

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).***

***DOCUMENTO 1- MEMORIA***

**Alumno/Alumna:** MATEO OLIVÁN, IÑAKI

**Director/Directora:** LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

**Curso:** 2017/2018

**Fecha:** 28/06/2018

## Índice memoria.

1. OBJETO DEL PROYECTO. ....	4
1.1. Promotor. ....	4
1.2. Autor del proyecto. ....	4
1.3. Objeto.....	4
1.4. Situación y emplazamiento. ....	5
1.5. Justificación del proyecto.....	7
1.5.1. Antecedentes.....	7
2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN TOMADA. ....	11
2.1. Justificación de la ubicación. ....	11
2.2. Solución constructiva. ....	12
2.3. Acceso:.....	13
2.4. Materiales:.....	14
3. DATOS INICIALES DE PARTIDA.....	16
3.1. Cartografía y topografía. ....	16
3.2. Geología y geotecnia.....	16
3.3. Climatología.....	16
3.4. Viabilidad útil del proyecto.....	16
3.5. Viabilidad económica del proyecto.....	16
4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA. ....	18
4.1. Descripción general.....	18
4.2. Dossier fotográfico. ....	19
4.3. Geología y geotecnia.....	19
4.3.1. Geología.....	19
4.3.2. Sismicidad. ....	20
4.3.3. Geotecnia. ....	20
4.4. Hidrología, climatología y drenaje.....	21
4.4.1. Climatología. ....	21
4.4.2. Hidrología y drenaje. ....	21
4.5. Demolición y movimiento de tierras.....	22
4.6. Accesibilidad y diseño geométrico. ....	22
4.6.1. Escaleras. ....	22
4.6.2. Rampas. ....	23
4.6.3. Tablero.....	24
4.6.4. Bancos. ....	24
4.6.5. Pasamanos. ....	25
3.7. Pasarela. ....	26

3.7.1. Tipología estructural. ....	26
3.7.2. Estructura final. ....	26
3.7.3. Cimentación. ....	29
3.8. Instalación eléctrica. ....	31
3.9. Obra de contención. ....	31
3.10. Mobiliario urbano y jardinería. ....	32
3.11. Servicios afectados. ....	32
3.12. Gestión de residuos. ....	32
3.13. Plan de control de calidad. ....	33
3.14. Estudio de impacto ambiental. ....	33
3.15. Plan de obra. ....	33
3.16. Declaración de obra completa. ....	34
3.16. Presupuesto para el conocimiento de la administración. ....	34
4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD. ....	35
5. PRESUPUESTO. ....	36
6. BIBLIOGRAFIA Y NORMATIVA UTILIZADA. ....	37
6.1. Páginas web consultadas. ....	37
6.2. Normativa empleada. ....	38
6.3. Software utilizado. ....	39
6.4. Organismos consultados. ....	39
7. CONCLUSIÓN. ....	40

## 1. OBJETO DEL PROYECTO.

### 1.1. Promotor.

En las siguientes páginas se presenta el proyecto “Proyecto constructivo de pasarela peatonal sobre la carretera comarcal LR-250, a su paso por Villamediana de Iregua (La Rioja)”, que se realiza por petición y encargo del Excelentísimo Ayuntamiento de Villamediana de Iregua.

### 1.2. Autor del proyecto.

Tiene como autor al estudiante del Grado de Ingeniería Civil Iñaki Mateo Olivan.

### 1.3. Objeto.

En el presente proyecto se define, de forma rigurosa y detallada, las obras necesarias para la ejecución de una pasarela peatonal sobre la carretera LR-250 a su paso por Villamediana de Iregua, La Rioja, entre los puntos kilométricos 4 y 5. Esto se recoge en los diferentes documentos que integran el presente proyecto, de acuerdo con la legislación vigente. Estos documentos son:

- Memoria y Anejos.
- Planos.
- Pliego de Prescripciones Técnicas.
- Presupuesto.
- Estudio de Seguridad y Salud.

Estos documentos son necesarios para definir de forma correcta las actuaciones necesarias que han de efectuarse, especificando además la metodología, materiales empleados en la construcción, unidades de obra, etc..., con el objetivo de conseguir el mejor resultado posible desde el punto de vista técnico, económico, medioambiental y social, tanto en la ejecución como en la conservación del mismo.

El objeto final de este proyecto es la mejora de las infraestructuras del municipio de Villamediana de Iregua, proporcionando una forma de paso al otro margen de la carretera LR-250 entre los kilómetros 4 y 5 de la misma. Esto supone un aspecto fundamental para facilitar el acceso a pie a las viviendas y al antiguo campo de futbol así como contribuir al embellecimiento del pueblo. De hecho, el campo de futbol del que se habla se encuentra abandonado debido a su difícil acceso.

Además de lo anteriormente mencionado proporcionaría al pueblo una nueva zona de crecimiento y construcción, tal y como viene reflejado en el plan general municipal y que más adelante se describe,

Se trata de conseguir un mejor acceso y más seguro a viandantes mediante un paso a nivel peatonal a través de la carretera LR-250. El paso será adaptado a personas discapacitadas y permitirá el acceso a un campo de futbol y a las viviendas cercas, así como a la amplia red de caminos de los que consta este margen, permitiendo una zona de paseo y de deporte para toda la familia. Además permitirá al pueblo de Villamediana de Iregua la expansión

por ese margen de la carretera, tal y como aparece en la memoria y normativa urbanística del plan parcial de suelo urbanizable SD3 que más tarde se describe.

#### 1.4. Situación y emplazamiento.

En el siguiente apartado se pretende ubicar el proyecto en los distintos marcos para dar una idea de general a particular de la situación.

En la figura 1 se puede observar la comunidad autónoma de La Rioja dentro de España, mientras que en la figura 2 se puede ver la población de Villamediana de Iregua dentro de La Rioja.



FIGURA 1: UBICACIÓN DE LA RIOJA EN ESPAÑA.



FIGURA 2: VILLAMEDIANA DE IREGUA EN LA RIOJA.

En cuanto a la figura 3, se observa el pueblo donde se va a ubicar el proyecto: Villamediana de Iregua. En dicha figura además se puede ver la frontera del pueblo con los distintos municipios colindantes.

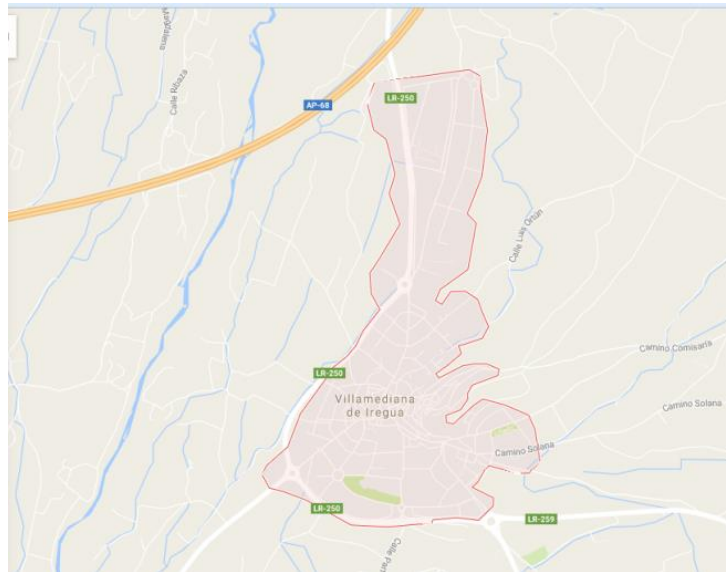


FIGURA 3: VILLAMEDIANA DE IREGUA.

Por último, se observa en la figura 4 la situación del proyecto dentro del propio pueblo. Este se sitúa entre la calle Gustavo Adolfo Bécquer y un descampado cercano, atravesando la anteriormente mencionada carretera comarcal LR-250.



FIGURA 4: SITUACIÓN DE LA PASARELA.

## 1.5. Justificación del proyecto.

### 1.5.1. Antecedentes.

En este apartado procedemos a explicar todo lo relacionado con el pueblo de Villamediana de Iregua, lugar donde procederemos a construir nuestro proyecto de pasarela.

#### ➤ Historia:

El origen de su nombre parece claramente latino, “Villa-Metrana”, Villamediana recibe este nombre por hallarse, según refiere el investigador José M<sup>a</sup> Ruiz Galarreta de una “villa intermedia” entre los poblados de Varea y Alberite por los que pasaba la calzada romana (Varea) que llevaba hasta Numancia (Soria). Villamediana de Iregua (río de agua) estaba habitada en época de los romanos, según lo atestiguan los restos de cerámica y enterramientos hallados en la zona. También existen indicios de que en la zona hubo un asentamiento templario en un cerro situado a la izquierda de la entrada a Villamediana desde Logroño.

Hablando de la historia del pueblo, no podemos olvidar el motivo principal de este proyecto: dar acceso al antiguo campo de fútbol 11 y por supuesto del club recreativo Villamediana. El Club Recreativo Villamediana fue fundado en el año 2005 ante la necesidad de crear un equipo de fútbol en el municipio de Villamediana. A lo largo de los años el club se ha ido especializando en fútbol base teniendo equipos desde escuelas de iniciación hasta fútbol femenino y juveniles. Esto crea una necesidad de un campo de fútbol 11 donde el club pueda realizar los partidos y los entrenamientos.

La zona donde se encuentra el campo de fútbol es una zona donde anteriormente se cultivaba cereal, al otro lado de la circunvalación. Por este motivo, se necesita una forma segura de atravesar esta carretera y el motivo de nuestro proyecto.

#### ➤ Demografía:

La población en Villamediana de Iregua ha sufrido un gran aumento a lo largo de los últimos años como se puede observar en la figura 5. En la figura 6 podemos observar la población de Villamediana en relación a su sexo. Se observa que aproximadamente hay un equilibrio entre la población, además de un gran porcentaje de la población joven. Esto hace idóneo nuestro proyecto, ya que el club recreativo Villamediana se centra en formar gente joven y además de ambos sexos, considerando muy importante el fútbol femenino.

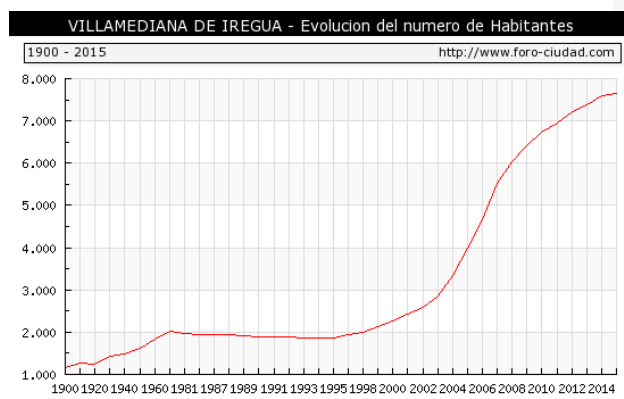


FIGURA 5: GRAFICO DE EVOLUCIÓN DEMOGRÁFICA.

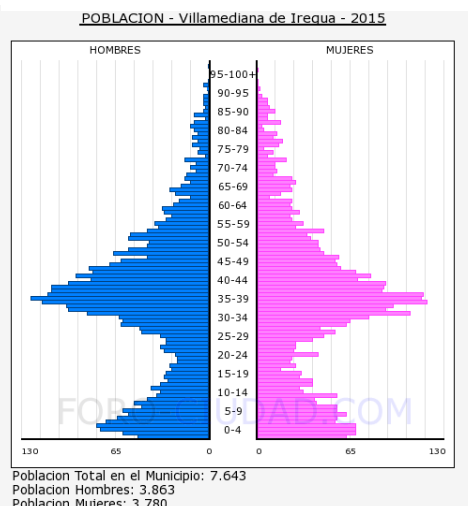


FIGURA 6: DIAGRAMA DE POBLACIÓN.

### ➤ Economía:

La economía de Villamediana de Iregua se basa principalmente en la agricultura y más concretamente del cultivo de la uva. Como la mayoría de los pueblos de La Rioja, Villamediana basa su sustento en el vino.

Observando los presupuestos generales de gastos de 2016 del ayuntamiento de Villamediana de Iregua, la bolsa económica para nueva obra es de 80.000 euros. Esta cantidad es insuficiente para nuestro proyecto, por lo que tendrá que ser ampliada por el gobierno de La Rioja una vez se haya realizado la propuesta. Para el reacondicionamiento de los caminos rurales que llegarían a nuestra infraestructura, el ayuntamiento dispone de una bolsa de 352.00 euros, cantidad más que suficiente para reacondicionar los caminos y más.

Lo anteriormente mencionado se especificará de una forma más concreta en el apartado de viabilidad económica.

### ➤ Estudios, trabajos previos y situación actual:

La zona de construcción se ubica en frente de unos bloques de edificios con un solar entre ellos siendo óptimo para guardar el material de construcción. En el otro margen hay algunos caminos sin asfaltar y algunas casas, sin contar el recinto del campo de futbol.

Anterior a esto, en la zona de construcción había campos de cultivo de rotación de trigo, cebada, avena y maíz.

La zona de construcción del proyecto se sitúa entre la carretera LR-250 y la calle Gustavo Adolfo Bécquer, en una zona ajardinada que las separa. En el otro margen, hay solares en desuso.

Actualmente, la parte de la pasarela que da al pueblo se encuentra con una zona ajardinada que hace de división entre la circunvalación y el pueblo.

La parte que da al campo de futbol se encuentra totalmente en desuso con vegetación salvaje.



➤ Plan general municipal.

Como se puede observar en la memoria y normativa urbanística de suelo urbanizable del sector SD3 obtenido de la página web del Ayuntamiento de Villamediana de Iregua, se pretende urbanizar la zona sur de Villamediana de Iregua con un total de 84 viviendas con una densidad prevista de 13 habitantes/hectárea. De este modo, el presente proyecto presenta una alternativa segura a la hora de acceder de forma peatonal a la zona.

