	12,7	mm	Cordon superior ala superior	Leff	1	156	mm	Resistencia soldadura alma
Garganta máxima	ama	8,8	mm	Distancia al punto de rotación	Z1	358,6	mm	Momento resistido alma	Mwrd3
Garganta mínima	ami	4,8	mm	Cordon inferior ala superior	Leff	2	49	mm	Resistencia a tracción total
Garganta propuesta	a	7	mm	Distancia al punto de rotación	Z2	336,0	mm	Momento resistido total	
Soldadura Chapa-alma				Cordon alma	Leff	3	149,3	mm	
Espeor máximo	tma	15	mm	Distancia al punto de rotación	Z3	248,3	mm		
FLEXIÓN PARA LA CHAPA FRONTAL									
Fila 1				Fila 2				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA	
Modos de fallo circular	leff, cp	232,2	mm	Modo de fallo circular (2//m)	leff, cp	689,8	mm	Espeor de la chapa frontal	tp
2//mx		264,5		Modo de fallo no circular (αm)	leff, nc	603,8	mm	Gap	g
//mx + w		372,2		Valor de α (según tabla)	α	5,5		Incremento de longitud X	x
//mx + 2e		232,2		λ1= m/(m+e)	λ1	0,69		Longitud básica	Lb
Modos de fallo no circulares	leff, nc	165,4	mm	λ2= m2/(m+e)	λ2	0,26		Fila 1	Lb*
4mx + 1,25ex		230,9		Modo de fallo 1	leff1	603,8	mm	Se desarrollan fuerzas de palanca	
e + 2mx + 0,625ex		165,4		Modo de fallo 2	leff2	603,8	mm	Fila 2	Lb*
0,5bp		170,0						Se desarrollan fuerzas de palanca	
2mx + 0,5w + 0,625ex		235,4							
Modo de fallo 1	leff1	165,4	mm						
Modo de fallo 2	leff2	165,4	mm						

RESISTENCIA DEL T-STUB FTRD					
Momento producido fila x	Mpl,Rd	14,7	mmkN/ mm		
Fila 1			Fila 2		
Modo de fallo 1	Ft1Rd	231,6	kN	Modo de fallo 1	Ft1Rd 324,1 kN
Modo de fallo 2	Ft2Rd	244,5	kN	Modo de fallo 2	Ft2Rd 221,7 kN
Modo de fallo 2 mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	50		Modo de fallo 2 mínimo entre e, ex y 1,25 m	n 50
Modo de fallo 3	Ft3Rd	352,8	kN	Modo de fallo 3	Ft3Rd 352,8 kN
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	231,6	kN	Modo de fallo del T-Stub	FtRd 221,7 kN
Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	96,1	kN	Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin 96,1 kN
Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	192,1	kN	Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin 192,1 kN
	Cumple FtRd>Ft,rdmin				Cumple FtRd>Ft,rdmin
RESISTENCIA DE LA UNIÓN					
	Fila 1	Fila 2	Unidades	Momento resistente total	Mjrd 158,0 mkN
Brazo de palanca	403,7	291,0	mm	Momento solicitado total	MjEd 133,4 mkN
Resistencia de los tornillos	352,8	352,8	kN		Cumple
Flexión chapa frontal	231,6	221,7	kN		
Tracción alma de viga	0,0	1230,1	kN		
Compresión ala-alma de viga	768,4	536,8	kN		
Soldaduras	360,6	507,0	kN		
Momento resistente por fila	93,5	64,5	mmkN		
RESISTENCIA A CORTANTE					
ESTADO LÍMITE DE SERVICIO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA B		
Cortante solicitado en la unión	VjEd	176,9	kN	Ft,Ed	Fv,Ed
Coefficiente de seguridad	γ_Q	1,4		Fila 1	115,8 52,0 kN
Cortante solicitado en la unión		126,4	kN	Fila 2	110,9 54,0 kN
Nº de tornillos dispuestos		8		Fila 3	0 98 kN
Cortante solicitado por tornillo	Fs,EK	15,8	kN	Cortante resistido por la unión	Vj,Rd 408,1 kN
Cortante resistido por tornillo	Fr,Ek	62,4	kN	Mayor cortante por tornillo	Fv,Ed 98,0 kN
	Cumple, no hay deslizamiento			Resistencia de la chapa	Fb,Rd 195,5 kN
					Cumple, la unión es categoría B
ESTADO LÍMITE ÚLTIMO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA C		
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	98	kN	Cortante solicitado	FvEd 176,9 kN
Capacidad a tracción	Ft,Rd	176,4	kN	ELU	8
Máxima compresión en tornillos	Ft,Ed	96,1	kN	Nº de tornillos dispuestos	8
Máximo cortante por tornillo	Fv,Ed	59,9	kN	Cortante solicitado ELU por tornillo	FvEd 22,1 kN
Cortante real por tornillo	Fv,Ed	29,5	kN	Cortante resistente de los tornillos (ELU)	FvRd 98 kN
	Cumple				Cumple, la unión es categoría C
APLASTAMIENTO DE LA CHAPA					
Factor α_1	α_1	0,76		Factor k1	k1 2,50
Comprobación 1 (fub/fu)		2,3		Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	4,7
Comprobación 2 (1)		1		Comprobación 2 (2,5)	2,5
Comprobación 3 (e1/3d0)		0,76		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	13,57
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)		3,39		Límite elástico fu	fu 430 N/mm ²
				Diámetro del tornillo	d 20,0 mm
				Espesor de la chapa más delgada	t 15,0 mm
				Resistencia de la chapa	Fb,Rd 195,5 kN



RIGIDEZ DE LA UNIÓN							
Tornillos en alargamiento				Rigidez rotacional del nudo			
Área resistente	As	245	mm ²	Módulo de deformación	E	210000	N/mm ²
Longitud básica del tornillo	Lb	57,5	mm	Brazo de palanca	Z	294	mm
Rigidez del tornillo	k10	13,6	mm/rad	Coefficiente de rigidez (inicial)	μ	1	
Chapa frontal a flexión				Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	103385	kNm/rad
Fila 1				Rigidez rotacional total real (inicial)	Sj,total	51692	kNm/rad
Longitud efectiva	leff	165,4	mm	Momento inicial	MplEd1	145,6	mkN
Factor m	m	42,1	mm	Rotación inicial	$\phi 1$	0,002816054	rad
Espesor de la chapa	tp	15	mm	Coefficiente de rigidez (final)	μ	2,7	
Rigidez de la chapa fila 1	ks1	6,7	mm/rad	Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	38291	kNm/rad
Fila 2				Rigidez rotacional total real (final)	Sj,total	19145	kNm/rad
Longitud efectiva	leff	603,8	mm	Momento final	MplEd2	158,0	mkN
Factor m	m	109,8	mm	Rotación final	$\phi 2$	0,008252992	rad
Espesor de la chapa	tp	15	mm				
Rigidez de la chapa fila 2	ks2	1,4	mm/rad				
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 1)	keff,1	4,5	mm/rad				
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 2)	keff,2	1,3	mm/rad				
Brazo de palanca tornillos (Fila 1)	Z1	404	mm				
Brazo de palanca tornillos (Fila 2)	Z2	291	mm				
Brazo de palanca equivalente	Zeq	385	mm				
Rigidez equivalente	keq	5,7	mm/rad				

Diagrama Momento-Rotación





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA FRONTAL									
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL									
Perfil seleccionado	IPE	450	Altura	h	450	mm	Radio de acuerdo	r	21
									378, m
Acero empleado	S275	N/m	Anchura	b	190	mm	Altura entre acuerdos	d	8
									cm
Límite elástico	fy	275	N/m	Espesor del ala	tf	14,6	mm	Área de cortante	Avz
Tensión rasante									50,9
resistente	tyd	151,2	m2	Espesor del alma	tw	9,4	mm	Módulo resistente plástico y-y	Wpl, y
									1702
									3
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	420,8	mm		
SOLICITACIÓN DE LA UNIÓN									
Cortante solicitado	Ved	73,9	kN	Cortante solicitado por la unión	VjEd	256,6	kN	Momento plástico resistido	Mpl, rd
									445, mk
Cortante plástico resistido	VplR			Momento solicitado	Mpl, e	24,9	mkN	Momento solicitado por la unión	Mplj, Ed
									222, mk
									9
									N
DETERMINACIÓN DEL PERNO NECESARIO									
Brazo de palanca medio	Zme	435,4	mm	Resistencia mínima de los tornillos	Ft,rd	128,0	kN	Resistencia del tornillo solicitado	Ft, R
									176, kN
Nº de tornillos dispuestos		6		Tornillo		M20			Cum
Momento solicitado	Mplj	222,9	mkN	Tipo de tornillo		10.9			ple
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO									
Tornillo	M20		Capacidad a cortante por rosca	Fv, R	98	kN	Distancia entre tornillos habitual	p	60
									m
Tipo de tornillo	10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*, R	90,2	kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	27
									m
Límite elástico del tornillo	fub	1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp, C	171,5	kN	Distancia mínima entre tornillos en dirección esfuerzo	p1
									49
Diámetro nominal	d	20	mm	Par de apriete EC3	Mt	617	N.m	Distancia mínima al borde perp.	e2
									33
Diámetro del taladro	d0	22	mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	53
									m
Área bruta	A	314	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs, Rk	62,4	kN	Distancia a pared por utillaje	m
									45
Área resistente	As	245	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs, Rk	54,9	kN		
Capacidad a tracción	Ft, R	176,4	kN	Distancia al borde habitual	e	40	mm		
CARACTERÍSTICAS DE LA CHAPA FRONTAL									
Ancho total de la placa	b	250	mm	Distancia horizontal tornillo-borde	e	50	mm		
Borde lateral-tornillo		50	mm	Distancia horizontal entre tornillos	w	150	mm		
Separación tornillos		150	mm	Distancia horizontal total	bp	250	mm		
Altura total de la placa	h	560	mm	Distancia vertical tornillo-borde	ex	50	mm		
Borde superior-tornillo		50	mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	mx	40,9	mm		
Tornillo-ala superior (CS)		50	mm	Distancia vertical tornillo-soldadura	m2	40,9	mm		
Espesor ala		14,6	mm	Distancia horizontal tornillo-borde (F2)	e	50	mm		
Ala superior-tornillo (CI)		50	mm	Distancia horizontal tornillo-soldadura (F2)	m	63,5	mm		
Distancia entre tornillos		320,8	mm						
Tornillo-ala inferior (CS)		50	mm						
Espesor ala		14,6	mm						
Cuelgue chapa		10	mm						



RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS									
Fila 1					Fila 3				
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd1	352,8	kN		Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd3	352,8	kN	
Brazo de palanca	Z1	492,7	mm		Brazo de palanca	Z3	57,3	mm	
Momento resistido	Mrd1	173,8	N		Momento resistido	Mrd3	20,2	N	
Fila 2					Sumatoria de momentos				
Resistencia a tracción (2 tornillos)	Ftrd2	352,8	kN		Momento resistido F1	Mrd	173,8	N	
Brazo de palanca	Z2	378,1	mm		Momento resistido F1+F2	Mrd	307,2	N	
Momento resistido	Mrd2	133,4	N		Momento resistido F1+F2+F3	Mrd	327,4	N	
RESISTENCIA EN ALA Y ALMA DEL PERFIL									
Momento plástico resistido	Mpl,r		mk					1058,	
Brazo de palanca entre resultante alas	Zalas	445,8	N		Capacidad total de todos los tornillos	Ft,r,d total	4	kN	
	Fc,fb	435,4	mm					Limita la capacidad de los tornillos	
Valor límite de las resultantes	,rd	1023,8	kN		Máxima compresión solicitada en 1 tornillo	Ft,Ed	128,0	kN	
MOMENTO RESISTIDO POR LA SOLDADURA									
Espeor del ala	tf	14,6	mm	Espeor mínimo	tmi	9,4	mm	Resistencia de las soldaduras	
Espeor del alma	tw	9,4	mm	Garganta máxima	x	6,58	mm	Resistencia soldadura ala superior superior	Fwrd1
Espeor de la chapa	tp	20	mm	Garganta mínima	n	6,0	mm	Momento resistido ala superior superior	Mwrd1
Soldadura Chapa-ala				Garganta propuesta	a	6	mm	Resistencia soldadura ala superior inferior	Fwrd2
Espeor máximo	tma	20	mm	Longitudes efectivas				Momento resistido ala superior inferior	Mwrd2
Espeor mínimo	tmi	14,	mm	Cordon superior ala superior	Leff	1	174	mm	Resistencia soldadura alma
Garganta máxima	x	22	mm	Distancia al punto de rotación	Z1	448,4	mm	Momento resistido alma	Mwrd3
Garganta mínima	ami	6,0	mm	Cordon inferior ala superior	Leff	2	53,3	mm	Resistencia a tracción total
Garganta propuesta	a	8	mm	Distancia al punto de rotación	Z2	422,4	mm	Momento resistido total	MwRd
Soldadura Chapa-alma				Cordon alma	3	189,4	mm		
Espeor máximo	tma	20	mm	Distancia al punto de rotación	Z3	312,4	mm		
FLEXIÓN PARA LA CHAPA FRONTAL									
Fila 1				Fila 2				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA	
Modos de fallo circular	leff,	228	mm	Modo de fallo circular (2//m)	leff,	399,1	mm	Espeor de la chapa frontal	tp
2//mx	cp	257	mm	Modo de fallo no circular (αm)	leff,	349,4	mm	Gap	g
Πmx + w		278	mm	Valor de α (según tabla)	α	5,5		Incremento de longitud X	x
Πmx + 2e		228	mm	λ1= m/(m+e)	λ1	0,56		Longitud básica	Lb
Modos de fallo no circulares	leff,	125	mm	λ2= m2/(m+e)	λ2	0,36		Fila 1	Lb*
4mx + 1,25ex	nc	226	mm	Modo de fallo 1	leff1	349,4	mm	Se desarrollan fuerzas de palanca	
e + 2mx + 0,625ex		163	mm	Modo de fallo 2	leff2	349,4	mm	Fila 2	Lb*
0,5bp		125	mm					Se desarrollan fuerzas de palanca	
2mx + 0,5w + 0,625ex		188	mm						
Modo de fallo 1	leff1	125	mm						
Modo de fallo 2	leff2	125	mm						

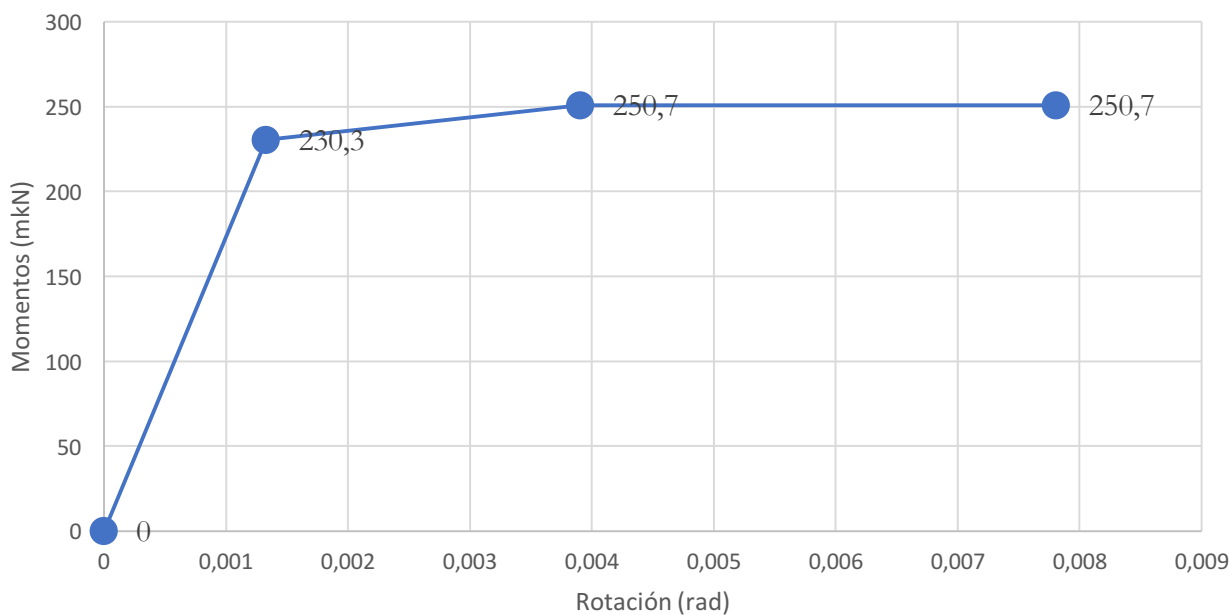


RESISTENCIA DEL T-STUB FTRD					
Momento producido fila x	Mpl,Rd	26,2 mmkN/mm			
	Fila 1			Fila 2	
Modo de fallo 1	Ft1Rd	319,7 kN		Modo de fallo 1	Ft1Rd 576,2 kN
Modo de fallo 2	Ft2Rd	265,9 kN		Modo de fallo 2	Ft2Rd 316,6 kN
minimo entre e, ex y 1,25 m	n	50		minimo entre e, ex y 1,25 m	n 50
Modo de fallo 3	Ft3Rd	352,8 kN		Modo de fallo 3	Ft3Rd 352,8 kN
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	265,9 kN		Modo de fallo del T-Stub	FtRd 316,6 kN
Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin	128,0 kN		Fuerza de tracción mínima requerida por tornillo	Ft,rdmin 128,0 kN
Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin	255,9 kN		Fuerza mínima requerida del T-stub	2xFt,rdmin 255,9 kN
Cumple FtRd>FtRdmin				Cumple FtRd>FtRdmin	
RESISTENCIA DE LA UNIÓN					
	Fila 1	Fila 2	Unidad		
Brazo de palanca	492,7	378	s	Momento resistente total	Mjrd 250,7 mkN
Resistencia de los tornillos	352,8	352	mm	Momento solicitado total	MjEd 222,9 mkN
Flexión chapa frontal	265,9	316	kN		Cumple
Tracción alma de viga	0,0	776	kN		
Compresión ala-alma de viga	1023,8	757	kN		
Soldaduras	467,5	702	kN		
Momento resistente por fila	131,0	119	mkN		
RESISTENCIA A CORTANTE					
ESTADO LÍMITE DE SERVICIO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA B		
Cortante solicitado en la unión	VjEd	256,6 kN		Ft,Ed	Fv,Ed
Coefficiente de seguridad	γQ	1,4	Fila 1	133,0	45,2 kN
Cortante solicitado en la unión		183,3 kN	Fila 2	158,3	35,2 kN
Nº de tornillos dispuestos		8	Fila 3	0	98 kN
Cortante solicitado por tornillo	Fs,EK	22,9 kN	Cortante resistido por la unión	Vj,Rd	356,8 kN
Cortante resistido por tornillo	Fr,Ek	62,4 kN	Mayor cortante por tornillo	Fv,Ed	98,0 kN
Cumple, no hay deslizamiento			Resistencia de la chapa	Fb,Rd	260,6 kN
ESTADO LÍMITE ÚLTIMO			CÁLCULO A CORTANTE CATEGORÍA C		
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	98 kN	Cumple, la unión es categoría B		
Capacidad a tracción	Ft,Rd	176,4 kN	Cortante solicitado ELU	FvEd	256,6 kN
Máxima compresión en tornillos	Ft,Ed	128,0 kN	Nº de tornillos dispuestos		8
Máximo cortante por tornillo	Fv,Ed	47,2 kN	Cortante solicitado ELU por tornillo	FvEd	32,1 kN
Cortante real por tornillo	Fv,Ed	42,8 kN	Cortante resistente de los tornillos (ELU)	FvRd	98 kN
Cumple			Cumple, la unión es categoría C		
APLASTAMIENTO DE LA CHAPA					
Factor α1	α1	0,76	Factor k1	k1	2,50
Comprobación 1 (fub/fu)		2,3	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)		4,7
Comprobación 2 (1)		1	Comprobación 2 (2,5)		2,5
Comprobación 3 (e1/3d0)		0,76	Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)		7,85
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)		2,0	Límite elástico fu	fu	N/m2
		2	Diámetro del tornillo	d	20,0 mm
			Espesor de la chapa más delgada	t	20,0 mm
			Resistencia chapa	Fb,Rd	260,6 kN



RIGIDEZ DE LA UNIÓN					
Tornillos en alargamiento			Rigidez rotacional del nudo		
Área resistente	As	245 mm ²	Módulo de deformación	E	210000 N/m ²
Longitud básica del tornillo	Lb	67,5 mm	Brazo de palanca	Z	383 mm
Rigidez del tornillo	k10	11,6 mm/rad	Coficiente de rigidez (inicial)	μ	1
Chapa frontal a flexión			Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	346930 kNm/rad
Fila 1			Rigidez rotacional total real (inicial)	Sj,total	173465 kNm/rad
Longitud efectiva	leff	125,0 mm	Momento inicial	MplEd1	230,3 mkN
Factor m	m	41,0 mm	Rotación inicial	$\phi 1$	0,001327 rad
Espesor de la chapa	tp	20 mm	Coficiente de rigidez (final)	μ	2,7
Rigidez de la chapa fila 1	ks1	13,1 mm/rad	Rigidez rotacional del nudo (media unión)	Sj	128492 kNm/rad
Fila 2			Rigidez rotacional total real (final)	Sj,total	64246 kNm/rad
Longitud efectiva	leff	349,4 mm	Momento final	MplEd2	250,7 mkN
Factor m	m	63,5 mm	Rotación final	$\phi 2$	0,003902 rad
Espesor de la chapa	tp	20 mm			
Rigidez de la chapa fila 2	ks2	9,8 mm/rad			
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 1)	keff,1	6,2 mm/rad			
Rigidez de las filas de tornillos (Fila 2)	keff,2	5,3 mm/rad			
Brazo de palanca tornillos (Fila 1)	Z1	493 mm			
Brazo de palanca tornillos (Fila 2)	Z2	378 mm			
Brazo de palanca equivalente	Zeq	447 mm			
Rigidez equivalente	keq	11,3 mm/rad			

Diagrama Momento-Rotación





III.13. Uniones atornilladas C: Empalme

DIMENSIONADO UNIÓN: EMPALME IPE550												
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL												
Perfil seleccionado		IPE 550		Altura	h	550	m	Radio de acuerdo	r	24	mm	
Acero empleado		S275		Anchura	b	210	m	Altura entre acuerdos	d	467,6	mm	
Límite elástico	fy	275	N/m	Espesor del ala	tf	17,2	m	Área de cortante	Avz	72,3	cm2	
Tensión rasante			N/m				m		Wpl,			
resistente	tyd	151	m2	Espesor del alma	tw	11,1	m	Módulo resistente plástico y-y	y	2787	cm3	
Límite elástico	fu	430	N/m				m					
			m2	Altura entre alas	hw	515,6	m					
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN												
Cortante solicitado	Ved	208,4	kN	Cortante solicitado por la unión	VjEd	364,4	kN	Momento plástico resistido	Mpl,rd	729,9	mkN	
Cortante plástico resistido	Vpl	1093,			Mpl,e		mk		Mplj			
	Rd	3	kN	Momento solicitado	d	371,6	N	Momento solicitado por la unión	Ed	371,6	mkN	
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO												
Tornillo		M22		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R	d	121,2	kN	Distancia entre tornillos habitual	p	65	mm
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R	d	111,5	kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	29	mm
Límite elástico del tornillo	fub	1000	N/m	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C	k	212,1	kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	53	mm
Diámetro nominal	d	22	mm	Par de apriete EC3	Mt	840	m	N.	Distancia mínima al borde perp.			
Diámetro del taladro	d0	24	mm	Coeficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4		Esfuerzo	e2	36	mm	
				Resistencia a deslizamiento				separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	58	mm	
Área bruta	A	380	mm2	ELS	Fs,Rk	77,1	kN	Distancia a pared por utillaje	m	50	mm	
Área resistente	As	303	mm2	Resistencia a deslizamiento								
Capacidad a tracción	Ft,R			ELU	Fs,Rk	67,8	kN					
	d	218,2	kN	Distancia al borde habitual	e	45	m					
PREDIMENSIONADO CUBREJUNTAS												
Cubrejuntas ala						Cubrejuntas alma						
Momento solicitado	Mplj	Ed	371,6	mkN	Cortante solicitado	VjE	d	364,4	kN			
Brazo de palanca	Z		0,5328	m	Tensión rasante resistente	tyd	15,1	m2	kN/c			
Axil solicitado ala superior	Nf,E	d	697	kN	Área necesaria	Acj	24,1	cm2				
Tensión acero cubrejuntas	fyd		26,2	m2	Altura entre acuerdos	hma	x	467,6	mm			
Área de cubrejuntas necesaria	Acj		26,6	cm2	Altura del cubrejuntas dispuesto	hcj	285	mm				
Nº de cubrejuntas			2		Espesor del cubrejuntas mínimo	tcjne	c	4,2	mm			
Espesor del cubrejuntas mínimo	tcjne		7,38	mm	Espesor del cubrejuntas seleccionado	tcj	15	mm				
Espesor del cubrejuntas seleccionado	tcj		10	mm					Cumple			
Cumple												



DISTRIBUCIÓN TORNILLOS					
Tornillos ala			Tornillos alma		
Tornillo dispuesto		M22	Tornillo dispuesto		M22
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	121,2 kN	Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	121,2 kN
Nº de tornillos necesarios (ala completa)		5,8	Nº de tornillos necesarios		1,5
Nº de filas (un lado del ala)		1	Nº de filas		4
	Cumple distancias mínimas			Cumple distancias mínimas	
Nº de columnas		4	Nº de columnas		1
Nº total de tornillos dispuestos (ala completa)		8	Nº de tornillos dispuestos		4
	Cumple			Cumple	
			Separación entre perfiles	gap	10 mm
			Separación tornillos a borde	e	45 mm
			Distancia desde los tornillos al eje	z	50 mm
			Momento solicitado en la unión	Med	18221 mmkN
			Momento resistido en la unión	Mrd	23634 mmkN
				Cumple, hay suficientes tornillos	

GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN (RESUMEN)					
Alas			Alma		
Nº de filas (ala completa)		2	Nº de filas (alma completa)		4
Nº de columnas (ala completa)		4	Nº de columnas (alma completa)		2
Nº de tornillos totales (ala superior)		8	Nº de tornillos totales		8
Nº de tornillos totales (ala inferior)		8	Separación tornillo-borde (longitudinal)		45 mm
Separación tornillo-borde (longitudinal)		45 mm	Separación entre tornillos (longitudinal)		65 mm
Separación entre tornillos (longitudinal)		65 mm	Separación entre tornillos centro unión (longitudinal)		100 mm
Separación entre tornillos centro unión (longitudinal)		100 mm	Separación tornillo-borde (transversal)		45 mm
Separación tornillo-borde (transversal)		45 mm	Separación entre tornillos (transversal)		65 mm
Separación entre tornillos (transversal)		65 mm	Ancho cubrejuntas		190 mm
Longitud total del cubrejuntas horizontal (longitudinal)		320 mm	Altura cubrejuntas		285 mm
Ancho cubrejuntas superior		210 mm			Cumple
Ancho cubrejuntas inferior		90 mm			le

UNIÓN CATEGORÍA A					
COMPROBACIÓN UNIÓN CATEGORÍA A (TORNILLO NO PRET)				RESISTENCIA Y SOLICITACIÓN DE LOS CUBREJUNTAS	
Cubrejuntas	Superior ala	Inferior ala	Alma	$\Sigma(K_i \cdot n)$	Cubrejuntas superior al ala
Nº de cubrejuntas	2	4	2		kN/cubr ej.
Ancho (b) mm	210	90	15		kN/cubr ej.
Alto (h) mm	10	10	285		Cumple
Área (A) cm ²	21	9	42,75	72,75	γ 1,55
Distancia al centro de gravedad (ycdg) cm	28	25,28	0		Cubrejuntas inferior al ala
Inercia (I _o) cm ⁴	1,75	0,75	2894		kN/cubr ej.
A · Ycdg ² (cm ⁴)	16464	5752	0		kN/cubr ej.
I _i = I _o + A _y ²	16466	5752	2894	61728,6	Cumple
I _i /I _{tot}	0,27	0,09	0,05	0,41	γ 1,72
Med · I _i /I _{tot}	99,1	34,6	17,4		
n · Med · I _i /I _{tot}	198,2	138,5	34,8	371,6	

CUBREJUNTAS SUPERIOR AL ALA				ALA SUPERIOR DEL PERFIL			
Métrica de los tornillos	M22			Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd	203,4	kN
Nº de tornillos		4		Solicitación cortante		142,5	kN
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	121,2	kN	Cumple		γ	1,43
Planos de corte		1		Área neta	Aneta	27,9	cm2
Solicitación por tornillo		88,5	kN	Axil resistente	Nu,Rd	862,7	kN
Cumple		γ	1,37	Axil solicitado	Nu,Ed	627,9	kN
Aplastamiento				Cumple		γ	1,37
Valor Alfa	α	0,63					
	e/3d0	0,63					
	p/3d0	0,90					
	fub/fu	2,33					
	1	1					
Resistencia	fu	430					
Espesor del cubrejuntas	t	10					
Díametro del tornillo	d	22					
Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd	118,3	kN				
Cumple		γ	1,34				
Desgarro							
Área neta	Aneta	16,2	cm2				
Axil resistente	Nu,Rd	501,6	kN				
Cumple		γ	1,42				
CUBREJUNTAS INFERIOR AL ALA				ALMA DEL PERFIL			
Axil Solicitado	N2,Ed	137,0	kN	Aplastamiento alma			
Nº de tornillos		4		Valor Alfa	α	0,63	
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	121,2	kN		e/3d0	0,63	
Planos de corte		1			p/3d0	0,90	
Solicitación por tornillo		34,2	kN		fub/fu	2,33	
Cumple		γ	3,54		1	1	
Aplastamiento				Resistencia	fu	430	
Valor Alfa	α	0,63		Espesor del cubrejuntas	t	15	
	e/3d0	0,63		Díametro del tornillo	d	22	
	p/3d0	0,90		Resistencia al aplastamiento	Fw,b,Rd	177,4	kN
	fub/fu	2,33		Cortante solicitado alma	Fv,w,Ed	156,6	kN
	1	1		Cumple		γ	1,13
Resistencia	fu	430		Desgarro			
Espesor del cubrejuntas	t	10		Área neta 3	Av,neta	50,4	cm2
Díametro del tornillo	d	22		Cortante resistido 3	Veff3,Rd	762,0	kN
Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd	118,3	kN	Cumple		γ	2,09
Cumple		γ	3,45	Área neta 4	Av,neta	40,2	cm2
Desgarro				Cortante resistido 4	Veff4,Rd	608,4	kN
Área neta	Aneta	6,6	cm2	Cumple		γ	1,67
Axil resistente	Nu,Rd	204,3	kN				
Cumple		γ	1,49				



CUBREJUNTAS DEL ALMA					
Cortante solicitado	Ved	364,4	kN	Aplastamiento cubrejuntas alma	
Distancia tornillo-eje unión	Z	50	mm	Valor Alfa	α 0,63
Momento general	M31,Ed	18,2	mkN		e/3d0 0,63
Momento proporcional	M32,Ed	34,8	mkN		p/3d0 0,90
Momento por cubrejunta	M3,Ed	26,5	mkN		fub/fu 2,33
Cortante por cubrejunta	V3,Ed	182,2	kN		1 1
Nº de tornillos		4		Resistencia	fu 430
Cortante por tornillo	Fv(v),Ed	45,6	kN	Espesor del cubrejuntas	t 15
Cumple				Diametro del tornillo	d 22
Cortante horizontal en tornillos: reparto lineal				Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd 177,4 kN
Distancia Tornillo 1 a cdg	Z1	97,5	mm	Cump	2,2
Distancia Tornillo 2 a cdg	Z2	10,83	mm	le	γ 7
Distancia Tornillo 3 a cdg	Z3	10,83	mm	Desgarro	
Distancia Tornillo 4 a cdg	Z4	97,5	mm	Área neta 1	Av,net cm
Fuerza en cada tornillo	Fv(h),Ed	122,4	kN	Cortante resistido	a 56,7 2
Vector resultante	Fv,Ed	130,6	kN	1	Veff1, Rd 857,4 kN
No cumple				Cump	2,3
γ 0,93				le	γ 5
Rediseño de la sección (sólo si no cumple con la inicial)				Área neta 2	Av,net cm
Nº de columnas extras		1		Cortante resistido	a 69 2
Fuerza vertical resultante	Fv(v),Ed	22,8	kN	2	Veff2, Rd 1043,4 kN
Distancia tornillo-eje unión (C1)	Z	82,5	mm	Cump	2,8
Momento general	M31,Ed	30,1	mkN	le	γ 6
Momento proporcional	M32,Ed	34,8	mkN		
Momento por cubrejunta	M3,Ed	32,5	mkN		
Fuerza horizontal en cada tornillo	Fv(h),Ed	74,9	kN		
Vector resultante	Fv,Ed	78,3	kN		
Cumple					
γ 1,55					
RESUMEN COMPROBACIONES					
Cubrejuntas superior al ala:		Cubrejuntas inferior al ala:		Cubrejuntas del alma:	2,2
cortante tornillo	γ 1,37	cortante tornillo	γ 3,54	aplastamiento	γ 7
Cubrejuntas superior al ala:		Cubrejuntas inferior al ala:		Cubrejuntas del alma:	2,3
aplastamiento	γ 1,34	aplastamiento	γ 3,45	desgarro	γ 5
Cubrejuntas superior al ala:		Cubrejuntas inferior al ala:		Alma del perfil:	1,1
desgarro	γ 1,42	desgarro	γ 1,49	aplastamiento	γ 3
Ala del perfil: Aplastamiento	γ 1,43	Cubrejuntas del alma: cortante	γ 1,55	Alma del perfil: Desgarro	1,6
Ala del perfil: Resistencia axil	γ 1,37				γ 7
CAPACIDAD DE LA UNIÓN EN ELU					
Componente más limitativa	γ	1,34	Momento solicitado de la unión	MpljE	mk
Cortante solicitado de la unión	VjEd	364,4 kN	Momento resistido por la unión	d 371,6	N
Cortante resistido por la unión	VjRd	487,0 kN	Cumple	MpljR	mk
				d 496,56	N
				Cump	
				le	
UNIÓN CATEGORÍA B: TORNILLOS PRETENSADOS CON RESISTENCIAS AL DESLIZAMIENTO EN ELS					
COMPROBACIÓN UNIÓN CATEGORÍA B					
Coefficiente de deslizamiento	μ	$\mu = 0,4$	Coefficiente de seguridad promedio	γq	1,4
Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,Rk	77,1 kN	Momento solicitado unión característico	Mek	265,4 N
Fuerza de pretensado EC3	Fp,Ck	212,1 kN	Cortante solicitado unión característico	Vek	260,3 kN
COMPROBACIONES EN ELS					
Cortante entre cubrejuntas superior y ala	Fv1,Ek	63,2 kN	Cortante entre cubrejuntas alma y alma	Fv3,Ek	55,9 kN
Cumple		γ 1,22	Cump		1,3
Cortante entre cubrejuntas inferior y ala	Fv2,Ek	24,5 kN	le		γ 8
Cumple		γ 3,15			
CAPACIDAD DE LA UNIÓN EN ELS					
Componente más limitativa	γ	1,22	Momento solicitado de la unión	MpljE	mk
Cortante solicitado de la unión	VjEd	260,3 kN	Momento resistido por la unión	d 265,4	N
Cortante resistido por la unión	VjRd	317,5 kN	Cumple	MpljR	mk
				d 323,76	N
				Cump	
				le	