Tal y como se describe en la ilustración 7, el sector a urbanizar está en la zona a la que actualmente es imposible acceder desde Villamediana de Iregua sin cruzar la carretera y sin presentar un peligro para las personas debido a la inexistencia de un paso de peatones o un paso a nivel como el del presente proyecto. Esto hace que la pasarela que se proyecta, gane aún más importancia dentro del ámbito de la utilidad y seguridad de cualquier peatón que pretenda acceder a dicha zona.

Finalmente, hay que mencionar las actuaciones que se llevarán a cabo en el sector mencionado, apareciendo en el documento anteriormente mencionado. Los usos del sector SD3 se recogen en la siguiente tabla:

TABLA USOS PLAN PARCIAL SD3		
USOS	SUPERFICIE	%
Zonas Verdes, Espacios Libres de Uso y Dominio Público	7.003,9m <sup>2</sup>	10,82%
Viales	10.943,7m <sup>2</sup>	16,91%
Dotacional Público	3.369,1m <sup>2</sup>	5,21%
Residencial Unifamiliar Aislado	43.389,9m <sup>2</sup>	67,06%
<b>TOTAL</b>	<b>64.706,7m<sup>2</sup></b>	<b>100,00%</b>

TABLA 1: USOS DE LA SUPERFICIE DEL SECTOR SD3.

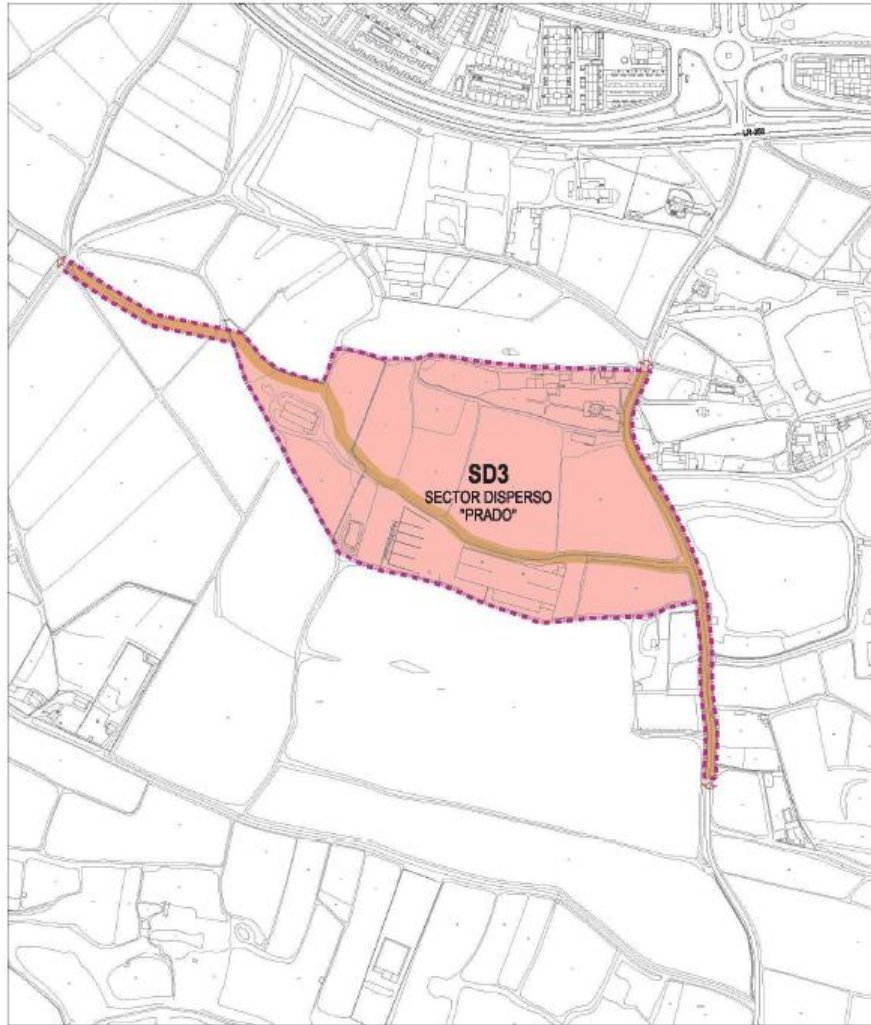


FIGURA 7: SECTOR A URBANIZAR.

## 2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS Y JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN TOMADA.

Las alternativas que vamos a exponer para la elaboración del proyecto van a ser la solución constructiva, accesibilidad a la pasarela y los materiales empleados en su construcción.

Para la elección de las distintas alternativas dentro de las distintas opciones, se va a aplicar el método de la suma ponderada.

Para aplicar el método de la suma ponderada debemos asignar unos valores a unos criterios. Cada una de las alternativas se valorará del 1 al 10 en base a cada uno de los criterios. Este valor para cada criterio se multiplicará por el valor dado anteriormente a cada criterio y se sumarán todos estos valores para cada alternativa. El criterio que tenga un mayor valor es el que elegiremos.

### 2.1. Justificación de la ubicación.

A continuación se describen los 3 posibles sitios de construcción del proyecto. Estos se pueden observar en la figura 8.

En la zona 1 se pueden encontrar las diferentes isletas que conforman una de las diferentes entradas al pueblo. La ubicación de la zona 1 se descartó debido a dos principales motivos, el primero es que la ubicación de la pasarela en una de estas isletas obligaría a realizar un paso de cebra para poder acceder a la misma, lo que implica entorpecer la circulación en una vía de incorporación a la carretera. El otro de los motivos es que es una zona más ancha, lo que conlleva un aumento importante del presupuesto y de los medios necesarios para su elaboración.

La zona 2, es la zona en la que justo se sitúa el inicio del campo de fútbol. Además existe un paso de cebra que permite cruzar la calle Gustavo Adolfo Bécquer, haciendo el acceso a la pasarela más seguro y la zona 2 como una opción a tener en cuenta.

La zona 3 es la zona en la que se sitúa la entrada a una carretera existente llamada camino de Villamediana. Esta zona se descarta debido a que para la realización, se debería de ocupar parte del terreno destinado al campo de fútbol, además de que la zona ajardinada existente entre la calle Gustavo Adolfo Bécquer y la carretera LR-250 es más estrecha que en la zona 2 y dificulta la construcción.

En base a lo anteriormente mencionado, se ha elegido la situación 2, ya que es la más adecuada para la construcción de una pasarela.



FIGURA 8: DISTINTAS ZONAS DE CONSTRUCCIÓN.

## 2.2. Solución constructiva.

En esta primera parte de la selección de alternativas se estudia la solución constructiva más adecuada para dar respuesta a las necesidades de paso.

Los criterios que se van a tener en cuenta para la elección de la solución constructiva son:

- Criterio económico: Costes de obra y de mantenimiento. 40%
- Criterio temporal: Tiempo de ejecución de obra y de paro de tráfico. 40%
- Criterio de seguridad: En una zona tan alejada de un núcleo urbano puede haber riesgo de delitos. 20%

Vamos a presentar dos soluciones:

### ➤ Solución 1: Pasarela.

En esta solución se propone hacer una obra de paso aérea. Es económicamente viable, no tenemos postes eléctricos ni ningún tipo de impedimento físico para su realización.

### ➤ Solución 2: Paso subterráneo

Aquí proponemos un paso subterráneo por debajo de la carretera. Además de suponer un gran coste económico debiendo de hacer un movimiento de tierras tan grande con una carretera encima, los pasos subterráneos suponen un foco de inseguridad. El procedimiento constructivo o es muy caro o es inviable por la demolición de la carretera.

A continuación se va a proceder a realizar el método de elección.

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>
<b>Económico</b>	40%	8	4
<b>Temporal</b>	40%	7	4
<b>Seguridad</b>	20%	8	4
<b>Suma ponderada</b>		7,6	4

TABLA 2: SUMA PONDERADA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA.

La elección que se toma en base al método elegido es la solución de una pasarela por encima de la carretera.

### 2.3. Acceso:

Se va a proceder a analizar las distintas soluciones en cuanto a la accesibilidad teniendo en cuenta el acceso a minusválidos y vehículos no motorizados, así como el acceso a peatones.

Los criterios que se van a tener en cuenta para la elección de la solución constructiva son:

- Criterio económico: Coste de la obra y coste de mantenimiento. 35%
- Criterio funcional: Valoración de la utilidad de cada alternativa. 30%
- Proceso constructivo: Se valora la viabilidad de la obra y su plazo. 20%
- Criterio estético: Integración del proyecto en el entorno y belleza visual. 15%

#### ➤ Alternativa 1: Escaleras y ascensor.

En la siguiente distribución se propone realizar los accesos mediante escaleras y ascensor. A nivel económico, el ascensor tiene un precio elevado, más los mantenimientos y revisiones. A nivel funcional, hay que tener en cuenta que el ascensor puede averiarse, por lo que las personas en silla de ruedas y bicicletas les será imposible o extremadamente difícil subir. También tener en cuenta que las escaleras permitirán subir a transeúntes cuando el ascensor este ocupado.

#### ➤ Alternativa 2: Escaleras y rampa.

En esta distribución se propone colocar una rampa para permitir el paso de vehículos con ruedas y personas discapacitadas y unas escaleras para el resto de personas.

A nivel económico es casi la solución más barata sin perder la comodidad de las escaleras. A nivel funcional, las personas que lo necesiten disponen de la rampa, a pesar de que para el cumplimiento de la norma esta deba tener una longitud relativamente larga.

#### ➤ Alternativa 3: Rampa y ascensor.

La siguiente distribución propone una rampa y un ascensor. A nivel económico, el ascensor supone un alto coste, además de la rampa que al ser tan larga necesita gran cantidad de materiales. A nivel funcional, los transeúntes deberán de acceder por la rampa en caso de estar en uso el ascensor, por lo que el recorrido es más largo. En contraposición tenemos que en caso de avería, las personas que lo necesiten podrán usar la rampa sin tener que hacer esfuerzos enormes o no poder acceder directamente.

➤ Alternativa 4: Solo rampa.

Esta alternativa evidentemente es la más económica, aunque también es la menos funcional debido a que solo hay un acceso a la pasarela y además de largo recorrido, sin dar una alternativa al resto de transeúntes.

En la siguiente tabla se aplican los criterios anteriores:

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>
<b>Económico</b>	35%	6	8	4	10
<b>Funcional</b>	30%	9	9	8	4
<b>Proceso constructivo</b>	20%	5	6	5	8
<b>Estético</b>	15%	9	8	8	7
<b>Suma ponderada</b>		7,25	7,75	6,0	7,35

TABLA 2: SUMA PONDERADA ACCESO.

De acuerdo al método elegido, la opción más recomendable es la alternativa 2: Rampa y escaleras.

## 2.4. Materiales:

A la hora de escoger el material para nuestra pasarela, tenemos varias posibilidades. Para ello analizaremos varios de ellos teniendo en cuenta que las cargas que deberá soportar serán mínimas.

➤ Alternativa de material 1: Madera.

Es un material económico y de rápida construcción pero presenta el problema de la durabilidad. Se deteriora con el paso del tiempo, por lo que tendrá unos gastos de mantenimiento altos.

➤ Alternativa de material 2: Hormigón estructural:

Las estructuras de hormigón están destinadas a soportar cargas elevadas. Debemos tener en cuenta que existen dos tipos de estructuras de hormigón: de hormigón pretensado y de hormigón armado. La diferencia está en la armadura, mientras que en el hormigón armado la armadura solo actúa cuando las cargas exteriores actúan sobre la estructura, en el hormigón pretensado la armadura es activa. Ambas opciones soportan grandes cargas.

➤ Alternativa de material 3: Acero estructural:

El acero como material estructural tiene una serie de ventajas sobre el resto de materiales. Es elástico, dúctil, moldeable y tiene una alta resistencia por unidad de peso. A pesar de todo esto, tiene una gran desventaja: su precio.

➤ Alternativa de material 4: Mixto. Hormigón y acero.

A la hora de hablar de las estructuras mixtas hay que tener claro que el hormigón y el acero no están mezclados, como en el caso del hormigón armado, sino que están conectados entre sí de manera que trabajan conjuntamente. Además, presenta todas

las ventajas del hormigón y del acero. En nuestro caso, si esta es la alternativa elegida, los pilares y el tablero serán de hormigón y la estructura de acero.

A continuación se va a proceder al análisis de alternativas mediante el método anteriormente explicado:

<b>Criterio</b>	<b>Valor</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b>Alternativa 3</b>	<b>Alternativa 4</b>
<b>Económico</b>	35%	6	7	6	6
<b>Funcional</b>	30%	6	5	7	7
<b>Proceso constructivo</b>	20%	7	4	10	8
<b>Estético</b>	15%	10	6	8	8
<b>Suma ponderada</b>		7,25	5,5	7,75	7,25

TABLA 3: SUMA PONDERADA MATERIALES.

Como se puede observar en la tabla anterior, la mejor opción es la alternativa 3: Acero estructural.

### 3. DATOS INICIALES DE PARTIDA.

A la hora de la realización del presente proyecto, los datos iniciales que se tienen son:

#### 3.1. Cartografía y topografía.

Los planos cartográficos se han obtenido de la página web Larioja.org perteneciente a la comunidad autónoma de La Rioja en el apartado de cartografía y en formato DWG.

#### 3.2. Geología y geotecnia.

A la hora de analizar la geología del terreno se ha empleado un estudio geológico realizado por la empresa Ensatec, situada en el municipio de Navarrete, en La Rioja y con el objetivo de realizar la obra de una biblioteca municipal en Villamediana de Iregua.

#### 3.3. Climatología.

Para el estudio de la climatología de la zona, se ha empleado la información suministrada por la estación climatológica del municipio de Logroño, la más cercana a Villamediana de Iregua. Los datos se pueden obtener de la página web Larioja.org en el apartado de agricultura y subapartado de información agroclimática.