DIMENSIONADO UNIÓN: EMPALME HEB180											
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL											
Perfil seleccionado	HE	180 B	Altura	h	180	m	Radio de acuerdo	r	15	mm	
Acero empleado	S275		Anchura	b	180	m	Altura entre acuerdos	d	122	mm	
Límite elástico	fy	275	N/m	Espeor del ala	tf	14	Área de cortante	Avz	20,24	cm ²	
Tensión rasante resistente	tyd	151	N/m	Espeor del alma	tw	18,5	Módulo resistente plástico y-y	Wpl,y	481,4	cm ³	
Límite elástico	fu	430	N/m	Altura entre alas	hw	152	Forro alma	Txtra	5	mm	
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN											
Cortante solicitado	Ved	188,6	kN	Cortante solicitado por la unión	VjEd	188,6	kN	Momento plástico resistido	Mpl,rd	126,1	mkN
Cortante plástico resistido	Vpl			Momento solicitado	Mpl,e	20	N	Momento solicitado por la unión	Mplj	63,0	mkN
	Rd	306,1	kN		d				Ed		
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO											
Tornillo	M16		Capacidad a cortante por rosca	Fv,R	d	62,8	kN	Distancia entre tornillos habitual	p	50	mm
Tipo de tornillo	10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R	d	57,8	kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22	mm
Límite elástico del tornillo	fub	1000	N/m	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C	k	109,9	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	40	mm
Diámetro nominal	d	16	mm	Par de apriete EC3	Mt	317	N	Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	27	mm
Diámetro del taladro	d0	18	mm	Coeficiente de deslizamiento	μ	0,4		separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	44	mm
Área bruta	A	201	mm ²	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,Rk	40	kN	Distancia a pared por utillaje	m	40	mm
Área resistente	As	157	mm ²	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,Rk	35,2	kN				
Capacidad a tracción	Ft,R	d	113	Distancia al borde habitual	e	35	m				
PREDIMENSIONADO CUBREJUNTAS											
Cubrejuntas ala						Cubrejuntas alma					
Momento solicitado	Mplj	Ed	63,0	mkN		Cortante solicitado	VjE	d	188,6	kN	kN/c
Brazo de palanca	Z		0,166	m		Tensión rasante resistente	tyd	15,1	m ²		
Axil solicitado ala superior	NfjE	d	380	kN		Área necesaria	Acj	12,5	cm ²		
Tensión acero cubrejuntas	fyd		26,2	m ²		Altura entre acuerdos	hma	x	122	mm	
Área de cubrejuntas necesaria	Acj		14,5	cm ²		Altura del cubrejuntas dispuesto	hcj	170	mm		
Nº de cubrejuntas			2			Espesor del cubrejuntas mínimo	tcjne	c	3,7	mm	
Espesor del cubrejuntas mínimo	tcjne		4,65	mm		Espesor del cubrejuntas seleccionado	tcj	10	mm		
Espesor del cubrejuntas seleccionado	tcj		10	mm							
Cumple						Cumple					

DISTRIBUCIÓN TORNILLOS						
Tornillos ala				Tornillos alma		
Tornillo dispuesto		M16		Tornillo dispuesto		M16
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	62,8	kN	Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	62,8 kN
Nº de tornillos necesarios (ala completa)		6,0		Nº de tornillos necesarios		1,5
Nº de filas (un lado del ala)		1		Nº de filas		3
	Cumple distancias mínimas				Cumple distancias mínimas	
Nº de columnas		6		Nº de columnas		1
Nº total de tornillos dispuestos (ala completa)		12		Nº de tornillos dispuestos		3
	Cumple				Cumple	
				Separación entre perfiles	gap	10 mm
				Separación tornillos a borde	e	35 mm
				Distancia desde los tornillos al eje	z	40 mm
				Momento solicitado en la unión	Med	7544 mmkN
				Momento resistido en la unión	Mrd	6280 mmkN
					Cumple	
					le	

GEOMETRÍA DE LA SECCIÓN (RESUMEN)						
Alas				Alma		
Nº de filas (ala completa)		2		Nº de filas (alma completa)		3
Nº de columnas (ala completa)		6		Nº de columnas (alma completa)		2
Nº de tornillos totales (ala superior)		12		Nº de tornillos totales		6
Nº de tornillos totales (ala inferior)		12		Separación tornillo-borde (longitudinal)		35 mm
Separación tornillo-borde (longitudinal)		35	mm	Separación entre tornillos (longitudinal)		50 mm
Separación entre tornillos (longitudinal)		50	mm	Separación entre tornillos centro unión (longitudinal)		80 mm
Separación entre tornillos centro unión (longitudinal)		80	mm	Separación tornillo-borde (transversal)		35 mm
Separación tornillo-borde (transversal)		35	mm	Separación entre tornillos (transversal)		50 mm
Separación entre tornillos (transversal)		50	mm	Ancho cubrejuntas		150 mm
Longitud total del cubrejuntas horizontal (longitudinal)		350	mm	Altura cubrejuntas		170 mm
					Cumple	
					le	
Ancho cubrejuntas superior		180	mm			
Ancho cubrejuntas interior		70	mm			

UNIÓN CATEGORÍA A						
COMPROBACIÓN UNIÓN CATEGORÍA A (TORNILLO NO PRET)				RESISTENCIA Y SOLICITACIÓN DE LOS CUBREJUNTAS		
	Superior ala	Inferior ala	Alma	$\Sigma(Ki \cdot n)$		
Cubrejuntas					Cubrejuntas superior al ala	
Nº de cubrejuntas	2	4	2		Axil Solicitado	N1,Ed 196,5 ej. kN/cubr
Ancho (b) mm	180	70	10		Axil Resistente	NRd 471,4 ej. kN/cubr
Alto (h) mm	10	10	170			Cumple
Área (A) cm ²	18	7	17	42		le
Distancia al centro de gravedad (ycdg) cm	9,5	7,1	0		Cubrejuntas inferior al ala	
Inercia (Io) cm ⁴	1,50	0,58	409		Axil Solicitado	N2,Ed 57,1 ej. kN/cubr
A · Ycdg ² (cm ⁴)	1625	353	0		Axil Resistente	NRd 183,3 ej. kN/cubr
Ii = Io + Ay ²	1626	353	409	5484,6		Cumple
Ii/Itot	0,30	0,06	0,07	0,44		le
Med · Ii/Itot	18,7	4,1	4,7			
n · Med · Ii/Itot	37,4	16,3	9,4	63,0		

CUBREJUNTAS SUPERIOR AL ALA				ALA SUPERIOR DEL PERFIL			
Métrica de los tornillos	M16			Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd	124,9	kN
Nº de tornillos		6		Solicitación cortante		99,9	kN
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	62,8	kN	Cumple	γ	1,25	
Planos de corte		1		Área neta	Aneta	20,2	cm ²
Solicitación por tornillo		32,8	kN	Axil resistente	Nu,Rd	624,2	kN
Cumple		γ	1,92	Axil solicitado	Nu,Ed	310,8	kN
Aplastamiento				Cumple	γ	2,01	
Valor Alfa	α	0,65					
	e/3d0	0,65					
	p/3d0	0,93					
	fub/fu	2,33					
	1	1					
Resistencia	fu	430					
Espesor del cubrejuntas	t	10					
Díametro del tornillo	d	16					
Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd	89,2	kN				
Cumple		γ	2,72				
Desgarro							
Área neta	Aneta	14,4	cm ²				
Axil resistente	Nu,Rd	445,8	kN				
Cumple		γ	2,27				
CUBREJUNTAS INFERIOR AL ALA				ALMA DEL PERFIL			
Axil Solicitado	N2,Ed	57,1	kN	Aplastamiento alma			
Nº de tornillos		6		Valor Alfa	α	0,65	
Capacidad a cortante por rosca	Fv,Rd	62,8	kN		e/3d0	0,65	
Planos de corte		1			p/3d0	0,93	
Solicitación por tornillo		9,5	kN		fub/fu	2,33	
Cumple		γ	6,60		1	1	
Aplastamiento				Resistencia	fu	430	
Valor Alfa	α	0,65		Espesor del cubrejuntas	t	10	
	e/3d0	0,65		Díametro del tornillo	d	16	
	p/3d0	0,93		Resistencia al aplastamiento	Fw,b,Rd	89,2	kN
	fub/fu	2,33		Cortante solicitado alma	Fv,w,Ed	79,3	kN
	1	1		Cumple	γ	1,12	
Resistencia	fu	430		Desgarro			
Espesor del cubrejuntas	t	10		Área neta 3	Av,neta	23,3	cm ²
Díametro del tornillo	d	16		Cortante resistido 3	Veff3,Rd	352,5	kN
Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd	89,2	kN	Cumple	γ	1,87	
Cumple		γ	9,37	Área neta 4	Av,neta	40,1	cm ²
Desgarro				Cortante resistido 4	Veff4,Rd	607,0	kN
Área neta	Aneta	5,2	cm ²	Cumple	γ	3,22	
Axil resistente	Nu,Rd	161,0	kN				
Cumple		γ	2,82				



CUBREJUNTAS DEL ALMA					
Cortante solicitado	Ved	188,6	kN	Aplastamiento cubrejuntas alma	
Distancia tornillo-eje unión	Z	40	mm	Valor Alfa	α 0,65
Momento general	M31,Ed	7,5	mkN		e/3d0 0,65
Momento proporcional	M32,Ed	9,4	mkN		p/3d0 0,93
Momento por cubrejunta	M3,Ed	8,5	mkN		fub/fu 2,33
Cortante por cubrejunta	V3,Ed	94,3	kN		1 1
Nº de tornillos		3		Resistencia	fu 430
Cortante por tornillo	Fv(v),Ed	31,4	kN	Espesor del cubrejuntas	t 10
Cumple				Diametro del tornillo	d 16
Cortante horizontal en tornillos: reparto lineal				Resistencia al aplastamiento	Fb,Rd 89,2 kN
Distancia Tornillo 1 a cdg	Z1	50	mm	Cumple	2,2
Distancia Tornillo 2 a cdg	Z2	0,00	mm	le	γ 5
Distancia Tornillo 3 a cdg	Z3	0,00	mm	Desgarro	
Distancia Tornillo 4 a cdg	Z4	50	mm	Área neta 1	Av,net cm
Fuerza en cada tornillo	Fv(h),Ed	84,8	kN	Cortante resistido	a 23,2 2
Vector resultante	Fv,Ed	90,4	kN	1	Veff1, Rd 350,8 kN
No cumple				Cumple	1,8
γ 0,69				le	γ 6
Rediseño de la sección (sólo si no cumple con la inicial)				Área neta 2	Av,net cm
Nº de columnas extras		3		Cortante resistido	a 42,4 2
Fuerza vertical resultante	Fv(v),Ed	7,9	kN	2	Veff2, Rd 641,1 kN
Distancia tornillo-eje unión (C1)	Z	115	mm	Cumple	3,4
Momento general	M31,Ed	21,7	mkN	le	γ 0
Momento proporcional	M32,Ed	9,4	mkN		
Momento por cubrejunta	M3,Ed	15,6	mkN		
Fuerza horizontal en cada tornillo	Fv(h),Ed	38,9	kN		
Vector resultante	Fv,Ed	39,7	kN		
Cumple					
γ 1,58					
RESUMEN COMPROBACIONES					
Cubrejuntas superior al ala:		Cubrejuntas inferior al ala:		Cubrejuntas del alma:	2,2
cortante tornillo	γ 1,92	cortante tornillo	γ 6,60	aplastamiento	γ 5
Cubrejuntas superior al ala:		Cubrejuntas inferior al ala:		Cubrejuntas del alma:	1,8
aplastamiento	γ 2,72	aplastamiento	γ 9,37	desgarro	γ 6
Cubrejuntas superior al ala:		Cubrejuntas inferior al ala:		Alma del perfil:	1,1
desgarro	γ 2,27	desgarro	γ 2,82	aplastamiento	γ 2
Ala del perfil: Aplastamiento	γ 1,25	Cubrejuntas del alma: cortante	γ 1,58	Alma del perfil: Desgarro	1,8
Ala del perfil: Resistencia axil	γ 2,01				γ 7
CAPACIDAD DE LA UNIÓN EN ELU					
Componente más limitativa	γ	1,25	Momento solicitado de la unión	MpljE	mk
Cortante solicitado de la unión	VjEd	188,6 kN	Momento resistido por la unión	d 63,0	N
Cortante resistido por la unión	VjRd	235,7 kN	Cumple	MpljR	mk
				d 78,79	N
				Cumple	
				le	
UNIÓN CATEGORÍA B: TORNILLOS PRETENSADOS CON RESISTENCIAS AL DESLIZAMIENTO EN ELS					
COMPROBACIÓN UNIÓN CATEGORÍA B					
Coefficiente de deslizamiento	μ	$\mu = 0,4$	Coefficiente de seguridad promedio	γq	1,4
Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,Rk	40 kN	Momento solicitado unión característico	Mek	45,0 N
Fuerza de pretensado EC3	Fp,Ck	109,9 kN	Cortante solicitado unión característico	Vek	134,7 kN
COMPROBACIONES EN ELS					
Cortante entre cubrejuntas superior y ala	Fv1,Ek	23,4 kN	Cortante entre cubrejuntas alma y alma	Fv3,Ek	28,3 kN
Cumple		γ 1,71	Cumple		1,4
Cortante entre cubrejuntas inferior y ala	Fv2,Ek	6,8 kN	le		γ 1
Cumple		γ 5,88			
CAPACIDAD DE LA UNIÓN EN ELS					
Componente más limitativa	γ	1,41	Momento solicitado de la unión	MpljE	mk
Cortante solicitado de la unión	VjEd	134,7 kN	Momento resistido por la unión	d 45,0	N
Cortante resistido por la unión	VjRd	190,2 kN	Cumple	MpljR	mk
				d 63,58	N
				Cumple	
				le	



III.14. Uniones atornilladas D: Diagonal de arriostramiento

DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL UPN-200											
CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL											
Perfil seleccionado	UPN			Altura	h	200	mm	Radio de acuerdo	r	11,5	mm
Acero empleado	S275			Anchura	b	75	mm	Altura entre acuerdos	d	154	mm
			N/m								
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	11,5	mm	Área de cortante	Avz	17,7	cm2
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	m2	Espesor del alma	tw	8,5	mm				
			N/m								
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	177	mm				
CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA											
Perfil seleccionado	UPN			Altura	h	200	mm	Radio de acuerdo	r	11,5	mm
Acero empleado	S275			Anchura	b	75	mm	Altura entre acuerdos	d	154	mm
			N/m								
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	11,5	mm	Área de cortante	Avz	17,7	mm2
Tensión rasante resistente	tyd	151,2	m2	Espesor del alma	tw	8,5	mm				
			N/m								
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	177	mm				
CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO											
Tornillo	M22			Capacidad a cortante por rosca	Fv, Rd	121, 2	kN	Distancia entre tornillos habitual	p	65	mm
Tipo de tornillo	10.9			Capacidad simplificada a corte o tracción	F*, Rd	111, 5	kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	29	mm
Límite elástico del tornillo	fub	1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp, Ck	212, 1	kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	53	mm
Diámetro nominal	d	22	mm	Par de apriete EC3	Mt	840	m	Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	36	mm
Diámetro del taladro	d0	24	mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	0,4		separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	58	mm
Área bruta	A	380	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs, Rk	77,1	kN	Distancia a pared por utillaje	m	50	mm
Área resistente	As	303	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs, Rk	67,8	kN				
Capacidad a tracción	Ft, Rd	218,2	kN	Distancia al borde habitual	e	45	m				
SOLICITACIONES DE LA UNIÓN											
Cortante solicitado	Ved	447,1	kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv, Rd	121, 2	kN	Nº de columnas dispuestas	7		
Cortante plástico resistido	VplRd	267,6	kN	Nº de tornillos mínimos	3,7			Tornillos totales	14		
Cortante solicitado por la unión	VjEd	447,1	kN	Nº de tornillos dispuestos por columna	2			Cumple			
CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL											
Gap	g	11,5	mm	Ancho de chapa sugerido	501, 5			hchap			
Desarmillado vertical	dvmin	23	mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	45	mm	Altura de chapa escogida	amax	150	mm
Desarmillado horizontal	dhmin	33,25	mm	Distancia entre tornillos dirección esfuerzo	p1	60	mm	Altura correcta	anchc		
Desarmillado vertical	dv	0	mm	Distancia al borde perp. Esfuerzo	e2	45	mm	Ancho de chapa escogida	hapa	491,5	mm
Desarmillado horizontal	dh	0	mm	separación perp. Esfuerzo	p2	65	mm	Espesor de la chapa seleccionado	tchapa	30	mm
Distancia disponible vertical	hchap amax	177	mm	Cumple utillaje				Distancia al borde máxima por chapa		150	mm
								Espesor de chapa correcto			