#### 3.4. Viabilidad útil del proyecto.

El municipio de Villamediana de Iregua se encuentra a unos 6 kilómetros de la capital de La Rioja, Logroño. Por este motivo, Villamediana es un pueblo en expansión ya que, gran parte de la población de Logroño ha decidido venir a vivir a Villamediana por la cercanía y por el precio de las viviendas. Esto hace que la población actual de Villamediana haya experimentado un crecimiento desde aproximadamente el año 2000 y todavía continúe en la actualidad, tal y como se puede observar en la ilustración 5. Además, como podemos observar en la ilustración 6, la gran mayoría de la población está por debajo de los 65 años, deduciendo con este dato que la pasarela satisfará las necesidades de este sector de la población en cuanto a conexión entre zonas de recreo y esparcimiento, servicios públicos, etc...

#### 3.5. Viabilidad económica del proyecto.

Económicamente hablando, se puede afirmar que el ayuntamiento no dispone de los medios necesarios para afrontar el proyecto él solo. Esta conclusión se obtiene de los presupuestos del ejercicio de gastos del año 2016, en el cual se puede observar que el ayuntamiento dispone de una bolsa de 80.000€ para obra nueva y de 352.000€ para reacondicionamiento, tal y como se puede ver en la siguiente ilustración extraída de dichos presupuestos:



Clasificación			DENOMINACIÓN DE LAS APLICACIONES	Créditos Iniciales				
Econ.	Prog.	Org.		Aplicaciones	SubConceptos	Conceptos	Artículos	Capítulos
609	171		Mobiliario Urbano Parques	40.000,00				
609	412		Obras acondicionam. Caminos Rurales	40.000,00				
609			Otras inversiones nuevas en infraestructuras y bienes destin			80.000,00		
60			<b>Inversión nueva en infraestructuras y bienes destinados al u</b>				80.000,00	
61901	1532		urbanización 2ª fase C/ Luis Ortun	242.000,00				
61901	164		Acondicionamiento Cementerio	5.000,00				
61901	171		Reparación reposic. Parques y Zonas Verdes	12.000,00				
61901	321		Reparación reposición patios Colegio	3.000,00				
61901			<b>UNIDADES DE EJECUCION URBANISTICAS</b>		262.000,00			
61903	1532		Reparación reposic. vías públicas	90.000,00				
61903			<b>URBANIZACIÓN DE CALLES</b>		90.000,00			
619			Otras inversiones de reposición en infraestructuras y bienes			352.000,00		
61			<b>Inversiones de reposición en infraestructuras y bienes desti</b>				352.000,00	
622	321		Construcción Porche Colegio	7.000,00				
622	920		Construcción Almacén Municipal	200.000,00				
622			<b>Edificios y otras construcciones</b>			207.000,00		
625	312		Mobiliario y enseres Consultorio Médico	3.000,00				
625	321		Mobiliario y enseres Colegio	1.000,00				
625	3321		Mobiliario y enseres Biblioteca	1.000,00				
625	337		Mobiliario y enseres Ludoteca-Ciberteca	1.000,00				
625	342		Mobiliario y Equipamiento deportivo	3.000,00				
625	920		Mobiliario Casa Consistorial	6.000,00				
Suman los Créditos . . .				4.610.462,52	4.610.462,52	4.595.462,52	4.388.462,52	3.956.462,52

FIGURA 9: CUENTAS DEL AYUNTAMIENTO DE VILLAMEDIANA DE IREGUA.

A partir del razonamiento anterior, se llega a la conclusión de que el ayuntamiento de La Rioja deberá hacer frente o al menos aportar capital al proyecto para su elaboración, es decir, puede hacer frente a toda la obra o bien aportar capital al presupuesto del ayuntamiento de Villamediana para obra nueva, y entre los dos, subsanar la cantidad presupuestada.

En la siguiente tabla obtenida de los presupuestos generales de gastos del gobierno de La Rioja se observa que la bolsa destinada a obra nueva es de más de 5,3 millones de euros, cantidad más que suficiente para afrontar el coste del proyecto.

Capítulo	6	INVERSIONES REALES		55.579.039
Artículo	6	0	INVERSION NUEVA EN INFRAESTRUCTURA Y BIENES DESTINADOS AL USO GENERAL	5.375.448
Artículo	6	1	INVERSION DE REPOSIC. EN INFRAESTR. Y BIENES DESTINADOS AL USO GENERAL	12.339.666
Artículo	6	2	INVERSION NUEVA ASOCIADA AL FUNCIONAMIENTO OPERATIVO DE LOS SERVICIOS	9.886.279
Artículo	6	3	INVERSION DE REPOSICION ASOCIADA AL FUNCION. OPERAT. DE LOS SERVICIOS	8.702.333
Artículo	6	4	GASTOS DE INVERSIONES DE CARACTER INMATERIAL.	8.677.928
Artículo	6	5	GASTOS DE INVERSIONES EN PATRIMONIO HISTORICO	621.261
Artículo	6	6	INVERSIONES GESTIONADAS PARA OTROS ENTES	9.976.124

FIGURA 10: CUENTAS DEL GOBIERNO DE LA RIOJA.

## 4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA.

### 4.1. Descripción general.

Como se ha explicado anteriormente, debido a la necesidad existente de poder cruzar la carretera LR-255 de modo seguro, para los usuarios de las viviendas al otro lado de dicha carretera, la necesidad de una obra de paso debido al plan general municipal en el que se pretende realizar construcciones de viviendas y al abandono por no poder acceder al campo de fútbol municipal, se ha decidido proyectar una pasarela peatonal por encima de la ya mencionada carretera.

La obra de paso proyectada se construirá en acero. Esta decisión se ha tomado en base a la rapidez con la que el acero posee propiedades mecánicas excelentes y a su rápido montaje, lo que no exigirá el cierre de la carretera durante un tiempo prolongado.

El acceso a la pasarela se ha proyectado mediante rampas y escaleras. Esta solución se ha adoptado pensando en la accesibilidad de cualquier tipo de persona, sea cual sea su condición.

El galibo de la pasarela se ha diseñado de tal modo que cumpla la norma 3.1. IC de carreteras. Teniendo un galibo de 5,5 metros se garantiza que cualquier tipo de vehículo pueda pasar por debajo sin riesgo de colisión.

#### 7.3.7 ALTURA LIBRE .

La altura libre mínima bajo pasos superiores sobre cualquier punto de la plataforma de las carreteras será:

- En tramos interurbanos y periurbanos mayor o igual que cinco metros y treinta centímetros ( $\geq 5,30$  m).
- En tramos urbanos mayor o igual que cinco metros ( $\geq 5,00$  m).

La altura libre mínima bajo pasarelas, pórticos o banderolas, sobre cualquier punto de la plataforma, será mayor o igual que cinco metros y cincuenta centímetros ( $\geq 5,50$  m).

En túneles, soterramientos y cubrimientos la altura libre en cualquier punto de la plataforma y en las zonas accesibles a los vehículos será mayor o igual que cinco metros ( $\geq 5,00$  m). Sobre las aceras será suficiente una altura libre mayor o igual que dos metros ( $\geq 2,00$  m).

FIGURA 11: ALTURA LIBRE. NORMA 3.1. IC

El pavimento del proyecto consistirá en un suelo de hormigón impreso. Esta técnica consiste en grabar patrones en una capa de hormigón de alta resistencia. Presenta la ventaja de que, además de poder dibujar el patrón que se desee, es antideslizante, lo que proporciona seguridad necesaria para los usuarios en caso de lluvia.

Además de un suelo antideslizante, se ha dispuesto de un correcto drenaje para evitar bolsas de agua y los problemas que estas conllevan.

En cuanto a la barandilla de la pasarela, estarán compuestas por acero galvanizado. Se ha elegido este material debido a los altos índices de vandalismo de la zona, ya que una solución de cristal sería estropeada o pintada.

La pasarela y los accesos a esta, estarán dotados de la iluminación correspondiente para evitar zonas sin iluminación, evitando situaciones peligrosas para los usuarios.

Se han proyectado la colocación de quitamiedos a lo largo del recorrido de la pasarela para disminuir la peligrosidad dentro de la propia pasarela y el soterramiento de la acequia existente, de este modo se reduce el riesgo de caídas de viandantes y se puede adecuar una zona de paseo con zona verde y jardín.

#### 4.2. Dossier fotográfico.

En el anejo 1: Dossier fotográfico se incluyen varias fotografías de la zona de construcción del proyecto en las que se puede observar su situación actual.

#### 4.3. Geología y geotecnia.

##### 4.3.1. Geología.

El proyecto se sitúa en la zona centro-oriental de la depresión terciaria del Ebro. Esto implica que el material del que se compone el suelo tiene origen continental procedente de los relieves que la bordean.

En concreto, la zona de estudio está integrada por arcillas calcáreas rojas con intercalaciones de bancos de arenisca de espesor variable.

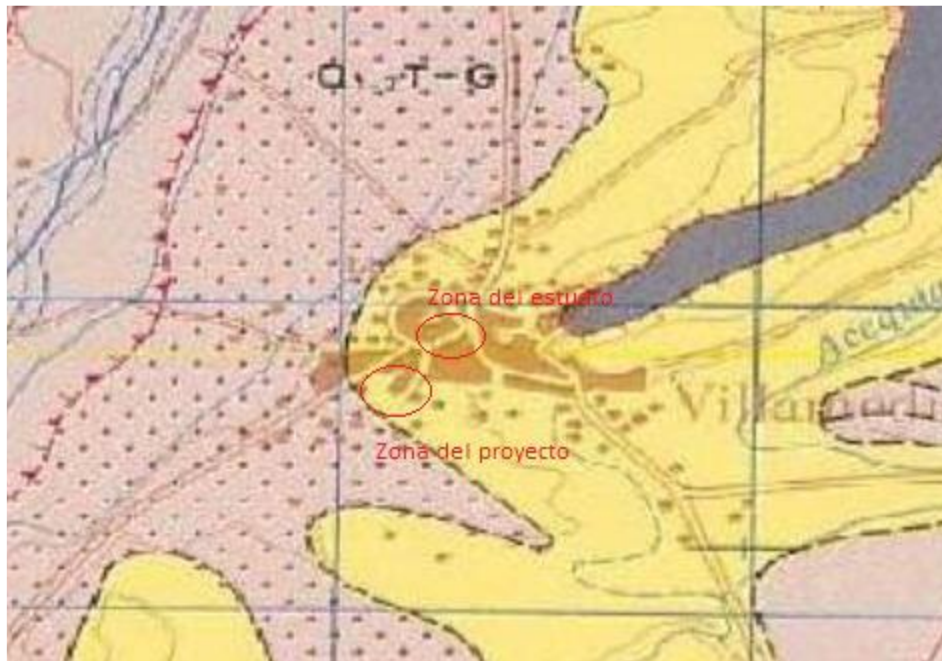
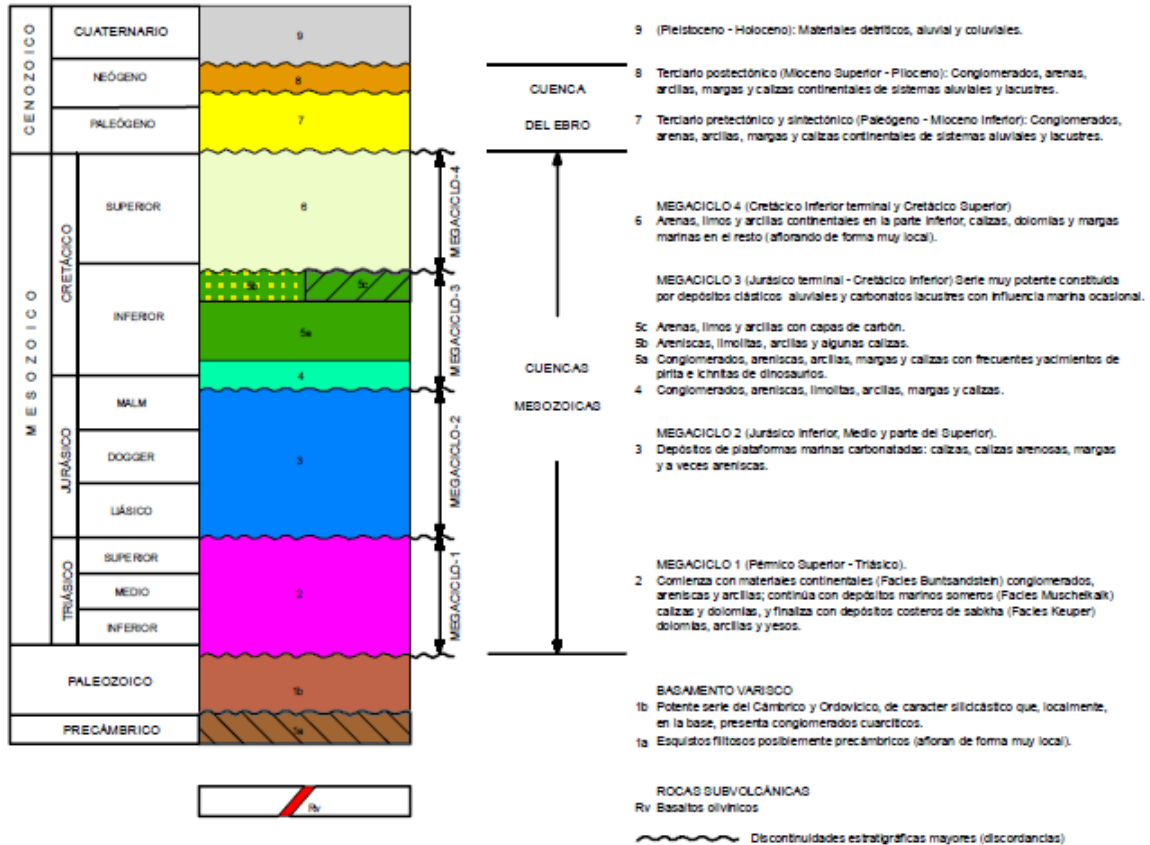


FIGURA 12: SITUACIÓN GEOLÓGICA DEL PROYECTO.



SIGNOS CONVENCIONALES

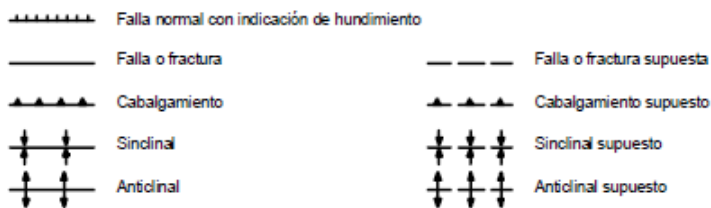


FIGURA 13: LEYENDA.

4.3.2. Sismicidad.

Tal y como se describe en el Anejo 2: geología y geotecnia, la situación del proyecto no es susceptible de sufrir acciones sísmicas, por lo que no se ha tenido en cuenta a la hora de elaborar la estructura metálica.

4.3.3. Geotecnia.

Para conocer las características del terreno, se han realizado dos ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH hasta rechazo y un sondeo mecánico a rotación con extracción de testigo.

El perfil litológico del suelo obtenido es el siguiente:

- 0,00 – 0,10 metros: Solera de hormigón.
- 0,10 – 6,60 metros: A continuación se observa una alternancia de argilitas calcáreas y limolitas de color rojo anaranjado. El cemento de las limolitas es poco coherente por lo que en contacto con el agua pierden cohesión. En principio el tramo inicial debería ser un tramo de alteración, pero resulta imposible diferenciarlos. Forman parte del sustrato terciario de la Fm. Alfaro.
- 6,60 – 9,00 metros: Finalmente identificamos un paquete compuesto por margas calcáreas de color marrón grisáceo también pertenecientes a la Fm. Alfaro. En los dos casos se trata de un sustrato competente formado por rocas blandas que presenta espesores en la zona de cientos de metros.

Además, durante la excavación no se encontró el nivel freático.

#### 4.4. Hidrología, climatología y drenaje.

##### 4.4.1. Climatología.

La zona del proyecto presenta un clima mediterráneo continental, caracterizado por tener unos inviernos fríos y largos y veranos cortos y cálidos, además de un fuerte contraste de temperatura entre noche y día.

La precipitación anual ronda entre los 300 y 400mm.

##### 4.4.2. Hidrología y drenaje.

Para realizar el cálculo del caudal a desaguar en la pasarela, se ha usado la normativa 5.2. IC de drenaje superficial, con el objetivo de evitar bolsas de agua dentro del trayecto de la pasarela y, con ello, aumentar la vida útil de la pasarela y evitar riesgos e incomodidad a los usuarios de la misma.

Para calcular el total de la cantidad de agua que se genera dentro de la pasarela y, a partir de ese dato calcular el tamaño de los elementos de drenaje que se dispondrán en la pasarela, se ha usado el método racional. Con este método calculamos el caudal máximo que puede producirse en una superficie.

A partir de estos datos se han elegido los canales adecuados para la recogida total del agua de la pasarela.

También se ha calculado el diámetro de la bajante, que es necesario para la total evacuación del agua.

Finalmente, el agua total recogida por el sistema de drenaje será evacuada directamente sobre la zona ajardinada ya que el volumen total de agua a desaguar no es muy grande.

Todos estos datos y cálculos pueden observarse en el Anejo 3: climatología, hidrología y drenaje.

#### 4.5. Demolición y movimiento de tierras.

La única demolición que se va a realizar es la de una farola que se sitúa en el lugar donde se pretende realizar la obra de paso. Esta se retirará con cuidado para poder ser reutilizada posteriormente.

En cuanto a los movimientos de tierras, una vez calculado el total de la tierra extraída para las cimentaciones y la necesaria para el relleno del soterramiento de la acequia existente y para la realización de la zona verde, dan como resultado:

**Movimiento de tierras**

	Cimentación		Soterramiento acequia		Zonas verdes	
	Tierra normal (m <sup>3</sup> )	Tierra orgánica (m <sup>3</sup> )	Tierra normal (m <sup>3</sup> )	Tierra orgánica (m <sup>3</sup> )	Tierra normal (m <sup>3</sup> )	Tierra orgánica (m <sup>3</sup> )
<b>Relleno</b>	-	-	460	-	-	208
<b>Excavación</b>	133	20,9	-	65,55	-	-

TABLA 4: MOVIMIENTOS DE TIERRAS.

Por lo tanto, se necesitarán 327 m<sup>3</sup> de tierra normal y 121,6 m<sup>3</sup> de tierra orgánica para la realización de las labores de adecuación del terreno y de jardinería.

#### 4.6. Accesibilidad y diseño geométrico.

Para la realización de este apartado se van a definir las diferentes geometrías de las partes de la obra de paso, tales como tablero, escaleras, rampas, etc...

Para el diseño y dimensionamiento de estas partes, se ha usado la normativa de La Rioja, el Decreto 19/2000, de 28 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Accesibilidad en relación con las Barreras Urbanísticas y Arquitectónicas, en desarrollo parcial de la ley 5/1994, de 19 de julio. Además, también se ha usado, a modo de apoyo, la Normativa de Pasarelas Peatonales expedida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

A continuación, se muestran las diferentes normas para las diferentes partes de la pasarela, así como la solución que se ha adoptado:

##### 4.6.1. Escaleras.

Según la norma, las escaleras deben cumplir, para considerarse aptas, con:

- 1.-El ancho útil de paso es mayor de 1,20 metros.
- 2.-La relación huella /tabica cumple con la regla de comodidad. No admitiéndose tabicas mayores a 18,5 cm ni huellas menores de 28 cm.
- 3.-No sobrepasan los 10 peldaños en cada tramo, estableciéndose en su caso, descansillos de 1,20 metros mínimos en línea con la directriz.
- 4.-Tiene pasamanos a ambos lados de 5 cm de diámetro situados a 95 / 105 cm del suelo, separados del paramento vertical un mínimo de 5 cm y se prolongan al arranque y al final de cada tramo unos 40 o 50 cm. y los anclajes permitirán el deslizamiento continuo de la mano sobre ellos.
- 5.-El acabado superficial es tal que impide el deslizamiento tanto en seco como con el material mojado.

6.-El material de cobertura de huellas y descansillos es duro, bien asentado y recibido sobre la base, sin piezas sueltas, cejas ni resaltes distintos a los del grabado propio del material.

7.-Dispone de una iluminación suficiente exenta de deslumbramientos y de zonas oscuras y de una intensidad lumínica, a nivel del suelo, de 150 lux.

8.-En todo itinerario adaptado, si existe una escalera, debe existir una rampa adaptada o un ascensor adaptado, como solución alternativa.

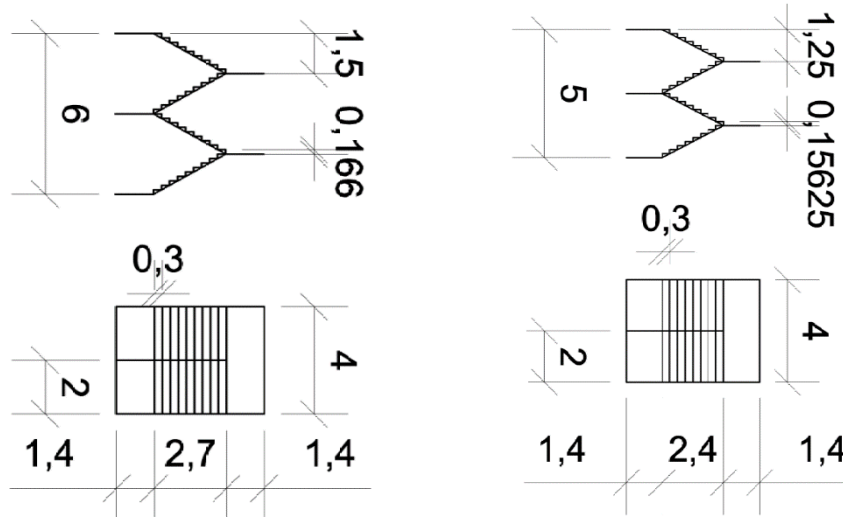


FIGURA 14: DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS ESCALERAS.

#### 4.6.2. Rampas.

Al igual que con las escaleras, para que las rampas se consideren adaptadas, deben cumplir con:

1.-La longitud y su pendiente serán:

Longitud	Pendiente máxima
Más de 15 metros	3 %
Entre 10 y 15 metros	6 %
Entre 3 y 10 metros	8 %
Menos de 3 metros	10 %

2.-Anchura mínima libre de obstáculos 1,50 metros y de directriz recta o curva muy ligera.

3.-Barandillas de protección a ambos lados con pasamanos doble continuos situados a 60/75 cm y 95/105 cm respectivamente de suelo.

Estos pasamanos están separados como mínimo 5 cm de los paramentos verticales, tendrán un diseño anatómico que permita adaptar la mano. Su sección será funcionalmente equivalente a un tubo redondo de 5 cm de diámetro.

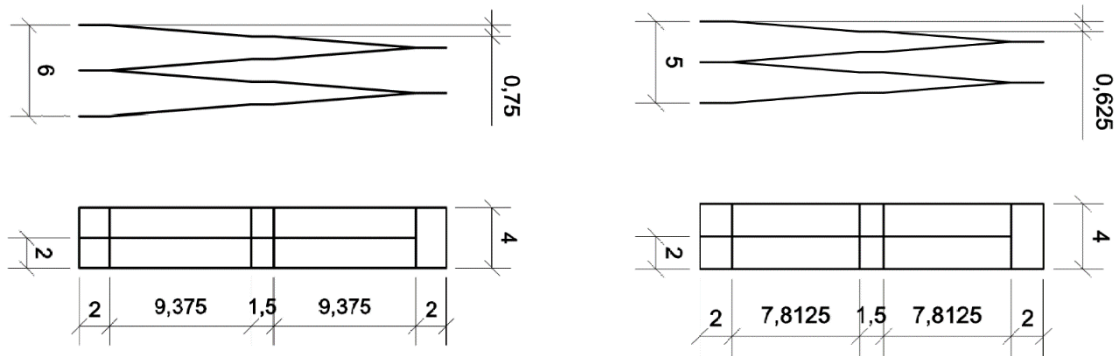


FIGURA 15: DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS RAMPAS.

#### 4.6.3. Tablero.

Un tablero, para que sea accesible, debe cumplir:

- 1.-Un puente o pasarela de 1,80 metros mínimo de ancho, que sirve de nexo a los dos laterales de una vía pública de tránsito rápido o medio o una autopista, autovía, etc. Tanto el acceso a la pasarela, como la salida, se efectúa mediante rampas y escaleras (mejor ambas soluciones conjuntamente) situadas en los extremos del puente o pasarela.
- 2.-Tanto la pasarela como las rampas y escaleras que constituyen el paso elevado son adaptadas.

#### 4.6.4. Bancos.

En el proyecto, también se han dispuesto bancos a lo largo de un camino que se ha proyectado y que conecta la pasarela. Estos bancos deben cumplir que:

Se recomienda que tengan respaldos y apoyabrazos. Se consideran adaptados cuando cumplan las condiciones siguientes:

No invadan la zona libre de circulación de los itinerarios y/o aceras; estarán ubicados a lo largo de paseos y sendas, fuera de ellos, incluso sobre el césped y próximos a los accesos y zonas de recreo.

A un lado del banco existirá un espacio mínimo de 0,80 metros.

Tendrán las siguientes dimensiones (Recomendables):

- |                        |  |
|------------------------|--|
| - Altura del asiento   | 40/45 cm. del suelo  |
| - Altura de los brazos | 70/75 cm. del suelo  |
| - Fondo del asiento    | 45/60 cm con pendiente ligera hacia la parte posterior.                                |
| - Respaldo             | 45/60 cm de ancho ligeramente inclinado hacia atrás con respecto al plano del asiento. |



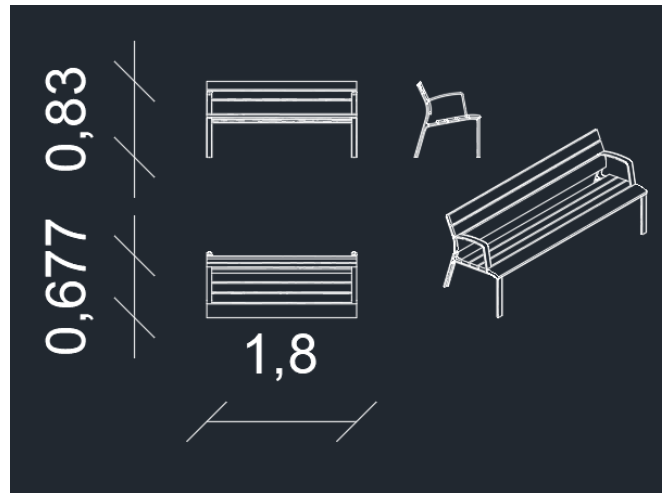


FIGURA 16: DISEÑO GEOMÉTRICO DE LOS BANCOS.

#### 4.6.5. Pasamanos.

Los pasamanos serán los mismos que se exigen para las rampas:

Barandillas de protección a ambos lados con pasamanos doble continuos situados a 60/75 cm y 95/105 cm respectivamente de suelo.

Estos pasamanos están separados como mínimo 5 cm de los paramentos verticales, tendrán un diseño anatómico que permita adaptar la mano. Su sección será funcionalmente equivalente a un tubo redondo de 5 cm de diámetro.