1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

	FvEd	FvRd	Cortante solicitado por la unión	VjEd	k
Tornillo 1	120,86	121,20	Cumpl	447,1	N
Tornillo 2	120,86	121,20	Cumpl	121,20	k
Tornillo 3	91,72	121,20	Cumpl	0	N
Tornillo 4	91,72	121,20	Cumpl	120,86	k
			Mayor cortante solicitado por un tornillo	6	N
			Máximo cortante resistido por la unión	VjRd1	448,4
				Cumple	

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor α_1	α_1	0,58	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	3,6	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	355,5	k	
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	120,8	k	
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	2,09	Fb,Rd $\geq$ FvEd		Cumple		
Comprobación 3 (e1/3d0)	0,63		Límite elástico fu	fu	430	2	Cortante solicitado por la unión	VjEd	447,1
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)	0,58		Diámetro del tornillo	d	22	mm	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd2	1315,1
Factor k1	k1	2,09	Espesor de la chapa más delgada	t	38,5	mm		Cumple	

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

Desgarro perfil 1	Veff,R	812,3	Desgarro chapa 3	Veff,R	462,7	Desgarro del perfil	Veff,R	462,7	k
Superficie vertical	Anv	3927	Superficie vertical	Anv	3060	Cortante solicitado	VjEd	447,1	N
Superficie transversal	Ant	1270,5	Desgarro chapa 4	d4	633,0		Cumple		
Desgarro perfil 2	Veff,R	593,8	Superficie vertical	Anv	3060	Forro (1 forro)	textra	15	m
Superficie vertical	Anv	3927	Superficie transversal	Ant	990				

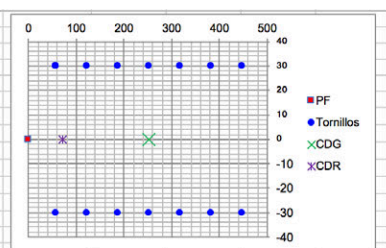
4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	l	150	Espesor chapa máxima	tmax	30	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	561,6	k
Espesor chapa mínima	tmin	8,5	Garganta mínima	amin	7,25	Cortante solicitado	VjEd	447,1	N
Garganta máxima	amax	5,95	Garganta seleccionada	a	8,0		Cumple		

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjR	d1	448,4	Fallo de la soldadura	VjRd4	561,6	k
Aplastamiento de la chapa	VjR	d2	1315,1	Modo de fallo:		448,4	N
Desgarro del perfil	VjR	d3	462,7	Rotura del tornillo			

(0,0) = Punto de origen arbitrario pero igual para todos los valores x e y														
Grado	10,9	fub	900	fub	1000									
Esfuerzos		x	y											
	PF	0	0											
	Fuerza Fed	0	-447,1											
	Momento Med	0												
	M0Ed	112669,2												
Posición del CDG de la unión		252	0											
Posición del CDR de la unión		70,63	0,00											
Tornillos		A	x	y	A-x	A-y	x0	y0	A-r*2	FxEd	FyEd	FvEd	FvRd	Fed/FvRd
1	M22	380	57	30	21660	11400	-195	30	14.791.500	-13,56	-120,10	120,86	182,40	0,66
2	M22	380	57	-30	21660	-11400	-195	-30	14.791.500	13,56	-120,10	120,86	182,40	0,66
3	M22	380	122	30	46360	11400	-130	30	6.764.000	-13,56	-90,71	91,72	182,40	0,50
4	M22	380	122	-30	46360	-11400	-130	-30	6.764.000	13,56	-90,71	91,72	182,40	0,50
5	M22	380	187	30	71060	11400	-65	30	1.947.500	-13,56	-61,32	62,81	182,40	0,34
6	M22	380	187	-30	71060	-11400	-65	-30	1.947.500	13,56	-61,32	62,81	182,40	0,34
7	M22	380	252	30	95760	11400	0	30	342.000	-13,56	-31,94	34,70	182,40	0,19
8	M22	380	252	-30	95760	-11400	0	-30	342.000	13,56	-31,94	34,70	182,40	0,19
9	M22	380	317	30	120460	11400	65	30	1.947.500	-13,56	-2,55	13,80	182,40	0,08
10	M22	380	317	-30	120460	-11400	65	-30	1.947.500	13,56	-2,55	13,80	182,40	0,08
11	M22	380	382	30	145160	11400	130	30	6.764.000	-13,56	26,84	30,07	182,40	0,16
12	M22	380	382	-30	145160	-11400	130	-30	6.764.000	13,56	26,84	30,07	182,40	0,16
13	M22	380	447	30	169860	11400	195	30	14.791.500	-13,56	56,23	57,84	182,40	0,32
14	M22	380	447	-30	169860	-11400	195	-30	14.791.500	13,56	56,23	57,84	182,40	0,32
15	NO	0	0	0	0	0	-252	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16	NO	0	0	0	0	0	-252	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	NO	0	0	0	0	0	-252	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	NO	0	0	0	0	0	-252	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	NO	0	0	0	0	0	-252	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	NO	0	0	0	0	0	-252	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		5.320			#####	0			94.696.000	0,00	-447,10			0,66





DIMENSIONADO UNIÓN: CHAPA LATERAL UPN-300

CARACTERÍSTICAS VIGA PRINCIPAL

		UPN									
Perfil seleccionado		300	Altura	h	300	mm	Radio de acuerdo	r	16	mm	
Acero empleado		S275	Anchura	b	100	mm	Altura entre acuerdos	d	236	mm	
			N/m								
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	16	mm	Área de cortante	Avz	31,8	cm2
Tensión rasante			N/m								
resistente	tyd	151,2	m2	Espesor del alma	tw	10	mm				
			N/m								
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	268	mm				

CARACTERÍSTICAS VIGA SECUNDARIA

		UPN							
Perfil seleccionado		300	Altura	h	300 mm	Radio de acuerdo	r	16 mm	
Acero empleado		S275	Anchura	b	100 mm	Altura entre acuerdos	d	236 mm	
			N/m						
Límite elástico	fy	275	m2	Espesor del ala	tf	16 mm	Área de cortante	Avz	31,8 mm2
Tensión rasante			N/m						
resistente	tyd	151,2	m2	Espesor del alma	tw	10 mm			
			N/m						
Límite elástico	fu	430	m2	Altura entre alas	hw	268 mm			

CARACTERÍSTICAS DEL TORNILLO

Tornillo		M22		Capacidad a cortante por rosca	Fv, 121, Rd 2 kN	Distancia entre tornillos habitual	p	65 mm
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción	F*, 111, Rd 5 kN	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	29 mm
Límite elástico del tornillo	fub	1000	N/m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp, 212, Ck 1 kN	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	53 mm
Diámetro nominal	d	22	mm	Par de apriete EC3	Mt 840 m	Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	36 mm
Diámetro del taladro	d0	24	mm	Coefficiente de deslizamiento	μ = 0,4	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	58 mm
Área bruta	A	380	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs, Rk 77,1 kN	Distancia a pared por utillaje	m	50 mm
Área resistente	As	303	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs, Rk 67,8 kN			
Capacidad a tracción	Ft,Rd	218,2	kN	Distancia al borde habitual	e 45 m			

SOLICITACIONES DE LA UNIÓN

Cortante solicitado	Ved	480,4 kN	Resistencia del tornillo solicitado	Fv, 121, Rd 2 kN	Nº de columnas dispuestas	5
Cortante plástico resistido	VplRd	480,9 kN	Nº de tornillos mínimos	4,0	Tornillos totales	15
Cortante solicitado por la unión	VjEd	480,4 kN	Nº de tornillos dispuestos por columna	3	Cumple	

CARACTERÍSTICAS CHAPA LATERAL

Gap	g	16	mm	Ancho de chapa sugerido	376	Altura de chapa escogida	hchap	230	mm
Desarmillado vertical	dvmin	32	mm	Distancia al borde en dirección esfuerzo	e1	45	mm	Altura correcta	
Desarmillado horizontal	dhmin	45	mm	Distancia entre tornillos dirección esfuerzo	p1	70	mm	anchc	hapa
Desarmillado vertical	dv	0	mm	Distancia al borde perp. Esfuerzo	e2	45	mm	Ancho de chapa escogida	
Desarmillado horizontal	dh	0	mm	separación perp. Esfuerzo	p2	65	mm	Espesor de la chapa seleccionado	tchapa
Distancia disponible vertical	hchap	268	mm	Cumple utillaje				140	mm
	amax							Espesor de chapa correcto	



1º COMPROBACIÓN: ROTURA DE LOS TORNILLOS

	FvEd	FvRd		Cortante solicitado por la unión	VjEd	k
	d					
Tornillo 1	106,37	121,20	Cumpl	Cortante resistido por los tornillos	FvRd	121,20 k
Tornillo 2	99,90	121,20	Cumpl	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	106,37 k
Tornillo 3	106,37	121,20	Cumpl	Máximo cortante resistido por la unión	VjRd1	547,4 k
Tornillo 4	0,00	121,20	Cumpl		Cumple	

2º COMPROBACIÓN: APLASTAMIENTO DE LA CHAPA

Factor $\alpha 1$	$\alpha 1$	0,63	Comprobación 1 ((2,8e2/d0)-1,7)	3,6	Resistencia de la chapa	Fb,Rd	257,2 k
Comprobación 1 (fub/fu)	2,3		Comprobación 2 (2,5)	2,5	Mayor cortante solicitado por un tornillo	FvEd	106,37 k
Comprobación 2 (1)	1		Comprobación 3 ((1,4p2/d0)-1,7)	2,09	Fb,Rd $\geq$ FvEd		Cumple
Comprobación 3 (e1/3d0)	0,63		Límite elástico fu	fu	430 N/mm ²		k
Comprobación 4 ((p1/3d0)-0,25)	0,72		Diámetro del tornillo	d	22 mm		k
Factor k1	k1	2,09	Espeor de la chapa más delgada	t	26,0 mm		Cumple

3º COMPROBACIÓN: DESGARRO DEL PERFIL

Desgarro perfil 1	Veff,R d1	768,7 kN	Desgarro chapa 3	Veff,R d3	597,3 kN	Desgarro del perfil	Veff,R d3	597,3 kN
Superficie vertical	Anv	410 mm ²	Superficie vertical	Anv	3950 mm ²	Cortante solicitado	VjEd	480,4 kN
Superficie transversal	Ant	858 mm ²	Desgarro chapa 4	Veff,R d4	739,2 kN			Cumple
Desgarro perfil 2	Veff,R d2	621,2 kN	Superficie vertical	Anv	3950 mm ²	Forro (1 forro)	textra	8 m
Superficie vertical	Anv	410 mm ²	Superficie transversal	Ant	825 mm ²			

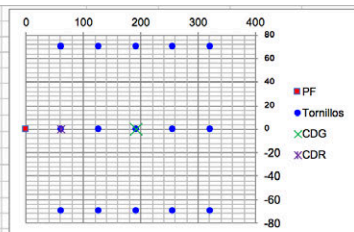
4º COMPROBACIÓN: FALLO DE LA SOLDADURA

Longitud cordón	1	230 mm	Espeor chapa máxima	tmax	25 mm	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	753,4 kN
Espeor chapa mínima	tmin	10 mm	Garganta mínima	amin	6,625 mm	Cortante solicitado	VjEd	480,4 kN
Garganta máxima	amax	7 mm	Garganta seleccionada	a	7,0 mm			Cumple

CONFIGURACIONES DE ROTURA

Rotura del tornillo	VjRd	1	547,4 kN	Fallo de la soldadura	VjRd4	753,4 kN
Aplastamiento de la chapa	VjRd	2	1161,7 kN	Modo de fallo:		k
Desgarro del perfil	VjRd	3	597,3 kN	Rotura del tornillo		547,4 kN

(0,0) = Punto de origen arbitrario pero igual para todos los valores x e y														
Grado	10.9	fub	900	fub	1000									
Esfuerzos		x	y											
	PF	0	0	mm										
	Fuerza Fed	0	-480,4	kN										
	Momento Med	0	0	kN-mm										
Momento de las fuerzas calculado en el odo de la unión														
Momento de las fuerzas calculado en el odo de la unión														
Posición del CDG de la unión		191	0	mm										
Posición del CDR de la unión		61,34	0,00	mm										
Tornillos	A	x	y	A-x	A-y	x0	y0	A-r*2	FxEd	FyEd	FvEd	FvRd	Fed/FvRd	
	mm2	mm	mm					mm4	kN	kN	kN	kN		
1 M22	380	61	70	23180	26600	-130	70	8.284.000	-36,55	-99,90	106,37	182,40	0,58	
2 M22	380	61	0	23180	0	-130	0	6.422.000	0,00	-99,90	99,90	182,40	0,55	
3 M22	380	61	-70	23180	-26600	-130	-70	8.284.000	36,55	-99,90	106,37	182,40	0,58	
4 M22	380	128	70	47880	26600	-65	70	3.467.500	-36,55	-65,96	75,41	182,40	0,41	
5 M22	380	128	0	47880	0	-65	0	1.605.500	0,00	-65,96	65,96	182,40	0,41	
6 M22	380	128	-70	47880	-26600	-65	-70	3.467.500	36,55	-65,96	75,41	182,40	0,41	
7 M22	380	191	70	72580	26600	0	70	1.862.000	-36,55	-32,03	48,59	182,40	0,27	
8 M22	380	191	0	72580	0	0	0	0	0,00	-32,03	32,03	182,40	0,18	
9 M22	380	191	-70	72580	-26600	0	-70	1.862.000	36,55	-32,03	48,59	182,40	0,27	
10 M22	380	256	70	97280	26600	65	70	3.467.500	-36,55	1,91	36,60	182,40	0,20	
11 M22	380	256	0	97280	0	65	0	1.605.500	0,00	1,91	1,91	182,40	0,01	
12 M22	380	256	-70	97280	-26600	65	-70	3.467.500	36,55	1,91	36,60	182,40	0,20	
13 M22	380	321	70	121980	26600	130	70	8.284.000	-36,55	35,84	51,19	182,40	0,28	
14 M22	380	321	0	121980	0	130	0	6.422.000	0,00	35,84	35,84	182,40	0,20	
15 M22	380	321	-70	121980	-26600	130	-70	8.284.000	36,55	35,84	51,19	182,40	0,28	
16 NO	0	0	0	0	0	-191	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
17 NO	0	0	0	0	0	-191	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
18 NO	0	0	0	0	0	-191	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
19 NO	0	0	0	0	0	-191	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
20 NO	0	0	0	0	0	-191	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	5.700			#####	0			66.785.000	0,00	-480,40			0,58	