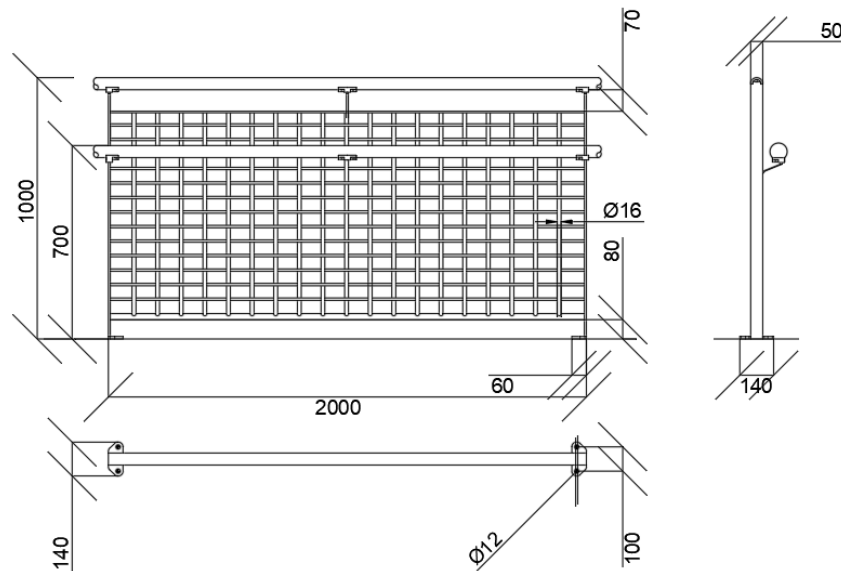


FIGURA 17: DISEÑO GEOMÉTRICO DEL PASAMANOS.

### 3.7. Pasarela.

Para la realización de las diferentes partes de la estructura, se han usado las siguientes normativas:

- Instrucción sobre las Acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera (IAP-11).
- Instrucción de Acero Estructural (EAE 11).
- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE 08).
- Manual de aplicación de las recomendaciones RPM-RPX/95.

#### 3.7.1. Tipología estructural.

En función de las características que se requieren en el proyecto, el tipo de puente elegido es un puente tipo viga, ya que la luz no es muy elevada y las condiciones y cargas que se requieren no son excesivamente grandes. Además, es el tipo de puente recomendado para una pasarela peatonal sobre carretera.

Para la realización la obra en general, se ha decidido usar perfiles de la gama HE debido a la anchura de las alas, teniendo los dos momentos de inercia equilibrados y teniendo una carga crítica bastante superior a la de los perfiles IPE o IPN. Dentro de la serie HE se han elegido la serie pesada HEM debido a que estos son los perfiles más gruesos y resistentes de toda la serie HE, permitiendo realizar grandes luces con perfiles de grosor reducido.

#### 3.7.2. Estructura final.

Para la realización de la estructura final se ha usado el Software CYPE 3D. Para ello se ha realizado el cálculo manual de las cargas y se han introducido en el programa. Además, para la resolución de las distintas uniones que el propio programa CYPE no era capaz de resolver se ha usado el programa de la misma compañía CYPE Connect. Finalmente, para la resolución de las uniones que no se han podido resolver mediante software informático se ha recurrido a su realización a mano.

Una vez realizado el análisis de la estructura, la estructura elegida ha sido:

- Tablero:

El tablero debe salvar una longitud de 22,6 metros, con una altura de 6 metros respecto de la carretera. Para ello, se han usado los siguientes perfiles:

Zona	Tipo de perfil	Unidades	Longitud total (m)
<b>Pilares</b>	HEM 260	4	22
<b>Vigas principales</b>	HEM 300	2	45
<b>Vigas intermedias perpendiculares</b>	HEM 120	8	16
<b>Vigas intermedias de los extremos</b>	HEM 180	2	4

TABLA 5: PERFILES USADOS EN EL TABLERO.

Los perfiles tendrán encima un forjado mixto con chapa colaborante. Este tipo de forjado, en el que el hormigón se vierte sobre un perfil de chapa grecada que sirve a su vez de encofrado para el propio hormigón y de armadura de momentos positivos. El hormigón lleva un mallazo antifisuración. Además es especialmente útil para su colocación sobre estructura metálica.

Para su colocación, se unirá la chapa grecada a los distintos perfiles de acero mediante tornillos. Una vez fijado, garantizando solapes y la ausencia de huecos se vierte el hormigón encima colocando el mallazo. Finalmente, como se pretende realizar un suelo de hormigón impreso, se coloca la forma que se desee en el suelo de acuerdo a un molde.

Para la protección de los perfiles metálicos, se realizará un pintado cada 2 años. Para ello se deben seguir los siguientes pasos:

#### **Preparación previa de la superficie.**

Cualquiera sea la protección superficial contra la corrosión, no cumplirá su cometido si la preparación superficial no se hace correctamente y de acuerdo al sistema empleado.

Antes de pintar, debe darse sobre las superficies un chorro de arena al grado 2 y 1/2, este grado corresponde a especificaciones de la Norma Internacional ISO 8501.

#### **Procedimiento de pintura por capas.**

La protección usualmente empleada en España, con un espesor total entre 150 y 200 micras, es la que se realiza en dos capas:

- Capa de esmalte sintético, para preparar la superficie a la pintura plástica a modo de imprimación.
- Capa de pintura plástica de color blanco.

Se instalarán barandillas en todos los bordes dejando huecos para el acceso por escaleras y rampa.

- Rampas.

La inclinación de ambos lados de las rampas es de un 8%, lo máximo que permite la normativa de accesibilidad de La Rioja para una longitud máxima de 10 metros.

Todas las rampas estarán compuestas por un tramo en rampa, un descansillo corto de 1,5 metros, otro tramo en rampa, y un descansillo de 2 metros de ancho y 4 de largo con el que se consigue volver al mismo sitio de modo que la rampa en total no quede excesivamente larga.

Para el lado de la calle Gustavo Adolfo Bécquer, la longitud de las mencionadas rampas es de 7,8125 metros en planta, mientras que para el lado del campo de fútbol, la longitud de las rampas es de 9,375 metros. Esto es debido al desnivel existente entre ambos lados.

Los perfiles usados para la elaboración de las rampas son:

Zona	Tipo de perfil	Unidades	Longitud total (m)
<b>Pilares intermedios centrales</b>	HEM 220 doble en cajón	2	9,625
<b>Pilares centrales exteriores</b>	HEM 220	4	16,5
<b>Pilares extremos</b>	HEM 200	4	16,5
<b>Rampas Bajas</b>	HEM 180	16	125,4
<b>Rampas altas</b>	HEM 180	16	150,5
<b>Vigas perpendiculares rampas</b>	HEB 140	32	64
<b>Descansillos largos</b>	HEB 180	48	96
<b>Descansillos cortos</b>	HEB 180	30	52
<b>Descansillo con cartela</b>	HEB 180 con cartelas	2	4

TABLA 6: PERFILES USADOS EN LAS RAMPAS.

Al igual que el tablero, las rampas llevarán el mismo forjado mixto colocado del mismo modo encima. Además de la misma protección mediante pintura plástica y barandillas a los lados.

- Escaleras.

Las escaleras están compuestas de 4 tramos con un descansillo de 2 metros de ancho al final de cada tramo.

Para el lado de la calle Gustavo Adolfo Bécquer, cada tramo consta de 9 escaleras con una huella de 30 cm y una contrahuella de 16,66 cm cada una de estas escaleras, mientras que para el tramo del campo de fútbol, cada tramo consta de 8 escaleras con una huella de 30 cm y una contrahuella de 15,625 cm.

Los distintos perfiles que conforman la estructura de las escaleras son:

Zona	Tipo de perfil	Unidades	Longitud total (m)
<b>Pilares</b>	HEM 180	4	16,5
<b>Descansillo</b>	HEM 180	36	82,8
<b>Rampa larga</b>	HEM 180	8	24,7
<b>Rampa corta</b>	HEM 180	8	21,7

TABLA 7: PERFILES USADOS EN LAS ESCALERAS.

Para los descansillos, se ha escogido el mismo forjado mixto de chapa colaborante usado tanto en tablero como en rampas.

Para la estructura de las propias escaleras, se ha escogido encofrar con hormigón en masa las escaleras y colocar encima unos peldaños de hormigón prefabricado, de modo que quede mucho más limpio y seguro su acabado.

Finalmente, la protección de los perfiles es la misma que en los casos anteriores y también se colocará una barandilla en todo el perímetro de estas.

### 3.7.3. Cimentación.

Para la realización de la cimentación, al igual que la estructura metálica, se ha usado el programa CYPE 3D.

La cimentación de cada uno de los lados se compone por una losa de cimentación que recoge los pilares del tablero y de las escaleras, así como los remates finales de rampas y escaleras, una zapata combinada con dos pilares unido a otra zapata mediante una viga de atado que recogen los pilares centrales de las rampas y dos zapatas unidas mediante viga de atado que sirven de cimentación para los pilares extremos de las rampas.

La geometría de estas cimentaciones es:

#### Losa calle Gustavo Adolfo Bécquer:

Geometría	Armado
<b>Losa de cimentación</b> <b>Ancho: 490</b> <b>Largo: 1035</b> <b>Canto: 130</b>	Sup: Xi:Ø20c/24 Sup: Yi:Ø20c/24 Inf: Xs:Ø20c/24 Inf: Ys:Ø20c/24

TABLA 8: GEOMETRÍA DE LOSA I.

#### Cimentación de los pilares intermedios de las rampas de la calle Gustavo Adolfo Bécquer:

Geometría	Armado
<b>Zapata grande</b> <b>Ancho: 115</b> <b>Largo: 290</b> <b>Canto: 65</b>	Sup: Xi: Xi:Ø12c/17 Sup: Yi:Ø12c/17 Inf: Xs:Ø12c/17 Inf: Ys:Ø12c/17
<b>Zapata pequeña</b> <b>Ancho: 85</b> <b>Largo: 85</b> <b>Canto: 40</b>	Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28
<b>Viga de atado</b> <b>Ancho: 40</b> <b>Largo: 110</b> <b>Canto: 40</b>	Sup: 2Ø12 Inf: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

TABLA 9: GEOMETRÍA ZAPATAS DE LOS PILARES INTERMEDIOS I.

### Cimentación de los pilares extremos de las rampas de la calle Gustavo Adolfo Bécquer:

Geometría	Armado
Zapatas Ancho: 85 Largo: 85 Canto: 40	Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28
Viga de atado Ancho: 40 Largo: 315 Canto: 40	Sup: 2Ø12 Inf: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

TABLA 10: GEOMETRÍA ZAPATAS DE LOS PILARES EXTREMOS I.

### Losa campo de futbol:

Geometría	Armado
Losa de cimentación Ancho: 490 Largo: 1005 Canto: 125	Sup: Xi:Ø16c/16 Sup: Yi:Ø16c/16 Inf: Xs:Ø16c/16 Inf: Ys:Ø16c/16

TABLA 11: GEOMETRÍA DE LOSA I.

### Cimentación de los pilares intermedios de las rampas del campo de futbol:

Geometría	Armado
Zapata grande Ancho: 110 Largo: 290 Canto: 105	Sup: Xi: Xi:Ø16c/19 Sup: Yi:Ø16c/19 Inf: Xs:Ø16c/19 Inf: Ys:Ø16c/19
Zapata pequeña Ancho: 85 Largo: 85 Canto: 40	Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28
Viga de atado Ancho: 40 Largo: 110 Canto: 40	Sup: 2Ø12 Inf: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

TABLA 12: GEOMETRÍA ZAPATAS DE LOS PILARES INTERMEDIOS I.

### Cimentación de los pilares extremos de las rampas del campo de futbol:

Geometría	Armado
Zapatas Ancho: 85 Largo: 85 Canto: 40	Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22
Viga de atado Ancho: 40 Largo: 315 Canto: 40	Sup: 2Ø12 Inf: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

TABLA 13: GEOMETRÍA ZAPATAS DE LOS PILARES EXTREMOS I.

### 3.8. Instalación eléctrica.

Para el dimensionamiento de la instalación, se ha empleado las siguientes normas:

- Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación Alumbrado Público (G.T.E.E.I.A.P.)
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. (R.E.E.I.A.E.)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión 2002. (R.E.B.T.)
- Instrucciones Técnicas de Baja Tensión ITC-BT.
- Clasificación de vías y niveles de iluminación.

Para la realización de la iluminación de la pasarela se ha usado el programa DIALUX, gracias al cual se han realizado todos los cálculos en cuanto a la instalación de luminarias dentro de la pasarela.

A continuación se presenta una tabla con los resultados:

Zona	Luminaria	Nº luminarias	Potencia total
<b>Tablero</b>	BOB 18	18	267W
<b>Rampas</b>	BOB 18	128	1894,4W
<b>Escaleras</b>	BOB 18	18	267W
	STO259 led	128	985,6W

*TABLA 11: LUMINARIAS DE LA PASARELA.*

Se ha realizado el dimensionamiento de las conducciones de los distintos tramos de modo que las pérdidas de tensión no fueran mayores al 3 %. Las secciones a adoptar son de 6mm<sup>2</sup>. Todos los conductores serán de cobre.

### 3.9. Obra de contención.

Dado que se tiene una velocidad de proyecto mayor a 60 km/h y una curva con un radio mayor a 1500 metros con un terraplén menor a 5:1, se ha decidido la instalación de una barrera de seguridad o quitamiedos en la zona en la que puede originarse un accidente contra el proyecto.

Sabiendo de la existencia de obra de contención en ambos lados, en el lado del campo de fútbol la obra existente cubre la zona necesaria, pero la zona de la calle Gustavo Adolfo Bécquer no, por lo que se propone una ampliación de este quitamiedos hasta cubrir toda la obra de paso y extenderla hasta 100 metros más.

Además, en función de la clase y nivel de contención necesario, al ancho de trabajo y al índice de severidad se ha escogido la barrera metálica simple BMSRA4/C.

### 3.10. Mobiliario urbano y jardinería.

El mobiliario urbano elegido para el proyecto ha sido 4 bancos tipo Lassure a lo largo del camino que se pretende realizar a modo de conexión de la pasarela.

En cuanto a la jardinería, se pretende realizar una hidrosiembra alrededor, tal y como indica el correspondiente plano, y añadir varias plantas de lavanda en el perímetro de la pasarela, en total 91.

### 3.11. Servicios afectados.

Para la comprobación de la afección a servicios afectados se han comprobado los planos suministrados por el excelentísimo Ayuntamiento de Villamediana de Iregua. Dichos planos son:

- Saneamiento.
- Abastecimiento.
- Red eléctrica.
- Iluminación urbana.
- Red de Telefonía.
- Red de internet.
- Sistemas de riego.

Además se ha realizado una inspección visual de la zona en busca de arquetas de gas.

Con todos los planos y la inspección visual, se ha llegado a la conclusión de que el único impedimento que se tiene a la hora de elaborar el proyecto es el sistema de riego existente para la zona ajardinada de la Calle Gustavo Adolfo Bécquer, por lo que antes de empezar la construcción del proyecto, se deberá de cortar este riego y realizar una modificación en las conducciones existentes al finalizar la obra.

### 3.12. Gestión de residuos.

Para la realización del estudio de gestión de residuos se ha seguido lo establecido en el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero por el que se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición (B.O.E. 13/02/2008).

Se ha realizado una estimación de los residuos generados en la obra y de los materiales que componen estos residuos para su posterior separación.

Finalmente se ha realizado una estimación económica del coste total de la gestión de los residuos generados en la obra del proyecto en la que se incluye su segregación, transporte y entrega.



### 3.13. Plan de control de calidad.

El objetivo de este apartado es dar cumplimiento a lo establecido en el RD 314/2006, de 17 de marzo por el que se aprueba el CTE.

El control de calidad de las obras incluye:

- El control de recepción de productos.
- El control de la ejecución.
- El control de la obra terminada.

Para ello:

El director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones.

Los materiales y elementos constructivos que serán sometidos a control de calidad se agrupan en los siguientes apartados:

- Hormigón armado
- Cementos
- Cimentación y estructuras
- Red de drenaje
- Instalaciones eléctricas

### 3.14. Estudio de impacto ambiental.

El apartado de impacto y recuperación ambiental tiene como objetivo proponer y concretar las medidas protectoras y correctoras de los impactos ambientales, así como la integración ecológica y paisajística de las actuaciones propuestas.

La realización de este estudio no se ha visto necesaria debido a que la estructura proyectada no afectará de forma directa elementos de la fauna o flora de la zona. Aun así, si se obliga a realizar los trabajos de forma respetuosa con el Medio Ambiente en lo que a gestión de residuos se refiere, creación de ruido, etc.

En el Anejo de Estudio de Impacto y Recuperación Ambiental se detallan los motivos por los cuales el Impacto Ambiental en el presente proyecto no carga tanto protagonismo como lo puede hacer en otro tipo de proyectos.

### 3.15. Plan de obra.

Para la realización del plan de obra se ha dividido la obra en varias tareas, que a su vez se han dividido en subtareas y se les ha dado una estimación temporal.

Los apartados principales en los que se ha dividido la realización del proyecto son:

- Implantación en obra y trabajos previos
- Demolición
- Soterramiento de la acequia
- Cimentación
- Estructura metálica
- Pavimentación y escaleras
- Instalación eléctrica

- Drenaje
- Pintado de la estructura metálica
- Colocación de los elementos de contención
- Zona verde
- Instalación de barandillas
- Colocación de bancos
- Prueba de carga
- Limpieza y adecuación
- Gestión de residuos
- Seguridad y salud

Hay diferentes tareas que no se podrán empezar hasta acabar otras, como por ejemplo la estructura metálica no se puede empezar hasta que no se termine la cimentación.

### 3.16. Declaración de obra completa.

Las obras definidas en el Proyecto cumplen los requisitos exigidos en la Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.

En cumplimiento del artículo 86 de la Ley se manifiesta que el presente Proyecto comprende una obra completa en el sentido exigido en el Artículo 86.2 de la citada Ley, ya que comprende todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de las obras, siendo susceptibles de ser entregadas al uso público, sin interrumpir ningún servicio que afecte a terceros.

Considerando que el presente proyecto ha sido redactado de acuerdo con las Normas Técnicas y Administrativas en vigor, y que con los documentos que integran este Proyecto se encuentran suficientemente detallados todos y cada uno de sus elementos necesarios, se somete a la consideración de la Administración.

### 3.16. Presupuesto para el conocimiento de la administración.

El presupuesto para el conocimiento de la administración se resume del siguiente modo:

<b>Presupuesto de ejecución material</b>	<b>396.153,22€</b>
<b>Presupuesto base de licitación</b>	<b>471.422,35€</b>
<b>Presupuesto para el conocimiento de la administración</b>	<b>570.420,96€</b>

TABLA 12: PRESUPUESTOS.

El presupuesto total para el conocimiento de la administración asciende a la mencionada cantidad de Quinientos Setenta mil Cuatrocientos Veinte euros con Noventa y Seis céntimos (570.420,96€).

## 4. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, dispone la obligatoriedad del estudio de seguridad y salud o del estudio básico de seguridad y salud en las obras en función del presupuesto total al que ascienda el presupuesto o la duración de la obra.

El promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.759,08€.
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos previstos en el apartado anterior, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio básico de seguridad y salud.

Debido a que en el presente proyecto se cumple la primera condición se ha desarrollado el Estudio de Seguridad y Salud, correspondiente al Documento nº 5, incluido en el presente proyecto.

En él se reflejan todos los riesgos laborales que se pueden producir en cada uno de los trabajos, así como las medidas correctoras y preventivas a implantar.

El presupuesto de ejecución material para el capítulo de Seguridad y Salud es de 13.749,45€ siendo un 3,6% del total del presupuesto de las obras.

## 5. PRESUPUESTO.

El presupuesto de ejecución por contrata del proyecto es:

<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>396,153.18€</b>
13.00% Gastos generales .....	51,499.91€
6.00% Beneficio industrial .....	23,769.19€
SUMA DE G.G. y B.I. ....	75,269.10€
21% I.V.A .....	98,998.68€
<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>570,420.96€</b>

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de quinientos setenta mil cuatrocientos veinte con noventa y seis céntimos (570.420,96€).

## 6. BIBLIOGRAFIA Y NORMATIVA UTILIZADA.

### 6.1. Páginas web consultadas.

- Página web del ayuntamiento de Villamediana de Iregua:  
<http://www.villamedianadeiregua.org>
- Datos de la estación climatología de Logroño:  
<http://www.larioja.org/emergencias-112/es/meteorologia/datos-estaciones-gobierno/logrono>
- Cartografía de La Rioja:  
[https://www.iderioja.larioja.org/cartografia/index.php?map=RIOJA\\_C04&&lang=es](https://www.iderioja.larioja.org/cartografia/index.php?map=RIOJA_C04&&lang=es)
- Demografía en Villamediana de Iregua:  
<http://www.foro-ciudad.com/la-rioja/villamediana-de-iregua/mensaje-13072973.html>
- Boletín oficial del estado:  
[http://www.boe.es/diario\\_boe/](http://www.boe.es/diario_boe/)
- Control de calidad en obras de construcción.  
<http://canalconstruccion.com/control-calidad-obras-construccion.html>
- Tipos de riesgos laborales en la construcción:  
<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/tipos-de-riesgos-laborales-en-la-construccion/>
- Obra de contención:  
<http://www.postigomobiliariourbano.com/cerramientos/barrera-metalica-doble/>
- Generador de precios:  
<http://www.generadordeprecios.info/>
- Programa DIALUX:  
<https://www.dial.de/es/dialux/>
- Código Técnico:  
<http://www.codigotecnico.org/>
- Detalles constructivos:  
<http://www.detallesconstructivos.net/>

## 6.2. Normativa empleada.

- Ley 5/1994, de 19 de julio, de supresión de barreras arquitectónicas y promoción de la accesibilidad en La Rioja.
- DOCUMENTO BÁSICO HS – SALUBRIDAD (Código Técnico de la Edificación).
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- INSTRUCCIÓN DE ACERO ESTRUCTURAL (EAE) aprobado por Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo.
- INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL (EHE-08) aprobado por Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.
- INSTRUCCIÓN SOBRE LAS ACCIONES A CONSIDERAR EN EL PROYECTO DE PUENTES DE CARRETERA (IAP-11) aprobado por Orden FOM/2842/2011, de 29 de septiembre
- INSTRUCCIÓN 5.2. IC DRENAJE SUPERFICIAL.
- INSTRUCCIÓN 3.1. IC DE TRAZADO.
- MONOGRAFÍA DE MAXIMAS LLUVIAS DIARIAS EN LA ESPAÑA PENINSULAR.
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- GUÍA TÉCNICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN ILUMINACIÓN ALUMBRADO PÚBLICO (G.T.E.E.I.A.P.)
- REGLAMENTO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO EXTERIOR Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS EA-01 A EA-07. (R.E.E.I.A.E.)
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN 2002. (R.E.B.T.)
- INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE BAJA TENSIÓN ITC-BT.
- CLASIFICACIÓN DE VÍAS Y NIVELES DE ILUMINACIÓN.
- NORMA UNE-EN ISO 9001, y el sistema de gestión medioambiental cuenta con la certificación ISO 14001.
- ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL aprobado por Real Decreto y Ley 0009/2000 de 6 de octubre.
- LEY DE CONTRATOS CON EL SECTOR PÚBLICO aprobado por Real Decreto Legislativo, de marzo de 2011.

### 6.3. Software utilizado.

El software utilizado para llevar a cabo el presente proyecto a sido:

- Autocad 2017.
- CypeCad 2018.
- DIALUX 2018.
- Microsoft Office 2010.
- Presto 8.8

### 6.4. Organismos consultados.

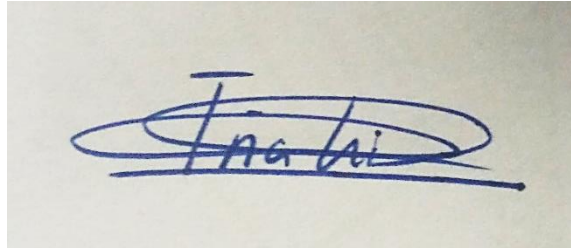
Se han obtenido varios planos de instalaciones a través del Ayuntamiento de Villamediana de Iregua.

## 7. CONCLUSIÓN.

En base a lo expuesto en la memoria y en el resto de documentos que la acompañan se consideran justificadas tanto las obras como su realización.

Villamediana de Iregua (La Rioja), Junio de 2018.

Por el autor



Fdo. Iñaki Mateo Oliván 16632513-V



GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).***

***ANEJO N° 1: DOSIER FOTOGRÁFICO.***

**Alumno/Alumna:** MATEO OLIVÁN, IÑAKI

**Director/Directora:** LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

**Curso:** 2017/2018

**Fecha:** 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. ....	43
2. DOSSIER FOTOGRAFICO. ....	43
2.1. Margen de la calle Gustavo Adolfo Bécquer. ....	43
2.2. Margen del campo de futbol.....	47

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo pretende mostrar varias imágenes de la zona afectada con el objetivo de dar una idea más visual de las características y la situación de la zona de forma actualizada.

## 2. DOSSIER FOTOGRAFICO.

Mediante las siguientes fotografías que se van a mostrar realizadas “in situ” se pretende ofrecer una mejor visualización de la zona donde se realizarán las obras.

Además, las fotos se han tomado desde ambos lados de la calzada para ofrecer una visión más completa de la situación en la que se encuentra actualmente el entorno.

### 2.1. Margen de la calle Gustavo Adolfo Bécquer.

Las imágenes que se muestran a continuación ofrecen una visión general de la zona de construcción de la pasarela respecto a la calle Gustavo Adolfo Bécquer, así como del paso de cebrá existente y de la farola que se debe retirar para la construcción del proyecto.



*FIGURA 1.1: Visualización de la carretera desde la calle Gustavo Adolfo Bécquer.*



FIGURA 1.2: Paso de cebra existente.



FIGURA 1.3: Visión ampliada del paso de cebra y la jardinería existente.



FIGURA 1.4: Visualización de la obra de contención existente en el lado de la calle Gustavo Adolfo Bécquer.



FIGURA 1.5: Transeúntes cruzando la carretera de forma peligrosa.



*FIGURA 1.6: Luminaria a demoler para la construcción de la obra de paso.*

Especial mención para la Figura 1.5 debido a la peligrosidad que implica cruzar la carretera LR-250, lo que otorga al proyecto una gran importancia.

## 2.2. Margen del campo de fútbol.

Las fotografías tomadas desde esta posición se centran en la visualización de la obra de contención y en la acequia existente.



*FIGURA 1.7: Visualización de la carretera desde el lado del campo de fútbol.*



*FIGURA 1.8: Detalle de la obra de contención.*





*FIGURA 1.9: Acequia existente.*

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO N° 2- GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA.*

**Alumno/Alumna:** MATEO OLIVÁN, IÑAKI

**Director/Directora:** LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

**Curso:** 2017/2018

**Fecha:** 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. ....	52
2. GEOLOGÍA. ....	53
2.1. Encuadre geológico. ....	53
2.2. Estratigrafía. ....	55
2.3. Hidrogeología. ....	55
3. SISMICIDAD. ....	56
4. GEOTÉCNIA. ....	58
4.1 Actuaciones. ....	58
4.1.1 Ensayo de penetración dinámica. ....	58
4.1.2 Sondeo de reconocimiento. ....	60
4.2 Ensayos de laboratorio. ....	61
4.2.1 Toma de muestras y ensayos realizados. ....	61
4.2.2 Resultados obtenidos. ....	61
5. CONCLUSIONES. ....	63

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo representa el estudio geológico-geotécnico que se va a realizar para el proyecto.

El objeto general de dicho anejo es el de caracterizar geológicamente los terrenos sobre los que se asentarán las obras, en los que éste puede afectar al acondicionamiento del terreno y a la cimentación de las estructuras que se proyectarán.