III.15. Basas metálicas

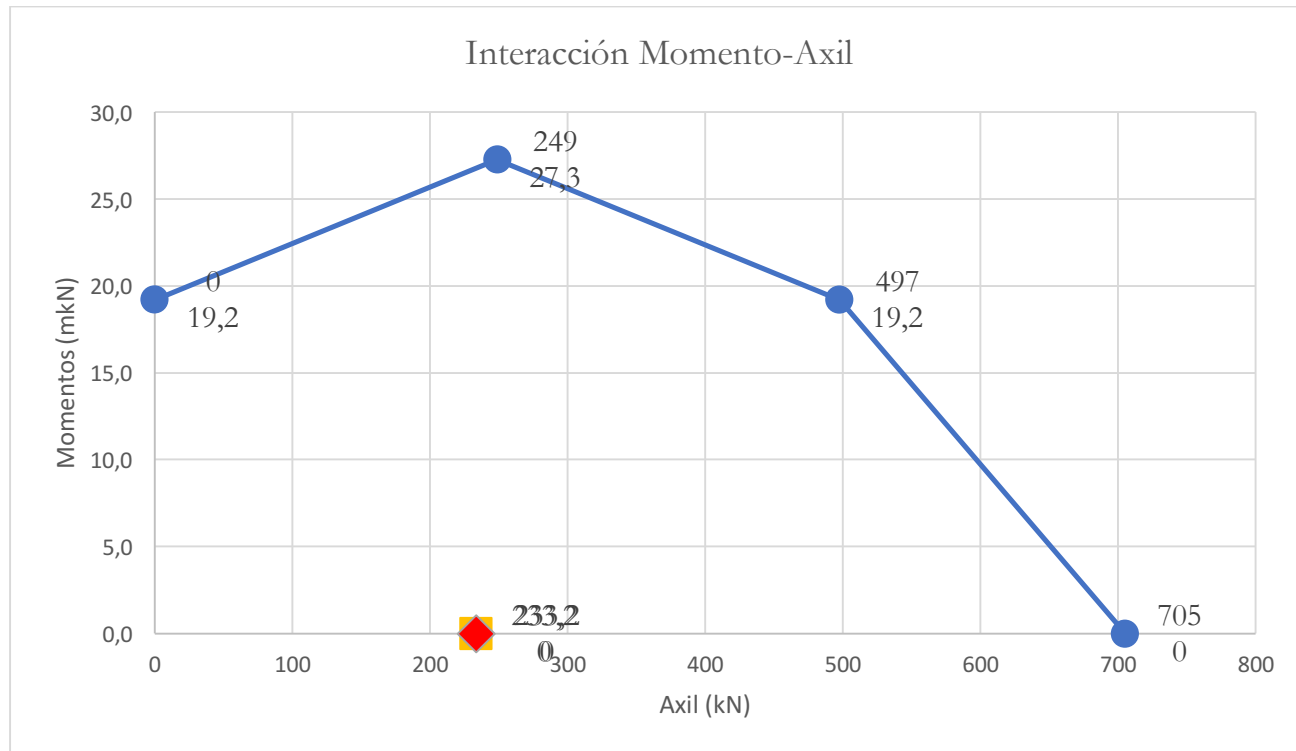
DIMENSIONADO BASA METÁLICA														
Soporte		P10	Perfil HEB100C											
SOLICITACIONES														
Axil característico mínimo		Nek, min	156,8	kN	Momento de cálculo máximo			Me d	0	mkN				
Axil de cálculo mínimo		Ned, min	233,2	kN	Cortante de cálculo			Ved	0	kN				
Axil característico máximo		Nek, max	156,8	kN	Cortante plástico resistido			Vpl Rd	136,7	kN				
Axil de cálculo máximo		Ned, max	233,2	kN	Cortante solicitado por la unión			VjE d	45,6	kN				
Momento característico máximo		Mek	0,0	mkN										
PREDIMENSIONADO ZAPATA														
Resistencia característica del hormigón		fck	30	Mpa	Lado mínimo por excentricidad			Bz	0,80	m				
Resistencia de cálculo del hormigón		fcd	20,00	Mpa				Cum ple						
Tensión del terreno		σadm	250	KN/m2	Lado A zapata (por exceso)			La	0,50	m				
Área necesaria de zapata		Anec	0,63	m2	Lado B zapata (por exceso)			Lb	1,00	m				
Lado mínimo (Zapata cuadrada)		Lmin	0,79	m	Canto zapata (zapata rígida)			hmi n	0,2	m				
Excentricidad		e	0,000	m	Canto zapata dispuesto			h	0,50	m				
CARACTERÍSTICAS PILAR														
		HE 100 BC				m			56,0	m				
Soporte			Ancho del ala	bf	120,00	m	Altura entre acuerdos		d	0	m			
Tipo de acero		S275	Espesor ala		tf	10,00	m	Espesor del alma		tw	6,00	m		
Límite elástico del acero		fyk	N/c			m			Avz		cm			
		27,5	m2	Altura entre alas		hw	80,00	m	Área de cortante		9,04	2		
Tensión de cálculo		fyd	N/c			m			Mpl	27,2	mk			
		26,2	m2	Radio de acuerdo		r	12,00	m	Momento plástico resistido		Rd	9	N	
CARACTERÍSTICAS DEL PERNO														
Tornillo		M16	Capacidad a cortante por rosca		Fv,R d	k	Distancia al borde habitual		e	35	m			
			Capacidad simplificada a corte o tracción		F*,R d	k	Distancia entre tornillos habitual		p	50	m			
Tipo de tornillo		10.9			d	57,8	N							
Límite elástico del tornillo		fub	N/m	Fuerza de pretensado EC3		Fp,C k	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo		e1	22	m			
Diámetro nominal		d	16	mm	Par de apriete EC3		Mt	317	m	Distancia mínima entre tornillos		p1	40	m
Diámetro del taladro		d0	18	mm	Coeficiente de deslizamiento		μ	μ = 0,4	Distancia mínima al borde perp. esfuerzo		e2	27	m	
			Resistencia a deslizamiento ELS		Fs,R k	40	N	separación mínima perp. esfuerzo EC3		p2	44	m		
Área bruta		A	201	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU		Fs,R k							
					k			Distancia a pared por utillaje		m	40	m		
Área resistente		As	157	mm2			k							
Capacidad a tracción		Ft, Rd	113	kN			35,2	N						



CARACTERÍSTICAS DE LA PLACA											
Espesor placa	tp	15	mm	Diametro taladro	d	46	m	Diametro taladro dispuesto	d	50	mm
Tipo de acero		S275		Diametro arandela	da	76	m	Diametro arandela dispuesto	da	80	mm
Límite elástico del acero	fyk	27,5	N/cm2	Separación a borde	Sb	68	m	Separación a borde dispuesto	Sb	70	mm
Tensión de cálculo	fyd	26,2	N/cm2	Distancia a esquina de pilar	Sp	49	m	Distancia a esquina de pilar dispuesto	Sp	50	mm
DIMENSIONES DE LA PLACA							ÁREA COBARICÉNTRICA				
Lado A (Alto)	La	340	mm	Canto de la zapata	h	500	m	Área inferior	Ac1	7224	mm2
Distancia entre tornillos (dirección A)	a	200	mm	Superficie a1	a1	840	m	Tensión hormigón confinado	σdc	00	N/m
Lado B (Ancho)	Lb	360	mm	Superficie b1	b1	860	m	Axil resistido	onf	48,6	m2
Distancia entre tornillos (dirección B)	b	220	mm	Área superior	Ac0	1224	m	Tensión hormigón unión	Frd	5947,2	kN
						00	m2		Fjd	2	N/m
										32,4	m2
SOLDADURA											
Longitud cordón	l	120,0	mm	Espesor chapa máxima	tmax	15,00	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	280,8	kN
Espesor chapa mínima	tmin	10,00	mm	Garganta mínima	amin	4,75	m	Cortante solicitado	VjEd	45,6	kN
Garganta máxima	amax	7	mm	Garganta seleccionada	a	5,0	m			Cumple	
RESISTENCIA DEL T-STUB A COMPRESIÓN SIMPLE											
Dimensión C	C	24,6	mm	Área del alma (descontando zona alas)	A2	1699	m2	Axil resistido de cálculo	Nrd	705	kN
Área de 1 ala	A1	1002	mm2	Área total	A	2175	m2	Axil solicitado	Ned	233,2	kN
		8	mm2			5	m2			Cumple	
RESISTENCIA DEL T-STUB A FLEXIÓN											
PARÁMETROS BÁSICOS				PATRONES DE ROTURA				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Garganta soldadura	a	5,0	mm	Modos circulares	leff,c	279	m	Espesor de la chapa frontal	tp	15	mm
Tornillo - borde (horizontal)	e	70	mm	2Πmx		279	m	Espesor alma	tw	6	mm
Tornillo - borde (vertical)	ex	70	mm	Πmx + w		339	m	Longitud básica	Lb	21	mm
Tornillo-eje soldadura	mx	44,35	mm	Πmx + 2e		279	m	Fila 1	Lb*	202	mm
mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	55,4	mm	Modos no circulares	leff,n	170	m	Se desarrollan fuerzas de palanca			
Ancho total	bp	340	mm	4mx + 1,25ex		265	m				
Ancho entre tornillos	w	200	mm	e + 2mx + 0,625ex		202	m				
				0,5bp		170	m				
				2mx + 0,5w + 0,625ex		232	m				
				Modo de fallo 1	leff1	170	m				
				Modo de fallo 2	leff2	170	m				
MODOS DE FALLO				COMPROBACIÓN COMPRESIÓN DEL ALA				COMPROBACIÓN DE LA SOLDADURA			
Momento producido por la fila	Mpl, Rd	14,7	mmkN/mm	Momento plástico pilar	Mpl, Rd	27,29	N	Longitud del cordón		120,0	mm
Modo de fallo 1	Ft1R	112,9	kN	Ancho total		0,12	m	Garganta seleccionada		5,0	mm
Modo de fallo 2	Ft2R	112,9	kN	Espesor del ala		0,01	m	Resistencia de la soldadura	Fw, Rd	280,8	kN
Modo de fallo 3	Ft3R	103,7	kN	Compresión del ala resistida	Fcfb	248	kN			Cumple	
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	103,7	kN			Cumple					



RESISTENCIA DE LA CHAPA (RESUMEN)									
COMPRESIÓN PURA			FLEXIÓN PURA			FLEXIÓN COMPUESTA			
Área del ala superior	A1	100 mm	hper	120,0					
		28 2	Altura perfil	fil	0 mm	Altura área ala inferior	hinferior	59 mm	
Área del alma	A2	169 mm							
		9 2	Dimensión C	C	24,6 mm	Bloque comprimido	X	19 mm	
Área del ala inferior	A3	100 mm	Separación perfil-tornillo	Sp	50,0 mm	Zona libre para flexión	Y	40 mm	
Resistencia a compresión ala superior	Nrd	1	Bloque comprimido	X	18,92 mm	Resistencia a compresión ala superior	Nrd1-3	221 kN	
Resistencia a compresión alma	Nrd	2	Brazo de palanca	Z	185 mm	Resistencia a compresión alma	Nrd2	55 kN	
Resistencia a compresión ala inferior	Nrd	3	Carga que genera modo de fallo	FtRd	103,7 kN	Resistencia a compresión total	Nrd	497 kN	
Compresión máxima resistida	Nrd	705 kN	Momento resistido	Mrd	19,2 n	Momento resistido	Mrd	19,2 N	
OBTENCIÓN 3º PUNTO DEL GRÁFICO			CORTANTE			CORTANTE (considerando los tornillos)			
Resistencia media alma	Nrd	2'	Resistencia por rozamiento $F_{r,rd} = 0,20 N_{edmin}$			Resistencia 1º fila	F1vbrd	26 kN	
Resistencia ala sin zona comprimida	Nrd	3'	Resistencia	$F_{r,rd}$	46,64 kN	Resistencia 2º fila	F2vbrd	15 kN	
Resistencia a compresión	Nrd	249 kN	Cortante solicitado	$F_{r,e}$	45,6 kN	Factor α_{bc}	α_{bc}	0,29	
Momento area alma	M2'	0,2 N		Cum		Resistencia mínima	Fvbrd/pe	15 kN	
Momento area ala	M3'	7,9 N		ple		Resistencia total	Fvbrd	60 kN	
Momento resistido	Mrd	27,3 N					Cum	ple	





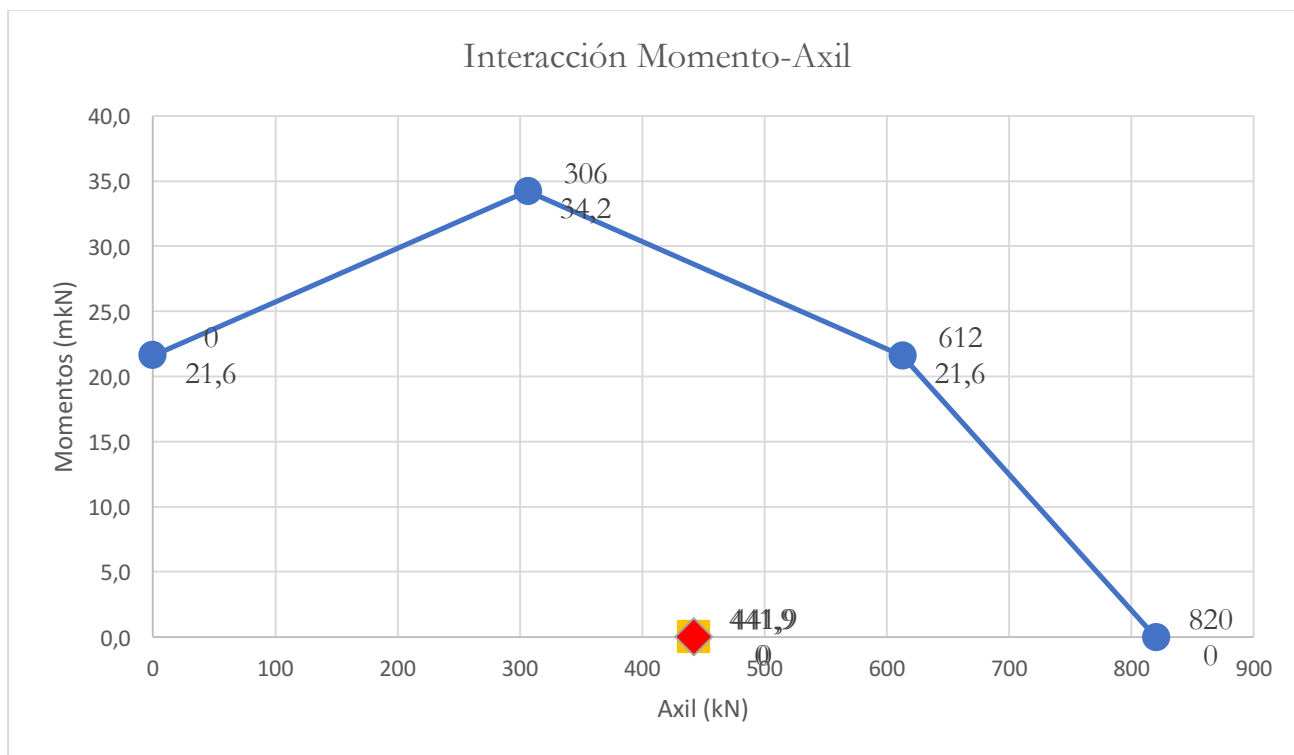
DIMENSIONADO BASA METÁLICA									
Soporte		P3	Perfil				HEB120C		
SOLICITACIONES									
Axil característico mínimo	Nek, min	202,9	kN	Momento de cálculo máximo	Me d	0	mkN		
Axil de cálculo mínimo	Ned, min	441,9	kN	Cortante de cálculo	Ved	0	kN		
Axil característico máximo	Nek, max	202,9	kN	Cortante plástico resistido	Vpl Rd	165,7	kN		
Axil de cálculo máximo	Ned, max	441,9	kN	Cortante solicitado por la unión	VjE d	55,2	kN		
Momento característico máximo	Mek	0,0	mkN						
PREDIMENSIONADO ZAPATA									
Resistencia característica del hormigón	fck	30	Mpa	Lado mínimo por excentricidad	Bz	0,80	m		
Resistencia de cálculo del hormigón	fcd	20,00	Mpa			No cumple			
Tensión del terreno	oadm	250	KN/m2	Lado A zapata (por exceso)	La	0,50	m		
Área necesaria de zapata	Anec	0,81	m2	Lado B zapata (por exceso)	Lb	1,00	m		
Lado mínimo (Zapata cuadrada)	Lmin	0,90	m	Canto zapata (zapata rígida)	hmi	0,2	m		
Excentricidad	e	0,000	m	Canto zapata dispuesto	h	0,50	m		
CARACTERÍSTICAS PILAR									
Soporte	HE 120 BC	Ancho del ala	bf	142,00	m	Altura entre acuerdos	d	74,00	m
Tipo de acero	S275	Espesor ala	tf	11,00	m	Espesor del alma	tw	6,50	m
Límite elástico del acero	fyk	N/c 27,5	m2	Altura entre alas	hw	98,00	m	Área de cortante	Avz 10,96
Tensión de cálculo	fyd	N/c 26,2	m2	Radio de acuerdo	r	12,00	m	Momento plástico resistido	Mpl Rd 43,27
CARACTERÍSTICAS DEL PERNO									
Tornillo	M16	Capacidad a cortante por rosca	Fv,R d	62,8	N	Distancia al borde habitual	e	35	m
Tipo de tornillo	10.9	Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R d	57,8	N	Distancia entre tornillos habitual	p	50	m
Límite elástico del tornillo	fub	N/m 1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C k	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	22	m
Diámetro nominal	d	16	mm	Par de apriete EC3	Mt	317	N	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1 40
Diámetro del taladro	d0	18	mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4		Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2 27
Área bruta	A	201	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,R k	40	N	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2 44
Área resistente	As	157	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,R k	35,2	N	Distancia a pared por utillaje	m 40
Capacidad a tracción	Ft, Rd	113	kN						