En este estudio se hace referencia al marco geológico general, y más concretamente a la Geología de la zona con la descripción de la litología y estratigrafía, así como una breve Descripción tectónica y geomorfológica de la zona.

Para la realización del siguiente anejo, se han utilizado los datos obtenidos por la empresa Ensatec S.L. para la construcción de la biblioteca del municipio de Villamediana de Iregua en el año 2013.

La distancia entre el objeto de estudio de la empresa Ensatec S.L. y la ubicación de nuestro proyecto es de aproximadamente unos 600 metros, valor aceptable para que el estudio tenga cierta correlación con el terreno de estudio para el proyecto.

A pesar de no ser del todo fiable, es la única opción real que se tiene de evaluar el terreno.

## 2. GEOLOGÍA.

### 2.1. Encuadre geológico.

La zona de estudio se encuentra, desde un punto de vista geológico, en la zona centro – oriental de la Depresión Terciaria del Ebro. Esta, constituye una profunda cubeta rellena de materiales de origen continental, procedentes de los relieves que la bordean (Sierra de Cantabria y Montes Obarenes al Norte, Cordillera Ibérica por el sur), que puede alcanzar los varios millares de metros de profundidad. Conforme se acerca al borde de cuenca, disminuye el porcentaje de finos y aumentan los niveles areniscos y microconglomeráticos. Hacia el centro sin embargo, se encuentra progresivamente facies más distales, hasta aparecer materiales de precipitación química (calizas y yesos).

En concreto en la parcela de estudio, el sustrato está constituido por la Formación Alfaro, de edad miocena. Se trata de una potente serie que se extiende prácticamente desde el Ebro hasta el sistema montañoso de Cameros. Litológicamente está integrada por arcillas calcáreas rojas más o menos limosas, con frecuentes intercalaciones de bancos de areniscas de espesor variable, entre algunos centímetros y unos pocos metros. Su espesor no es bien conocido, pero normalmente supera los 400 metros.

Sobre este conjunto terciario, se ha encajado la actual red de drenaje, representada en la zona por los ríos Iregua y Ebro. Esta dinámica ha modelado el actual relieve y ha dado durante el cuaternario a dos tipos de depósitos. Unos de carácter lineal, asociados a los propios cauces (terrazas aluviales), y otros de origen lateral a los mismos (glacis). En concreto en el río Ebro, se diferencian 10 niveles de terrazas agrupadas en terrazas altas (entre 170/180 y 60 / 70 metros sobre el nivel actual del río), medias (entre 20/30 y 10/20 metros) y bajas (5/10 y 0/5 metros). Los sistemas de glacis enlazan directamente con las terrazas, siendo difícil en ocasiones su diferenciación. Esto ocurre en concreto en la zona de estudio, donde resulta difícil diferenciar cartográficamente la terraza aluvial del glacis, constituyendo un único conjunto.

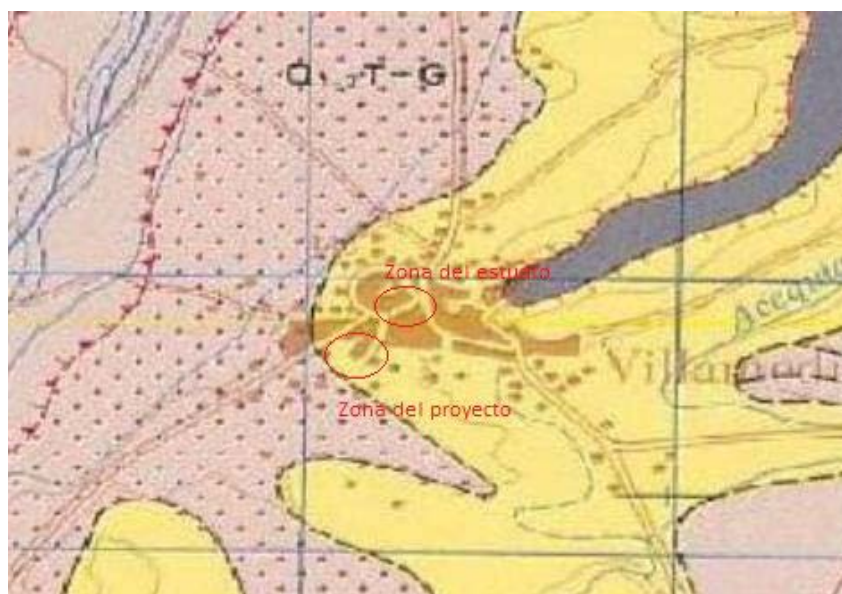


FIGURA 2.1: Situación geológica de la zona de estudio y de la zona del proyecto.

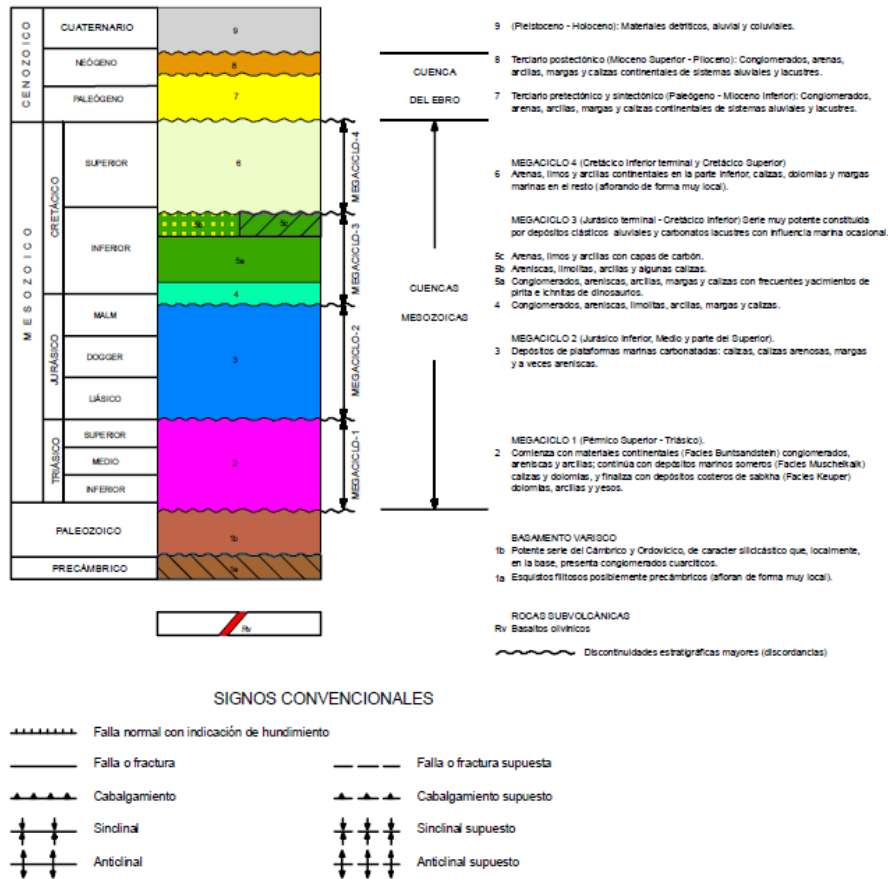


FIGURA 2.2: Situación geológica de la zona de estudio. Detalle de la hoja 23-10 (204) LOGROÑO a escala 1:50.000 del Mapa Geológico Nacional (Instituto Tecnológico Geominero de España).



FIGURA 2.3: Situación geológica de la zona de estudio. Detalle de la hoja 23-10 (204) LOGROÑO a escala 1:50.000 del Mapa Geológico Nacional (Instituto Tecnológico Geominero de España).

## 2.2. Estratigrafía.

Los materiales que afloran en el emplazamiento escogido corresponden al periodo cenozoico Paleogeno, en el cual abundan principalmente conglomerados, arenas, arcillas, margas y calizas continentales de sistemas aluviales y lacustres.

## 2.3. Hidrogeología.

La Formación Alfaro que constituye el sustrato terciario de la zona de estudio, presenta en su conjunto una permeabilidad muy baja en función de su litología, considerándose a escala global como un acuclúcido o impermeable. Localmente, puede presentar una mayor permeabilidad a favor de diaclasado abierto, preferentemente en los niveles más superficiales, por descompresión y /o alteración.

En cuanto a la cobertera cuaternaria existente en la zona de estudio, constituye unos depósitos granulares con una elevada porosidad y permeabilidad intergranular de tipo primario. En los niveles más superficiales puede verse notablemente disminuida por cementación.

Las terrazas bajas del río Ebro y su afluente el Iregua, que se encuentran hidráulicamente conectadas con el curso fluvial, constituyen un extenso acuífero regional.

Se trata de un extenso acuífero aluvial de tipo intergranular libre, constituido por la llanura de inundación y la terraza baja conectada con ella. La recarga del acuífero se produce por infiltración directa del agua de lluvia y, principalmente, por retornos de regadío. Otros mecanismos de recarga son el almacenamiento en riberas en épocas de avenida, aportes de barrancos laterales y por infiltración procedente de la escorrentía lateral de los materiales impermeables. El río tiene un carácter efluente o influente, que varía estacionalmente en función de las lluvias, extracciones y períodos de riego.

El flujo de las aguas subterráneas coincide en líneas generales con el de las aguas superficiales, modificado local y temporalmente por las extracciones y durante las crecidas, que invierten el sentido de la relación río – acuífero.

Las salidas de la unidad se verifican por flujo subterráneo a los ríos que la surcan y lateralmente a los aluviales aguas abajo de la unidad. Otro mecanismo de salida lo constituyen los bombeos, dispersos por toda la unidad, intensamente explotada para usos urbanos, agrícolas e industriales por toda su extensión.

Durante la realización de los trabajos de campo no se identificó la presencia de nivel freático en el sondeo de reconocimiento, si bien puede existir circulación de agua, flujos o resumes a favor del contacto entre el recubrimiento cuaternario y el sustrato terciario o a favor de discontinuidades dentro del propio sustrato terciario. El sondeo quedó equipado con tubería piezométrica de PVC para el control de la evolución de niveles durante el período de tiempo que se considere necesario.

### 3. SISMICIDAD.

Se han analizado globalmente las características sísmicas de la zona, siguiendo las especificaciones dadas en la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02), según lo establecido en el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre (B.O.E. nº 244 de 11 de octubre de 2002). Esta norma es de aplicación al proyecto, construcción y conservación de edificaciones de nueva planta. En los casos de reforma o rehabilitación se tendrá en cuenta dicha norma, de forma que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original. Las obras de rehabilitación o reforma que impliquen cambios substanciales de la estructura (por ejemplo vaciado de interior dejando sólo la fachada), son asimilables a todo efecto a las de construcción de nueva planta. No es aplicable para:

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

La aceleración sísmica de cálculo  $a_c$  se define como el producto:

$$a_c = S * \rho * a_b$$

Donde:

- $\rho$  es el coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda  $a_c$  en el período de vida para el que se proyecta la construcción. Toma los siguientes valores:
  - Para construcciones de importancia normal:  $\rho = 1,0$ .
  - Para construcciones de importancia especial:  $\rho = 1,3$ .
- $S$  es el coeficiente de amplificación del terreno, cuyo valor viene indicado en la referida Norma.

$$S = \frac{C}{1,25} \text{ para } \rho a_b \leq 0,1g$$

Donde  $C$  (coeficiente de terreno), depende de las características de cimentación:



<b>TIPO DE TERRENO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>COEFICIENTE C</b>
<b>I</b>	Roca Compacta, o Similar	<b>1,0</b>
<b>II</b>	Roca Muy Fracturada, Cohesivos Duros	<b>1,3</b>
<b>III</b>	Compacidad Media, Cohesivos Firme	<b>1,6</b>
<b>IV</b>	Compacidad Baja, Cohesivo Blando	<b>2,0</b>

Tabla 2.1: Tabla del coeficiente C en función del tipo de terreno.

Para obtener el valor del Coeficiente C de cálculo se determinarán los espesores e1, e2, e3y e4 de terrenos de los tipos I, II, III y IV respectivamente, **existentes en los 30 primeros metros bajo la superficie.**

Se adoptará como valor de C, el obtenido en la siguiente expresión:

$$C = \frac{\sum C_i * e_i}{30}$$

En el caso que se ocupa, la aceleración sísmica básica **ab<0.04g**, siendo g la aceleración de la gravedad, y el coeficiente de contribución **Kv=1**.

Según la **clasificación de las construcciones** dada por la citada Norma, el tipo de construcción en proyecto se calificaría como de **Normal Importancia** (aquellas construcciones cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos).

Por lo tanto, según la NCSR-02, **no es obligatoria la aplicación de medidas correctoras de las acciones sísmicas para la construcción del proyecto.**

## 4. GEOTÉCNIA.

Para conocer las características del terreno, se han realizado dos ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH hasta rechazo y un sondeo mecánico a rotación con extracción de testigo.

### 4.1 Actuaciones.

#### 4.1.1 Ensayo de penetración dinámica.

El ensayo continuo de penetración dinámica consiste en la hincada de una puntaza con su varilla en el terreno, mediante golpes de maza, con una altura de caída constante. Se ha utilizado un penetrómetro con caída de maza libre tipo DPSH - B. El ensayo se encuentra descrito en la norma UNE – EN ISO 22476-2, Investigación y ensayos geotécnicos, Ensayos de campo. Parte 2: Ensayo de penetración dinámica.

Las características del equipo utilizado son las que a continuación se mencionan.

- Peso de la maza: 63.5 Kg
- Altura de caída: 75 cm.
- Diámetro varillaje: 32 mm
- Sección puntaza: 20 cm<sup>2</sup>.
- Puntaza cónica de 51 mm de diámetro, con ángulo en la punta de 90°.

La resistencia del terreno a la penetración dinámica se expresa por los golpes necesarios para hincar la puntaza y su varilla en una longitud de 20 cm. Se designa N20 al número de golpes necesarios para una penetración del cono en el terreno de 20 cm de profundidad.