CARACTERÍSTICAS DE LA PLACA											
Espesor placa	tp	15	mm	Diametro taladro	d	46	m	Diametro taladro dispuesto	d	50	mm
Tipo de acero		S275		Diametro arandela	da	76	m	Diametro arandela dispuesto	da	80	mm
Límite elástico del acero	fyk	27,5	N/cm2	Separación a borde	Sb	68	m	Separación a borde dispuesto	Sb	70	mm
Tensión de cálculo	fyd	26,2	N/cm2	Distancia a esquina de pilar	Sp	49	m	Distancia a esquina de pilar dispuesto	Sp	50	mm
DIMENSIONES DE LA PLACA											
ÁREA COBARICÉNTRICA											
Lado A (Alto)	La	360	mm	Canto de la zapata	h	500	m	Área inferior	Ac1	20	mm2
Distancia entre tornillos (dirección A)	a	220	mm	Superficie a1	a1	860	m	Tensión hormigón confinado	ordc onf	47,0	N/m2
Lado B (Ancho)	Lb	382	mm	Superficie b1	b1	882	m	Axil resistido	Frd	5	kN
Distancia entre tornillos (dirección B)	b	242	mm	Área superior	Ac0	20	m2	Tensión hormigón unión	Fjd	31,3	N/m2
SOLDADURA											
Longitud cordón	l	142,0	mm	Espesor chapa máxima	tmax	15,00	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	332,2	kN
Espesor chapa mínima	tmin	11,00	mm	Garganta mínima	amin	4,75	m	Cortante solicitado	VjEd	55,2	kN
Garganta máxima	amax	7,7	mm	Garganta seleccionada	a	5,0	m			Cumple	
RESISTENCIA DEL T-STUB A COMPRESIÓN SIMPLE											
Dimensión C	C	25,0	mm	Área del alma (descontando zona alas)	A2	2711	m2	Axil resistido de cálculo	Nrd	820	kN
Área de 1 ala	A1	1173	mm2	Área total	A	2618	m2	Axil solicitado	Ned	441,9	kN
RESISTENCIA DEL T-STUB A FLEXIÓN											
PARÁMETROS BÁSICOS				PATRONES DE ROTURA				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Garganta soldadura	a	5,0	mm	Modos circulares	leff,c	279	m	Espesor de la chapa frontal	tp	15	mm
Tornillo - borde (horizontal)	e	70	mm	2Πmx		279	m	Espesor alma	tw	7	mm
Tornillo - borde (vertical)	ex	70	mm	Πmx + w		359	m	Longitud básica	Lb	22	mm
Tornillo-eje soldadura	mx	44,35	mm	Πmx + 2e		279	m	Fila 1	Lb*	190	mm
mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	55,4	mm	Modos no circulares	leff,n	180	m	Se desarrollan fuerzas de palanca			
Ancho total	bp	360	mm	4mx + 1,25ex		265	m				
Ancho entre tornillos	w	220	mm	e + 2mx + 0,625ex		202	m				
				0,5bp		180	m				
				2mx + 0,5w + 0,625ex		242	m				
				Modo de fallo 1	leff1	180	m				
				Modo de fallo 2	leff2	180	m				
MODOS DE FALLO				COMPROBACIÓN COMPRESIÓN DEL ALA				COMPROBACIÓN DE LA SOLDADURA			
Momento producido por la fila	Mpl, Rd	14,7	mmkN/mm	Momento plástico pilar	Mpl, Rd	43,27	N	Longitud del cordón		142,0	mm
Modo de fallo 1	Ft1R	119,6	kN	Ancho total		0,142	m	Garganta seleccionada		5,0	mm
Modo de fallo 2	Ft2R	119,6	kN	Espesor del ala		0,011	m	Resistencia de la soldadura	Fw, Rd	332,3	kN
Modo de fallo 3	Ft3R	103,7	kN	Compresión del ala resistida	Fcfb	330	kN			Cumple	
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	103,7	kN			Cumple					



RESISTENCIA DE LA CHAPA (RESUMEN)									
COMPRESIÓN PURA			FLEXIÓN PURA			FLEXIÓN COMPUESTA			
Área del ala superior	A1	117 mm	hper	142,0					
		35 2	Altura perfil	fil	0 mm	Altura área ala inferior	hinferior	61 mm	
Área del alma	A2	271 mm							
		1 2	Dimensión C	C	25,0 mm	Bloque comprimido	X	17 mm	
Área del ala inferior	A3	117 mm	Separación perfil-tornillo	Sp	50,0 mm	Zona libre para flexión	Y	44 mm	
Resistencia a compresión ala superior	Nrd	1	Bloque comprimido	X	17,24 mm	Resistencia a compresión ala superior	Nrd1-3	264 kN	
Resistencia a compresión alma	Nrd	2	Brazo de palanca	Z	208 mm	Resistencia a compresión alma	Nrd2	85 kN	
Resistencia a compresión ala inferior	Nrd	3	Carga que genera modo de fallo	FtRd	103,7 kN	Resistencia a compresión total	Nrd	612 kN	
Compresión máxima resistida	Nrd	820 kN	Momento resistido	Mrd	21,6 n	Momento resistido	Mrd	21,6 N	
OBTENCIÓN 3º PUNTO DEL GRÁFICO			CORTANTE			CORTANTE (considerando los tornillos)			
Resistencia media alma	2'	42 kN	Resistencia por rozamiento $F_{r,rd} = 0,20N_{edmin}$			Reistencia 1º fila	F1vbrd	26 kN	
Resistencia ala sin zona comprimida	3'	264 kN	Resistencia	$F_{r,rd}$	88,38 kN	Resistencia 2º fila	F2vbrd	15 kN	
Reistencia a compresión	Nrd	306 kN	Cortante solicitado	$F_{r,e}$	55,2 kN	Factor α_{bc}	α_{bc}	0,29	
Momento area alma	M2'	0,5 N		Cum		Resistencia mínima	Fvbrd/pe	15 kN	
Momento area ala	M3'	12,1 N		ple		Resistencia total	Fvbrd	60 kN	
Momento resistido	Mrd	34,2 N					Cum	ple	

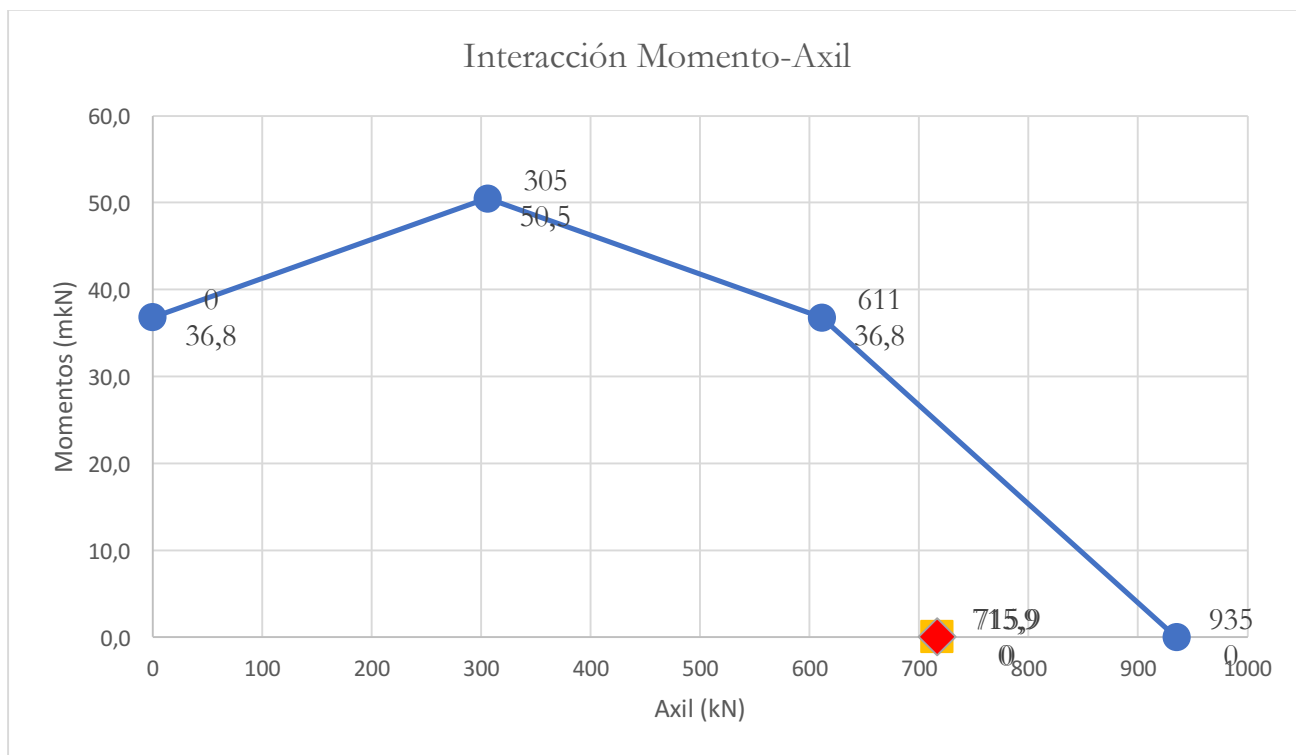


DIMENSIONADO BASA METÁLICA												
Soporte		P2	Perfil						HEB140C			
SOLICITACIONES												
Axil característico mínimo		Nek, min	493,6	kN	Momento de cálculo máximo			Me d	0	mkN		
Axil de cálculo mínimo		Ned, min	715,9	kN	Cortante de cálculo			Ved	0	kN		
Axil característico máximo		Nek, max	493,6	kN	Cortante plástico resistido			Vpl Rd	197,8	kN		
Axil de cálculo máximo		Ned, max	715,9	kN	Cortante solicitado por la unión			VjE d	65,9	kN		
Momento característico máximo		Mek	0,0	mkN								
PREDIMENSIONADO ZAPATA												
Resistencia característica del hormigón		fck	30	Mpa	Lado mínimo por excentricidad			Bz	0,80	m		
Resistencia de cálculo del hormigón		fcd	20,00	Mpa					No cumpl e			
Tensión del terreno		oadm	250	KN/m2	Lado A zapata (por exceso)			La	0,50	m		
Área necesaria de zapata		Anec	1,97	m2	Lado B zapata (por exceso)			Lb	1,00	m		
Lado mínimo (Zapata cuadrada)		Lmin	1,41	m	Canto zapata (zapata rígida)			hmi n	0,2	m		
Excentricidad		e	0,000	m	Canto zapata dispuesto			h	0,50	m		
CARACTERÍSTICAS PILAR												
Soporte		HE 140 BC	Ancho del ala	bf	164,00	m	Altura entre acuerdos	d	92,00	m		
Tipo de acero		S275	Espesor ala	tf	12,00	m	Espesor del alma	tw	7,00	m		
Límite elástico del acero		fyk	N/c 27,5	m2	Altura entre alas	hw	116,00	m	Área de cortante	Avz	13,08	2
Tensión de cálculo		fyd	N/c 26,2	m2	Radio de acuerdo	r	12,00	m	Momento plástico resistido	Rd	64,27	N
CARACTERÍSTICAS DEL PERNO												
Tornillo		M20	Capacidad a cortante por rosca	Fv,R d	98	N	Distancia al borde habitual	e	40	m		
Tipo de tornillo		10.9	Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R d	90,2	N	Distancia entre tornillos habitual	p	60	m		
Límite elástico del tornillo		fub	N/m 1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C k	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	27	m		
Diámetro nominal		d	20	mm	Par de apriete EC3	Mt	617	N	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	49	m
Diámetro del taladro		d0	22	mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4	Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	33	m	
Área bruta		A	314	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,R k	62,4	N	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	53	m
Área resistente		As	245	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,R k	54,9	N	Distancia a pared por utillaje	m	45	m
Capacidad a tracción		Ft, Rd	176,4	kN								

CARACTERÍSTICAS DE LA PLACA											
Espesor placa	tp	15	mm	Diametro taladro	d	50	m	Diametro taladro dispuesto	d	50	mm
Tipo de acero		S275		Diametro arandela	da	80	m	Diametro arandela dispuesto	da	80	mm
Límite elástico del acero	fyk	27,5	N/cm2	Separación a borde	Sb	70	m	Separación a borde dispuesto	Sb	70	mm
Tensión de cálculo	fyd	26,2	N/cm2	Distancia a esquina de pilar	Sp	50	m	Distancia a esquina de pilar dispuesto	Sp	50	mm
DIMENSIONES DE LA PLACA				ÁREA COBARICÉNTRICA							
Lado A (Alto)	La	380	mm	Canto de la zapata	h	500	m	Área inferior	Ac1	20	mm2
Distancia entre tornillos (dirección A)	a	240	mm	Superficie a1	a1	880	m	Tensión hormigón confinado	σdc onf	45,5	N/m2
Lado B (Ancho)	Lb	404	mm	Superficie b1	b1	904	m	Axil resistido	Frd	4	kN
Distancia entre tornillos (dirección B)	b	264	mm	Área superior	Ac0	20	m2	Tensión hormigón unión	Fjd	30,4	N/m2
SOLDADURA											
Longitud cordón	l	164,0	mm	Espesor chapa máxima	tmax	15,00	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	383,7	kN
Espesor chapa mínima	tmin	12,00	mm	Garganta mínima	amin	4,75	m	Cortante solicitado	VjEd	65,9	kN
Garganta máxima	amax	8,4	mm	Garganta seleccionada	a	5,0	m			Cumple	
RESISTENCIA DEL T-STUB A COMPRESIÓN SIMPLE											
Dimensión C	C	25,4	mm	Área del alma (descontando zona alas)	A2	3769	m2	Axil resistido de cálculo	Nrd	935	kN
Área de 1 ala	A1	1351	mm2	Área total	A	3079	m2	Axil solicitado	Ned	715,9	kN
RESISTENCIA DEL T-STUB A FLEXIÓN											
PARÁMETROS BÁSICOS				PATRONES DE ROTURA				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Garganta soldadura	a	5,0	mm	Modos circulares	leff,c p	279	m	Espesor de la chapa frontal	tp	15	mm
Tornillo - borde (horizontal)	e	70	mm	2Πmx		279	m	Espesor alma	tw	7	mm
Tornillo - borde (vertical)	ex	70	mm	Πmx + w		379	m	Longitud básica	Lb	22	mm
Tornillo-eje soldadura	mx	44,35	mm	Πmx + 2e		279	m	Fila 1	Lb*	282	mm
mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	55,4	mm	Modos no circulares	leff,n c	190	m	Se desarrollan fuerzas de palanca			
Ancho total	bp	380	mm	4mx + 1,25ex		265	m				
Ancho entre tornillos	w	240	mm	e + 2mx + 0,625ex		202	m				
				0,5bp		190	m				
				2mx + 0,5w + 0,625ex		252	m				
				Modo de fallo 1	leff1	190	m				
				Modo de fallo 2	leff2	190	m				
MODOS DE FALLO				COMPROBACIÓN COMPRESIÓN DEL ALA				COMPROBACIÓN DE LA SOLDADURA			
Momento producido por la fila	Mpl, Rd	14,7	mmkN/mm	Momento plástico pilar	Mpl Rd	64,27	N	Longitud del cordón		164,0	mm
Modo de fallo 1	Ft1R	126,2	kN	Ancho total		0,164	m	Garganta seleccionada		5,0	mm
Modo de fallo 2	Ft2R	126,2	kN	Espesor del ala		0,012	m	Resistencia de la soldadura	Fw, Rd	383,8	kN
Modo de fallo 3	Ft3R	162,0	kN	Compresión del ala resistida	Fcfb Rd	423	kN			Cumple	
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	126,2	kN			Cumple					



RESISTENCIA DE LA CHAPA (RESUMEN)									
COMPRESIÓN PURA			FLEXIÓN PURA			FLEXIÓN COMPUESTA			
Área del ala superior	A1	135 mm	hper	164,0					
		11 2	Altura perfil	fil	0 mm	Altura área ala inferior	hinferior	63 mm	
Área del alma	A2	376 mm							
		9 2	Dimensión C	C	25,4 mm	Bloque comprimido	X	25 mm	
Área del ala inferior	A3	135 mm	Separación perfil-tornillo	Sp	50,0 mm	Zona libre para flexión	Y	38 mm	
Resistencia a compresión ala superior	Nrd	1	Bloque comprimido	X	24,84 mm	Resistencia a compresión ala superior	Nrd1-3	248 kN	
Resistencia a compresión alma	Nrd	2	Brazo de palanca	Z	227 mm	Resistencia a compresión alma	Nrd2	114 kN	
Resistencia a compresión ala inferior	Nrd	3	Carga que genera modo de fallo	FtRd	162,0 kN	Resistencia a compresión total	Nrd	611 kN	
Compresión máxima resistida	Nrd	935 kN	Momento resistido	Mrd	36,8 n	Momento resistido	Mrd	36,8 N	
OBTENCIÓN 3º PUNTO DEL GRÁFICO			CORTANTE			CORTANTE (considerando los tornillos)			
Resistencia media alma	Nrd	2'	Resistencia por rozamiento $F_{r,rd} = 0,20N_{edmin}$			Reistencia 1º fila	F1vbrd	41 kN	
Resistencia ala sin zona comprimida	Nrd	3'	Resistencia	$F_{r,rd}$	143,1 kN	Resistencia 2º fila	F2vbrd	23 kN	
Reistencia a compresión	Nrd	305 kN	Cortante solicitado	$F_{r,e}$	65,9 kN	Factor α_{bc}	α_{bc}	0,29	
Momento area alma	M2'	0,9 N		Cum		Resistencia mínima	Fvbrd/pe	23 kN	
Momento area ala	M3'	12,8 N		ple		Resistencia total	Fvbrd	94 kN	
Momento resistido	Mrd	50,5 N					Cum	ple	





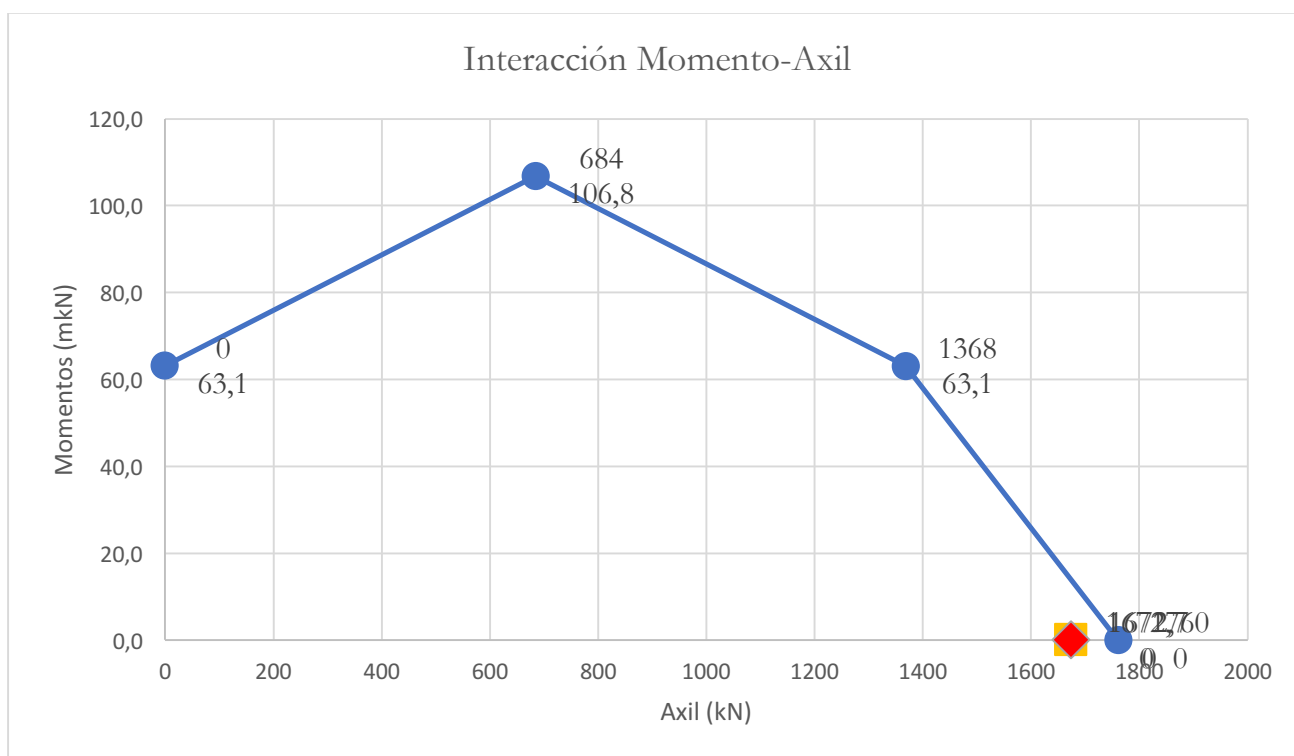
DIMENSIONADO BASA METÁLICA											
Soporte		P44	Perfil						HEB180C		
SOLICITACIONES											
Axil característico mínimo		Nek, min	1195,1	kN	Momento de cálculo máximo			Me d	0	mkN	
Axil de cálculo mínimo		Ned, min	1672,7	kN	Cortante de cálculo			Ved	0	kN	
Axil característico máximo		Nek, max	1195,1	kN	Cortante plástico resistido			Vpl Rd	306,1	kN	
Axil de cálculo máximo		Ned, max	1672,7	kN	Cortante solicitado por la unión			VjE d	102,0	kN	
Momento característico máximo		Mek	0,0	mkN							
PREDIMENSIONADO ZAPATA											
Resistencia característica del hormigón		fck	30	Mpa	Lado mínimo por excentricidad			Bz	0,80	m	
Resistencia de cálculo del hormigón		fcd	20,00	Mpa					No cumpl e		
Tensión del terreno		oadm	250	KN/m2	Lado A zapata (por exceso)			La	0,50	m	
Área necesaria de zapata		Anec	4,78	m2	Lado B zapata (por exceso)			Lb	1,00	m	
Lado mínimo (Zapata cuadrada)		Lmin	2,19	m	Canto zapata (zapata rígida)			hmi	0,2	m	
Excentricidad		e	0,000	m	Canto zapata dispuesto			h	0,50	m	
CARACTERÍSTICAS PILAR											
		HE 180 BC									
Soporte			Ancho del ala	bf	208,00	m	Altura entre acuerdos	d	122,00	m	
Tipo de acero		S275	Espesor ala	tf	14,00	m	Espesor del alma	tw	8,50	m	
Límite elástico del acero		fyk	N/c			m				cm	
		27,5	m2	Altura entre alas	hw	152,00	m	Área de cortante	Avz	20,24	2
Tensión de cálculo		fyd	N/c			m			Mpl	mk	
		26,2	m2	Radio de acuerdo	r	15,00	m	Momento plástico resistido	Rd	126,08	N
CARACTERÍSTICAS DEL PERNO											
Tornillo		M22	Capacidad a cortante por rosca	Fv,R d	121,2	N	Distancia al borde habitual	e	45	m	
Tipo de tornillo		10.9	Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R d	111,5	N	Distancia entre tornillos habitual	p	65	m	
Límite elástico del tornillo		fub	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C k	212,1	N	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	29	m	
Diámetro nominal		d	Par de apriete EC3	Mt	840	m	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	53	m	
Diámetro del taladro		d0	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4		Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	36	m	
Área bruta		A	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,R k	77,1	N	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	58	m	
Área resistente		As	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,R k						m	
Capacidad a tracción		Ft, Rd			67,8	N	Distancia a pared por utillaje	m	50	m	
		218,2	kN								



CARACTERÍSTICAS DE LA PLACA											
Espesor placa	tp	25	mm	Diametro taladro	d	72	m	Diametro taladro dispuesto	d	75	mm
Tipo de acero		S275		Diametro arandela	da	122	m	Diametro arandela dispuesto	da	125	mm
Límite elástico del acero	fyk	27,5	N/cm2	Separación a borde	Sb	111	m	Separación a borde dispuesto	Sb	115	mm
Tensión de cálculo	fyd	26,2	N/cm2	Distancia a esquina de pilar	Sp	79	m	Distancia a esquina de pilar dispuesto	Sp	80	mm
DIMENSIONES DE LA PLACA											
Lado A (Alto)	La	570	mm	Canto de la zapata	h	500	m	Área inferior	Ac1	1174860	mm2
Distancia entre tornillos (dirección A)	a	340	mm	Superficie a1	a1	1070	m	Tensión hormigón confinado	ordc onf	37,1	N/m2
Lado B (Ancho)	Lb	598	mm	Superficie b1	b1	1098	m	Axil resistido	Frd	2571	kN
Distancia entre tornillos (dirección B)	b	368	mm	Área superior	Ac0	60	m2	Tensión hormigón unión	Fjd	24,8	N/m2
SOLDADURA											
Longitud cordón	l	208,0	mm	Espesor chapa máxima	tmax	25,00	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	681,408	kN
Espesor chapa mínima	tmin	14,00	mm	Garganta mínima	amin	6,625	m	Cortante solicitado	VjEd	102,0	kN
Garganta máxima	ama	9,8	mm	Garganta seleccionada	a	7,0	m	Cumple			
RESISTENCIA DEL T-STUB A COMPRESIÓN SIMPLE											
Dimensión C	C	46,9	mm	Área del alma (descontando zona alas)	A2	5950	m2	Axil resistido de cálculo	Nrd	1760	kN
Área de 1 ala	A1	3257	mm2	Área total	A	7109	m2	Axil solicitado	Ned	1672,7	kN
Cumple											
RESISTENCIA DEL T-STUB A FLEXIÓN											
PARAMETROS BASICOS				PATRONES DE ROTURA				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Garganta soldadura	a	7,0	mm	Modos circulares	leff,c	453	m	Espesor de la chapa frontal	tp	25	mm
Tornillo - borde (horizontal)	e	115	mm	2l/mx	p	453	m	Espesor alma	tw	9	mm
Tornillo - borde (vertical)	ex	115	mm	l/mx + w		566	m	Longitud básica	Lb	34	mm
Tornillo-eje soldadura	mx	72,09	mm	l/mx + 2e		456	m	Fila 1	Lb*	211	mm
mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	90,1	mm	Modos no circulares	leff,n	285	m	Se desarrollan fuerzas de palanca			
Ancho total	bp	570	mm	4mx + 1,25ex		432	m				
Ancho entre tornillos	w	340	mm	e + 2mx + 0,625ex		331	m				
				0,5bp		285	m				
				2mx + 0,5w + 0,625ex		386	m				
				Modo de fallo 1	leff1	285	m				
				Modo de fallo 2	leff2	285	m				
MODOS DE FALLO				COMPROBACIÓN COMPRESIÓN DEL ALA				COMPROBACIÓN DE LA SOLDADURA			
Momento producido por la fila	Mpl, Rd	40,9	mmkN/mm	Momento plástico pilar	Mpl, Rd	126,0	mmkN	Longitud del cordón		208,00	mm
Modo de fallo 1	Ft1R	323,6	kN	Ancho total		0,208	m	Garganta seleccionada		7,0	mm
Modo de fallo 2	Ft2R	323,6	kN	Espesor del ala		0,014	m	Resistencia de la soldadura	Fw, Rd	681,4	kN
Modo de fallo 3	Ft3R	196,1	kN	Compresión del ala resistida	Fcfb, Rd	650	kN	Cumple			
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	196,1	kN			Cumple					



RESISTENCIA DE LA CHAPA (RESUMEN)									
COMPRESIÓN PURA			FLEXIÓN PURA			FLEXIÓN COMPUESTA			
Área del ala superior	A1	325 mm	hper	208,0					
		74 2	Altura perfil	fil	0 mm	Altura área ala inferior	hinferior	108 mm	
Área del alma	A2	595 mm							
		0 2	Dimensión C	C	46,9 mm	Bloque comprimido	X	26 mm	
Área del ala inferior	A3	325 mm	Separación perfil-tornillo	Sp	80,0 mm	Zona libre para flexión	Y	82 mm	
Resistencia a compresión ala superior	Nrd	1	Bloque comprimido	X	26,24 mm	Resistencia a compresión ala superior	Nrd1-3	610 kN	
Resistencia a compresión alma	Nrd	2	Brazo de palanca	Z	322 mm	Resistencia a compresión alma	Nrd2	147 kN	
Resistencia a compresión ala inferior	Nrd	3	Carga que genera modo de fallo	FtRd	196,1 kN	Resistencia a compresión total	Nrd	1368 kN	
Compresión máxima resistida	Nrd	176							
		0 kN	Momento resistido	Mrd	63,1 n	Momento resistido	Mrd	63,1 N	
OBTENCIÓN 3º PUNTO DEL GRÁFICO			CORTANTE			CORTANTE (considerando los tornillos)			
Resistencia media alma	Nrd	2'	Resistencia por rozamiento $F_{r,rd} = 0,20 N_{edmin}$			Reistencia 1º fila	F1vbrd	49 kN	
Resistencia ala sin zona comprimida	Nrd	3'	Resistencia	$F_{r,rd}$	334,5	Resistencia 2º fila	F2vbrd	28 kN	
				$F_{r,e}$	4 kN				
Reistencia a compresión	Nrd	684 kN	Cortante solicitado	d	102,0 kN	Factor α_{bc}	α_{bc}	0,29	
Momento area alma	M2'	1,1 N		Cum		Resistencia mínima	Fvbrd/pe	28 kN	
		mk		ple					
Momento area ala	M3'	42,6 N				Resistencia total	Fvbrd	114 kN	
		mk							
Momento resistido	Mrd	106,8 N						Cum	
		8 N						ple	



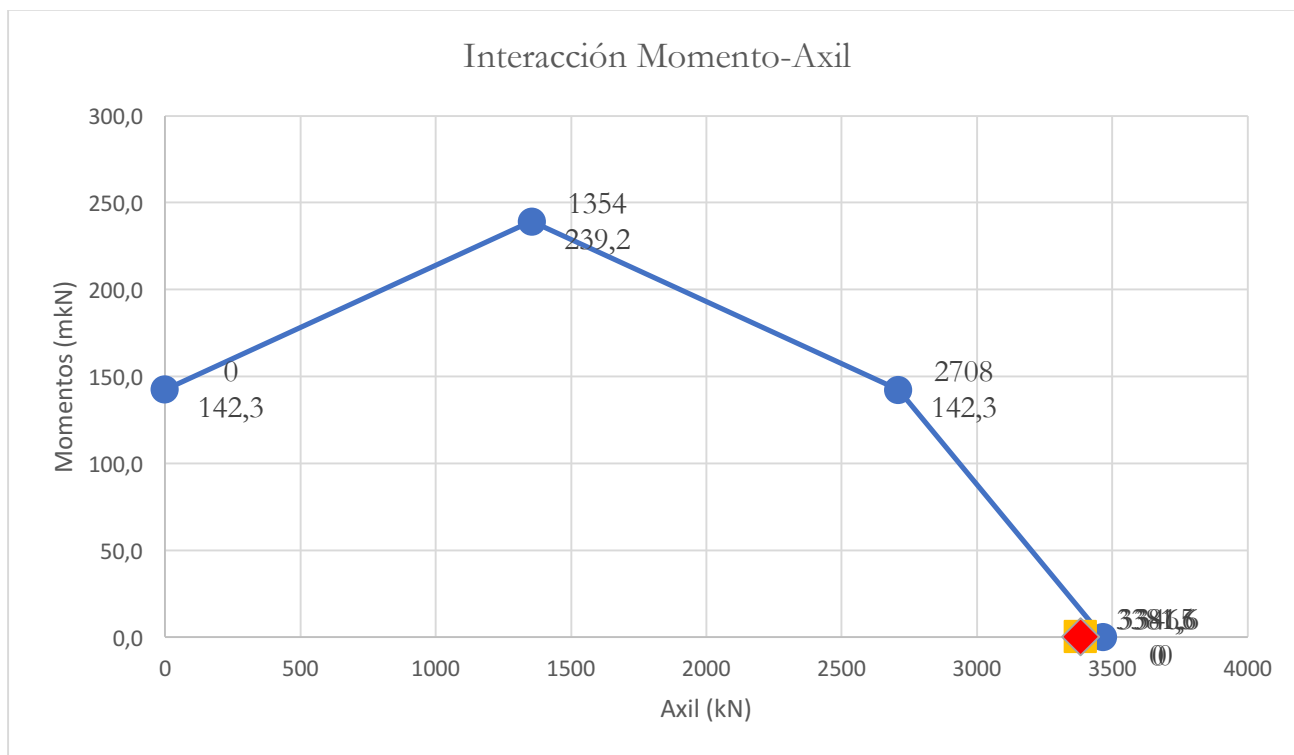
DIMENSIONADO BASA METÁLICA												
Soporte		P26	Perfil				HEB200C					
SOLICITACIONES												
Axil característico mínimo		Nek, min	2395,9	kN	Momento de cálculo máximo		Me d	0	mkN			
Axil de cálculo mínimo		Ned, min	3381,6	kN	Cortante de cálculo		Ved	0	kN			
Axil característico máximo		Nek, max	2395,9	kN	Cortante plástico resistido		Vpl Rd	375,5	kN			
Axil de cálculo máximo		Ned, max	3381,6	kN	Cortante solicitado por la unión		VjE d	125,2	kN			
Momento característico máximo		Mek	0,0	mkN								
PREDIMENSIONADO ZAPATA												
Resistencia característica del hormigón		fck	30	Mpa	Lado mínimo por excentricidad		Bz	0,80	m			
Resistencia de cálculo del hormigón		fcd	20,00	Mpa				No cumpl e				
Tensión del terreno		oadm	250	KN/m2	Lado A zapata (por exceso)		La	2,00	m			
Área necesaria de zapata		Anec	9,58	m2	Lado B zapata (por exceso)		Lb	2,00	m			
Lado mínimo (Zapata cuadrada)		Lmin	3,10	m	Canto zapata (zapata rígida)		hmi n	0,2	m			
Excentricidad		e	0,000	m	Canto zapata dispuesto		h	1,00	m			
CARACTERÍSTICAS PILAR												
		HE 200 BC										
Soporte			Ancho del ala	bf	230,00	m	Altura entre acuerdos	d	134,00	m		
Tipo de acero		S275	Espesor ala	tf	15,00	m	Espesor del alma	tw	9,00	m		
Límite elástico del acero		fyk	N/c 27,5	m2	Altura entre alas	hw	170,00	m	Área de cortante	Avz	24,83	2
Tensión de cálculo		fyd	N/c 26,2	m2	Radio de acuerdo	r	18,00	m	Momento plástico resistido	Mpl Rd	168,27	N
CARACTERÍSTICAS DEL PERNO												
Tornillo		M27	Capacidad a cortante por rosca	Fv,R d	183,6	N	Distancia al borde habitual	e	55	m		
Tipo de tornillo		10.9	Capacidad simplificada a corte o tracción	F*,R d	168,9	N	Distancia entre tornillos habitual	p	80	m		
Límite elástico del tornillo		fub	N/m 1000	m2	Fuerza de pretensado EC3	Fp,C k	Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo	e1	36	m		
Diámetro nominal		d	27	mm	Par de apriete EC3	Mt	1562	N	Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo	p1	66	m
Diámetro del taladro		d0	30	mm	Coefficiente de deslizamiento	μ	μ = 0,4	Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo	e2	45	m	
Área bruta		A	573	mm2	Resistencia a deslizamiento ELS	Fs,R k	116,8	N	separación mínima perp. Esfuerzo EC3	p2	72	m
Área resistente		As	459	mm2	Resistencia a deslizamiento ELU	Fs,R k	102,8	N	Distancia a pared por utillaje	m	60	m
Capacidad a tracción		Ft, Rd	330,5	kN								



CARACTERÍSTICAS DE LA PLACA											
Espesor placa	tp	30	mm	Diametro taladro	d	87	m	Diametro taladro dispuesto	d	90	mm
Tipo de acero		S450		Diametro arandela	da	147	m	Diametro arandela dispuesto	da	150	mm
Límite elástico del acero	fyk	45	N/cm2	Separación a borde	Sb	134	m	Separación a borde dispuesto	Sb	135	mm
Tensión de cálculo	fyd	42,9	N/cm2	Distancia a esquina de pilar	Sp	95	m	Distancia a esquina de pilar dispuesto	Sp	100	mm
DIMENSIONES DE LA PLACA				ÁREA COBARICÉNTRICA							
Lado A (Alto)	La	670	mm	Canto de la zapata	h	1000	m	Área inferior	Ac1	000	mm2
Distancia entre tornillos (dirección A)	a	400	mm	Superficie a1	a1	1670	m	Tensión hormigón confinado	ordc onf	49,2	N/m2
Lado B (Ancho)	Lb	700	mm	Superficie b1	b1	1700	m	Axil resistido	Frd	8	kN
Distancia entre tornillos (dirección B)	b	430	mm	Área superior	Ac0	00	m2	Tensión hormigón unión	Fjd	32,8	N/m2
SOLDADURA											
Longitud cordón	l	230,00	mm	Espesor chapa máxima	tmax	30,00	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	807,3	kN
Espesor chapa mínima	tmin	15,00	mm	Garganta mínima	amin	7,25	m	Cortante solicitado	VjEd	125,2	kN
Garganta máxima	amax	10,5	mm	Garganta seleccionada	a	7,5	m			Cumple	
RESISTENCIA DEL T-STUB A COMPRESIÓN SIMPLE											
Dimensión C	C	62,6	mm	Área del alma (descontando zona alas)	A2	6011	m2	Axil resistido de cálculo	Nrd	3465	kN
Área de 1 ala	A1	4980	mm2	Área total	A	1056	m2	Axil solicitado	Ned	3381,6	kN
		3	mm2			18	m2			Cumple	
RESISTENCIA DEL T-STUB A FLEXIÓN											
PARÁMETROS BÁSICOS				PATRONES DE ROTURA				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Garganta soldadura	a	7,5	mm	Modos circulares	leff,c p	558	m	Espesor de la chapa frontal	tp	30	mm
Tornillo - borde (horizontal)	e	135	mm	2II _{mx}		575	m	Espesor alma	tw	9	mm
Tornillo - borde (vertical)	ex	135	mm	II _{mx} + w		688	m	Longitud básica	Lb	39	mm
Tornillo-eje soldadura	mx	91,52	mm	II _{mx} + 2e		558	m	Fila 1	Lb*	321	mm
mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	114,4	mm	Modos no circulares	leff,n c	335	m	Se desarrollan fuerzas de palanca			
Ancho total	bp	670	mm	4mx + 1,25ex		535	m				
Ancho entre tornillos	w	400	mm	e + 2mx + 0,625ex		402	m				
				0,5bp		335	m				
				2mx + 0,5w + 0,625ex		467	m				
				Modo de fallo 1	leff1	335	m				
				Modo de fallo 2	leff2	335	m				
MODOS DE FALLO				COMPROBACIÓN COMPRESIÓN DEL ALA				COMPROBACIÓN DE LA SOLDADURA			
Momento producido por la fila	Mpl, Rd	96,4	mmkN/mm	Momento plástico pilar	Mpl, Rd	168,27	mkN	Longitud del cordón		230,00	mm
Modo de fallo 1	Ft1R	705,9	kN	Ancho total		0,23	m	Garganta seleccionada		7,5	mm
Modo de fallo 2	Ft2R	705,9	kN	Espesor del ala		0,015	m	Resistencia de la soldadura	Fw, Rd	807,3	kN
Modo de fallo 3	Ft3R	378,2	kN	Compresión del ala resistida	Fcfb, Rd	783	kN			Cumple	
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	378,2	kN								
		Cumple									



RESISTENCIA DE LA CHAPA (RESUMEN)									
COMPRESIÓN PURA			FLEXIÓN PURA			FLEXIÓN COMPUESTA			
Área del ala superior	A1	498 mm	hper	230,0					
		03 2	Altura perfil	fil	0 mm	Altura área ala inferior	hinferior	140 mm	
Área del alma	A2	601 mm							
		1 2	Dimensión C	C	62,6 mm	Bloque comprimido	X	32 mm	
Área del ala inferior	A3	498 mm	Separación perfil-tornillo	Sp	100,0 mm	Zona libre para flexión	Y	108 mm	
Resistencia a compresión ala superior	Nrd	163				Resistencia a compresión ala superior	Nrd1-3	1256 kN	
	1	4 kN	Bloque comprimido	X	32,45 mm				
Resistencia a compresión alma	Nrd					Resistencia a compresión alma	Nrd2	197 kN	
	2	197 kN	Brazo de palanca	Z	376 mm				
Resistencia a compresión ala inferior	Nrd	163	Carga que genera modo de fallo	FtRd	378,2 kN	Resistencia a compresión total	Nrd	2708 kN	
	3	4 kN							
Compresión máxima resistida	Nrd	346							
		5 kN	Momento resistido	Mrd	142,3 n	Momento resistido	Mrd	142,3 N	
OBTENCIÓN 3º PUNTO DEL GRÁFICO			CORTANTE			CORTANTE (considerando los tornillos)			
	Nrd		Resistencia por rozamiento $F_{r,rd} =$						
Resistencia media alma	2'	99 kN	0,20Nedmin			Resistencia 1º fila	F1vbrd	95 kN	
Resistencia ala sin zona comprimida	Nrd	125			676,3				
	3'	6 kN	Resistencia	$F_{r,rd}$	2 kN	Resistencia 2º fila	F2vbrd	55 kN	
		135		$F_{r,e}$					
Resistencia a compresión	Nrd	4 kN	Cortante solicitado	d	125,2 kN	Factor α_{bc}	α_{bc}	0,29	
		mk			Cum				
Momento area alma	M2'	1,1 N			ple	Resistencia mínima	Fvbrd/pe	55 kN	
		mk							
Momento area ala	M3'	95,8 N				Resistencia total	Fvbrd	219 kN	
		239, mk							
Momento resistido	Mrd	2 N						Cum ple	



DIMENSIONADO BASA METÁLICA													
Soporte		P24		Perfil					HEB220C				
SOLICITACIONES													
Axil característico mínimo		Nek, min		1838,9		kN		Momento de cálculo máximo		Me d		0 mkN	
Axil de cálculo mínimo		Ned, min		2601,9		kN		Cortante de cálculo		Ved		0 kN	
Axil característico máximo		Nek, max		1838,9		kN		Cortante plástico resistido		Vpl Rd		422,2 kN	
Axil de cálculo máximo		Ned, max		2601,9		kN		Cortante solicitado por la unión		VjE d		140,7 kN	
Momento característico máximo		Mek		0,0		mkN							
PREDIMENSIONADO ZAPATA													
Resistencia característica del hormigón		fck		30		Mpa		Lado mínimo por excentricidad		Bz		0,80 m	
Resistencia de cálculo del hormigón		fcd		20,00		Mpa						No cumpl e	
Tensión del terreno		oadm		250		KN/m2		Lado A zapata (por exceso)		La		2,00 m	
Área necesaria de zapata		Anec		7,36		m2		Lado B zapata (por exceso)		Lb		2,00 m	
Lado mínimo (Zapata cuadrada)		Lmin		2,71		m		Canto zapata (zapata rígida)		hmin		0,2 m	
Excentricidad		e		0,000		m		Canto zapata dispuesto		h		1,00 m	
CARACTERÍSTICAS PILAR													
		HE 220 BC											
Soporte				Ancho del ala		bf		252,00 m		Altura entre acuerdos		d 152,00 m	
Tipo de acero		S275		Espesor ala		tf		16,00 m		Espesor del alma		tw 9,50 m	
Límite elástico del acero		fyk 27,5		N/c m2		Altura entre alas		hw 188,00 m		Área de cortante		Avz 27,92 2 cm	
Tensión de cálculo		fyd 26,2		N/c m2		Radio de acuerdo		r 18,00 m		Momento plástico resistido		Mpl Rd 216,60 mkN	
CARACTERÍSTICAS DEL PERNO													
Tornillo		M27		Capacidad a cortante por rosca		Fv,R d		183,6 N		Distancia al borde habitual		e 55 m	
Tipo de tornillo		10.9		Capacidad simplificada a corte o tracción		F*,R d		168,9 N		Distancia entre tornillos habitual		p 80 m	
Límite elástico del tornillo		fub 1000		N/m m2		Fuerza de pretensado EC3		Fp,C k		Distancia mínima al borde en dirección esfuerzo		e1 36 m	
Diámetro nominal		d 27		mm		Par de apriete EC3		Mt 1562		N. Distancia mínima entre tornillos dirección esfuerzo		p1 66 m	
Diámetro del taladro		d0 30		mm		Coeficiente de deslizamiento		μ μ = 0,4		Distancia mínima al borde perp. Esfuerzo		e2 45 m	
Área bruta		A 573		mm2		Resistencia a deslizamiento ELS		Fs,R k 116,8		N separación mínima perp. Esfuerzo EC3		p2 72 m	
Área resistente		As 459		mm2		Resistencia a deslizamiento ELU		Fs,R k 102,8		N Distancia a pared por utillaje		m 60 m	
Capacidad a tracción		Ft, Rd 330,5		kN									



CARACTERÍSTICAS DE LA PLACA											
Espesor placa	tp	30	mm	Diametro taladro	d	87	m	Diametro taladro dispuesto	d	90	mm
Tipo de acero		S275		Diametro arandela	da	147	m	Diametro arandela dispuesto	da	150	mm
Límite elástico del acero	fyk	27,5	N/cm2	Separación a borde	Sb	134	m	Separación a borde dispuesto	Sb	140	mm
Tensión de cálculo	fyd	26,2	N/cm2	Distancia a esquina de pilar	Sp	95	m	Distancia a esquina de pilar dispuesto	Sp	100	mm
DIMENSIONES DE LA PLACA											
ÁREA COBARICÉNTRICA											
Lado A (Alto)	La	700	mm	Canto de la zapata	h	1000	m	Área inferior	Ac1	400	mm2
Distancia entre tornillos (dirección A)	a	420	mm	Superficie a1	a1	1700	m	Tensión hormigón confinado	ordc onf	47,9	N/m2
Lado B (Ancho)	Lb	732	mm	Superficie b1	b1	1732	m	Axil resistido	Frd	5,9	kN
Distancia entre tornillos (dirección B)	b	452	mm	Área superior	Ac0	00	m2	Tensión hormigón unión	Fjd	32,0	N/m2
SOLDADURA											
Longitud cordón	l	252,0	mm	Espesor chapa máxima	tmax	30,00	m	Resistencia de la soldadura	Fw,Rd	943,4	kN
Espesor chapa mínima	tmin	16,00	mm	Garganta mínima	amin	7,25	m	Cortante solicitado	VjEd	140,7	kN
Garganta máxima	amax	11,2	mm	Garganta seleccionada	a	8,0	m			Cumple	
RESISTENCIA DEL T-STUB A COMPRESIÓN SIMPLE											
Dimensión C	C	49,6	mm	Área del alma (descontando zona alas)	A2	9653	m2	Axil resistido de cálculo	Nrd	2894	kN
Área de 1 ala	A1	4044	mm2	Área total	A	9053	m2	Axil solicitado	Ned	2601,9	kN
RESISTENCIA DEL T-STUB A FLEXIÓN											
PARÁMETROS BÁSICOS				PATRONES DE ROTURA				COMPROBACIÓN FUERZAS DE PALANCA			
Garganta soldadura	a	8,0	mm	Modos circulares	leff,c	566	m	Espesor de la chapa frontal	tp	30	mm
Tornillo - borde (horizontal)	e	140	mm	2II _{mx}		572	m	Espesor alma	tw	10	mm
Tornillo - borde (vertical)	ex	140	mm	II _{mx} + w		706	m	Longitud básica	Lb	40	mm
Tornillo-eje soldadura	mx	90,96	mm	II _{mx} + 2e		566	m	Fila 1	Lb*	301	mm
mínimo entre e, ex y 1,25 m	n	113,7	mm	Modos no circulares	leff,n	350	m	Se desarrollan fuerzas de palanca			
Ancho total	bp	700	mm	4mx + 1,25ex		539	m				
Ancho entre tornillos	w	420	mm	e + 2mx + 0,625ex		409	m				
				0,5bp		350	m				
				2mx + 0,5w + 0,625ex		479	m				
				Modo de fallo 1	leff1	350	m				
				Modo de fallo 2	leff2	350	m				
MODOS DE FALLO				COMPROBACIÓN COMPRESIÓN DEL ALA				COMPROBACIÓN DE LA SOLDADURA			
Momento producido por la fila	Mpl, Rd	58,9	mmkN/mm	Momento plástico pilar	Mpl, Rd	216,6	mkN	Longitud del cordón		252,0	mm
Modo de fallo 1	Ft1R	453,5	kN	Ancho total		0,252	m	Garganta seleccionada		8,0	mm
Modo de fallo 2	Ft2R	453,5	kN	Espesor del ala		0,016	m	Resistencia de la soldadura	Fw, Rd	943,5	kN
Modo de fallo 3	Ft3R	295,7	kN	Compresión del ala resistida	Fcfb, Rd	918	kN			Cumple	
Modo de fallo del T-Stub	FtRd	295,7	kN								
		Cumple									



RESISTENCIA DE LA CHAPA (RESUMEN)									
COMPRESIÓN PURA			FLEXIÓN PURA			FLEXIÓN COMPUESTA			
Área del ala superior	A1	404 mm	hper	252,0					
		41 2	Altura perfil	fil	0 mm	Altura área ala inferior	hinferior	115 mm	
Área del alma	A2	965 mm		C	49,6 mm	Bloque comprimido	X	26 mm	
		3 2	Dimensión C						
Área del ala inferior	A3	404 mm	Separación perfil-tornillo	Sp	100,0 mm	Zona libre para flexión	Y	89 mm	
Resistencia a compresión ala superior	Nrd	129		X	26,34 mm	Resistencia a compresión ala superior	Nrd1-3	997 kN	
Resistencia a compresión alma	Nrd	2	Bloque comprimido			Resistencia a compresión alma	Nrd2	309 kN	
		309 kN	Brazo de palanca	Z	388 mm				
Resistencia a compresión ala inferior	Nrd	129	Carga que genera modo de fallo	FtRd	295,7 kN	Resistencia a compresión total	Nrd	2302 kN	
		3 kN			mK				
Compresión máxima resistida	Nrd	289	Momento resistido	Mrd	114,8 n	Momento resistido	Mrd	114,8 N	
		4 kN							
OBTENCIÓN 3º PUNTO DEL GRÁFICO			CORTANTE			CORTANTE (considerando los tornillos)			
Resistencia media alma	Nrd	2'	Resistencia por rozamiento $F_{r,rd} = 0,20 N_{edmin}$			Resistencia 1º fila	F1vbrd	74 kN	
Resistencia ala sin zona comprimida	Nrd	3'			520,3	Resistencia 2º fila	F2vbrd	43 kN	
		997 kN	Resistencia	$F_{r,rd}$	8 kN				
Resistencia a compresión	Nrd	115	Cortante solicitado	$F_{r,e}$	140,7 kN	Factor α_{bc}	α_{bc}	0,29	
		1 kN		d	Cum		Fvbrd/pe		
Momento area alma	M2'	3,4 N			ple	Resistencia mínima	rno	43 kN	
		mk							
Momento area ala	M3'	88,6 N				Resistencia total	Fvbrd	171 kN	
		mk							
Momento resistido	Mrd	206,8 N						Cum	
		8 N						ple	