Se dará por finalizado el ensayo cuando se satisfagan alguna de las siguientes condiciones:

1. Se alcance la profundidad que previamente se había establecido.
2. Se superen los 100 golpes para una penetración de 20 cm.
3. Cuando tres valores consecutivos de N20 sean iguales o superiores a 75 golpes.

Los trabajos de campo se realizaron el día 3 de octubre de 2013. Con los datos obtenidos en el ensayo se ha confeccionado el correspondiente gráfico de penetración, que relaciona el número de golpes (N20) con la profundidad en metros, que puede consultarse en la parte final del presente anejo.

##### 4.1.1.1. Resultados obtenidos:

La estimación de la resistencia admisible del terreno se realiza a partir de los ensayos de penetración dinámica realizados. El proceso de cálculo de dicha carga se expone detalladamente a continuación:

1. Obtención de la resistencia dinámica al hundimiento mediante la denominada "Fórmula de los Holandeses", cuya expresión es:

$$R = \frac{(M^2 * H)}{((M + P) * A * (\frac{20}{N_{20}}))}$$

Siendo,

- M: peso de la maza (63.5 Kg)
- H: altura de caída de la maza (75 cm)
- P: peso de yunque + varillas (8 kg/m)
- A: área de la puntaza (20 cm<sup>2</sup>)
- 20/N<sub>20</sub>: penetración por golpe (cm)

2. La correlación entre la resistencia a la penetración dinámica y estática, puede realizarse mediante el coeficiente de BUISSON, que varía en función del tipo de terreno, y cuyo valor oscila entre 0.3 y 0.75. Para el caso que nos ocupa se toma un valor de 0,5.

3. Para la obtención de la presión admisible del terreno, aplicamos la fórmula de MEYERHOF simplificada, según la cual:

$$Q_{adm} = \frac{R_e}{F}$$

Siendo:

- Q<sub>adm</sub>: presión admisible de cálculo (kg/cm<sup>2</sup>).
- R<sub>e</sub>: resistencia estática.
- F: coeficiente de seguridad (por convenio se adopta un valor de 20).

En el siguiente cuadro resumen, se indican las resistencias estimadas en los diferentes tramos diferenciados.

Ensayo	Profundidad (m)	Resistencia estimada (kg/cm <sup>2</sup> )
P-1	0,00-0,40	1,0-2,0
	0,40-4,67	>3,0
	4,67	Rechazo
P-3	0,00-0,40	1,0-2,0
	0,40-5,10	>3,0
	5,10	Rechazo

Tabla 2.2: Resistencias estimadas de los tramos.

El perfil obtenido de los ensayos de penetración dinámica denota un primer nivel, de 40 cm de espesor correspondiente al material removido bajo la solera de hormigón con resistencias estimadas variables. A continuación, un segundo tramo, con golpes muy altos, correspondientes a valores superiores a los 3,0 kg/cm<sup>2</sup> que se corresponde con la alternancia argilitas y limolitas de la Fm Alfaro. El rechazo se alcanza en ambos casos en torno a los 4,50-5,00 metros de profundidad.

#### 4.1.2 Sondeo de reconocimiento.

El sondeo se ha realizado entre los días 2 y 3 de octubre de 2013, habiendo alcanzado una profundidad de investigación de 9,00 metros. Para su realización del mismo se ha empleado una máquina de rotación con circulación directa y empuje hidráulico TECOINSA TP50-400, montada sobre oruga, utilizándose un diámetro máximo de perforación de 98mm.

Los testigos recuperados, así como las correspondientes muestras plastificadas, fueron colocados en cajas de cartón parafinadas que, debidamente organizadas (ver el apartado fotográfico), fueron trasladadas al laboratorio, para ser examinadas por personal técnico especializado.

##### 4.1.2.1. Perfil litológico.

El perfil litológico que se observa en el sondeo realizado está compuesto por los siguientes niveles litológicos.

- 0,00 – 6,60 metros: Se observa una alternancia de argilitas calcáreas y limolitas de color rojo anaranjado. El cemento de las limolitas es poco coherente por lo que en contacto con el agua pierden cohesión. En principio el tramo inicial debería ser un tramo de alteración, pero resulta imposible diferenciarlos. Forman parte del sustrato terciario de la Fm. Alfaro.
- 6,60 – 9,00 metros: Finalmente identificamos un paquete compuesto por margas calcáreas de color marrón grisáceo también pertenecientes a la Fm. Alfaro. En los dos casos se trata de un sustrato competente formado por rocas blandas que presenta espesores en la zona de cientos de metros.

##### 4.1.2.2 Ensayo estándar de penetración (SPT).

Dentro de los trabajos llevados a cabo durante la ejecución de los sondeos, se han realizado ensayos de penetración estándar (S.P.T.), con objeto de estimar la resistencia, así como la mayor o menor compacidad de los diferentes estratos atravesados, a partir de la determinación de la resistencia del suelo a la penetración de un tomamuestras tubular de acero, en el interior del sondeo. El ensayo se encuentra descrito en la norma UNE – EN ISO 22476-3 (julio 2006).

Básicamente el ensayo viene definido por el número de golpes necesarios para hincar 30 cm un tubo tomamuestras normalizado, mediante una maza de 63.5 kg de peso, que cae desde una altura de 75 cm. Cuando el terreno es arenoso - limoso, se utiliza la cuchara de Terzaghi y Peck (normalizado), de 2 pulgadas de diámetro exterior y 1 1/3 pulgadas de diámetro interior, mientras que para gravas se utiliza la puntaza cónica, cerrada en punta, de 2 pulgadas de diámetro y 60° de ángulo en punta.

Los ensayos SPT realizados en el sondeo y los valores obtenidos son los siguientes:

Sondeo	Cota		Litología	N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	N <sub>30</sub>	
1	0,60	-	1,20	Argilitas/limolitas	12	23	32	47	55
	1,50	-	2,10	Argilitas/limolitas	13	22	27	32	49
	3,00	-	3,44	Argilitas/limolitas	19	32	50R		Rechazo
	4,50	-	5,10	Argilitas/limolitas	16	18	18	38	36
	6,00	-	6,40	Argilitas/limolitas	10	13	50R		Rechazo

Tabla 2.3: Valores obtenidos en el sondeo.

## 4.2 Ensayos de laboratorio.

### 4.2.1 Toma de muestras y ensayos realizados.

Sobre la base del perfil del terreno, obtenido de la testificación del material extraído en los sondeos, se seleccionaron una serie de muestras representativas de los diferentes tipos de terreno reconocidos, para ser trasladadas al laboratorio, donde fueron examinadas por personal técnico especializado, realizándose los oportunos ensayos de clasificación y caracterización geomecánica. Las muestras extraídas son representativas (R) obtenidas con el sacamuestras del ensayo S.P.T y de testigo de perforación.

La tabla siguiente identifica la situación de las distintas muestras ensayadas.

Sondeo	Muestra nº:	Profundidad (m)	Ensayos realizados
S-1	M-1	1,00-1,20	Humedad, granulometría, límites, sulfatos
	M-2	2,80-3,00	Compresión simple, sulfatos
	M-3	4,20-4,50	Compresión simple
	M-4	7,0-7,20	Compresión simple

Tabla 2.4: Situación de las muestras.

Los ensayos realizados y la normativa aplicada son las siguientes:

Denominación ensayo	Norma aplicada	Número determinaciones
Granulometría por tamizado	UNE 103101	1
Límites de Atterberg	UNE 103103 y 103104	1
Compresión simple	UNE 103-400	3
Humedad natural	UNE 103300	1
Sulfatos solubles	EHE (Anejo nº5)	2

Tabla 2.5: Ensayos y normativa.

### 4.2.2 Resultados obtenidos

Se adjunta a continuación un cuadro resumen de resultados de los ensayos realizados, cuyo informe desarrollado puede consultarse en el anejo nº 3, adjunto al final de la presente memoria.

Sondeo	Muestra nº:	Profundidad (m)	% Pasa 0,08 mm	Comp. S. (kPa)	LL	LP	IP	Clase	W (%)	Sulfatos (mg/kg)	Suelo
S-1	M-1	1,00-1,20	93	-	29,8	20,2	9,6	CL	12,6	1847	Arcillas
	M-2	2,80-3,00	-	393	-	-	-	-	13,4	2276	Argilitas
	M-3	4,20-4,50	-	588	-	-	-	-	12,9	-	Argilitas
	M-4	7,00-7,20	-	285	-	-	-	-	12,0	-	Margas

Tabla 2.6: Resultados de los ensayos.

## 5. CONCLUSIONES.

1. Según la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02), según lo establecido en el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre (B.O.E. nº 244 de 11 de octubre de 2002), no es obligatoria la aplicación de medidas correctoras de las acciones sísmicas para la construcción que nos ocupa.

2. El perfil litológico que se observa en el sondeo realizado está compuesto por los siguientes niveles litológicos.

- 0,00 – 0,10 metros: Solera de hormigón.
- 0,10 – 6,60 metros: A continuación se observa una alternancia de argilitas calcáreas y limolitas de color rojo anaranjado. El cemento de las limolitas es poco coherente por lo que en contacto con el agua pierden cohesión. En principio el tramo inicial debería ser un tramo de alteración, pero resulta imposible diferenciarlos. Forman parte del sustrato terciario de la Fm. Alfaro.
- 6,60 – 9,00 metros: Finalmente identificamos un paquete compuesto por margas calcáreas de color marrón grisáceo también pertenecientes a la Fm. Alfaro. En los dos casos se trata de un sustrato competente formado por rocas blandas que presenta espesores en la zona de cientos de metros.

3. Durante la fase de ejecución de los trabajos no se ha identificado la existencia de nivel freático en la zona.

4. A partir de los trabajos realizados y los resultados obtenidos, se plantea la siguiente solución de  
Cimentación:

Cimentación superficial mediante zapatas sobre las argilitas y limolitas del sustrato terciario (Fm Alfaro).

5. La excavabilidad de los materiales no presentará problemas, así como los taludes que puedan producirse.

6. Los análisis químicos realizados indican que las muestras del sustrato terciario presentan una agresividad débil al hormigón (ambiente químico Qa).

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 2.1.- RESULTADO DE LOS ENSAYOS.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

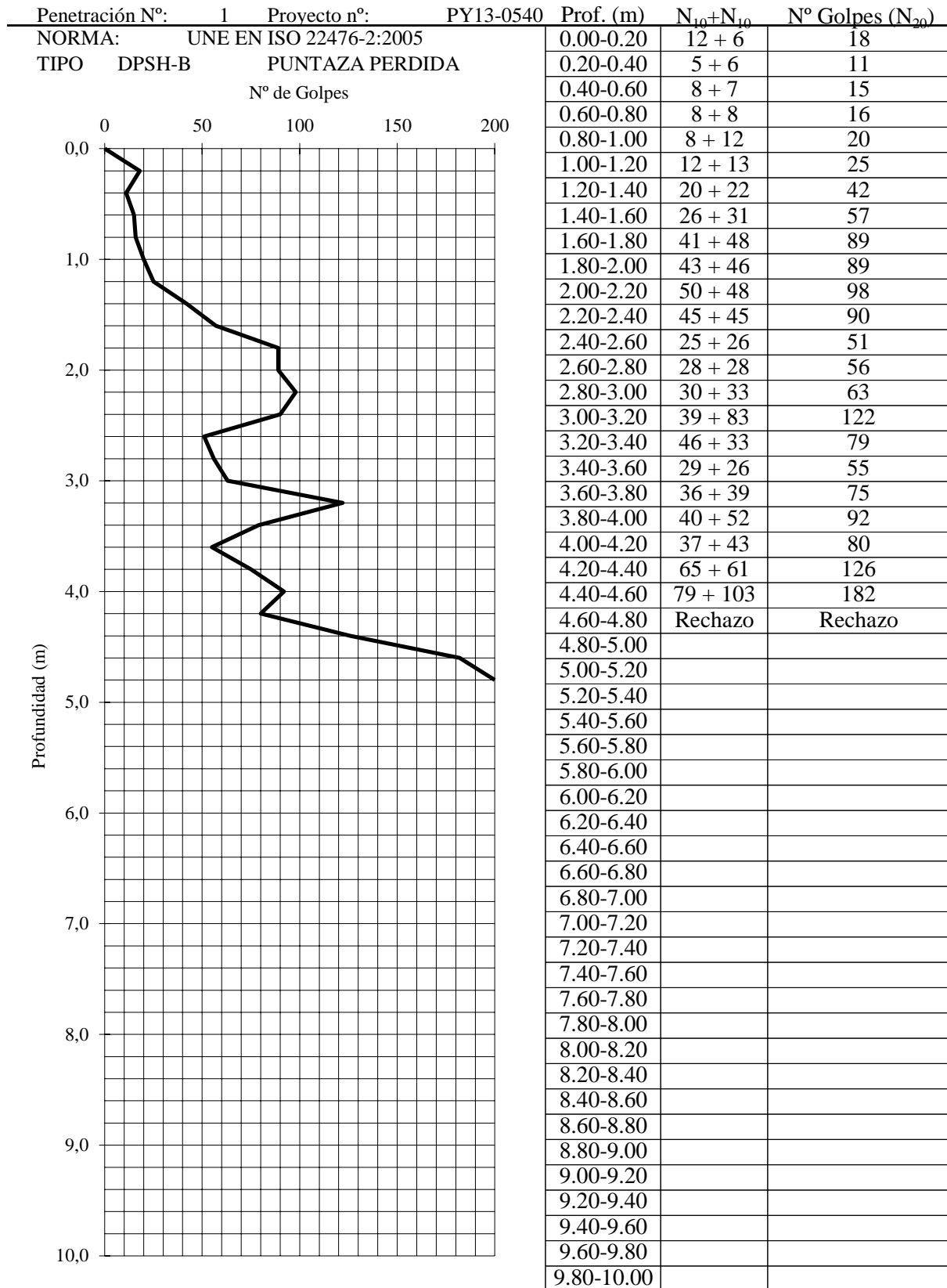
Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

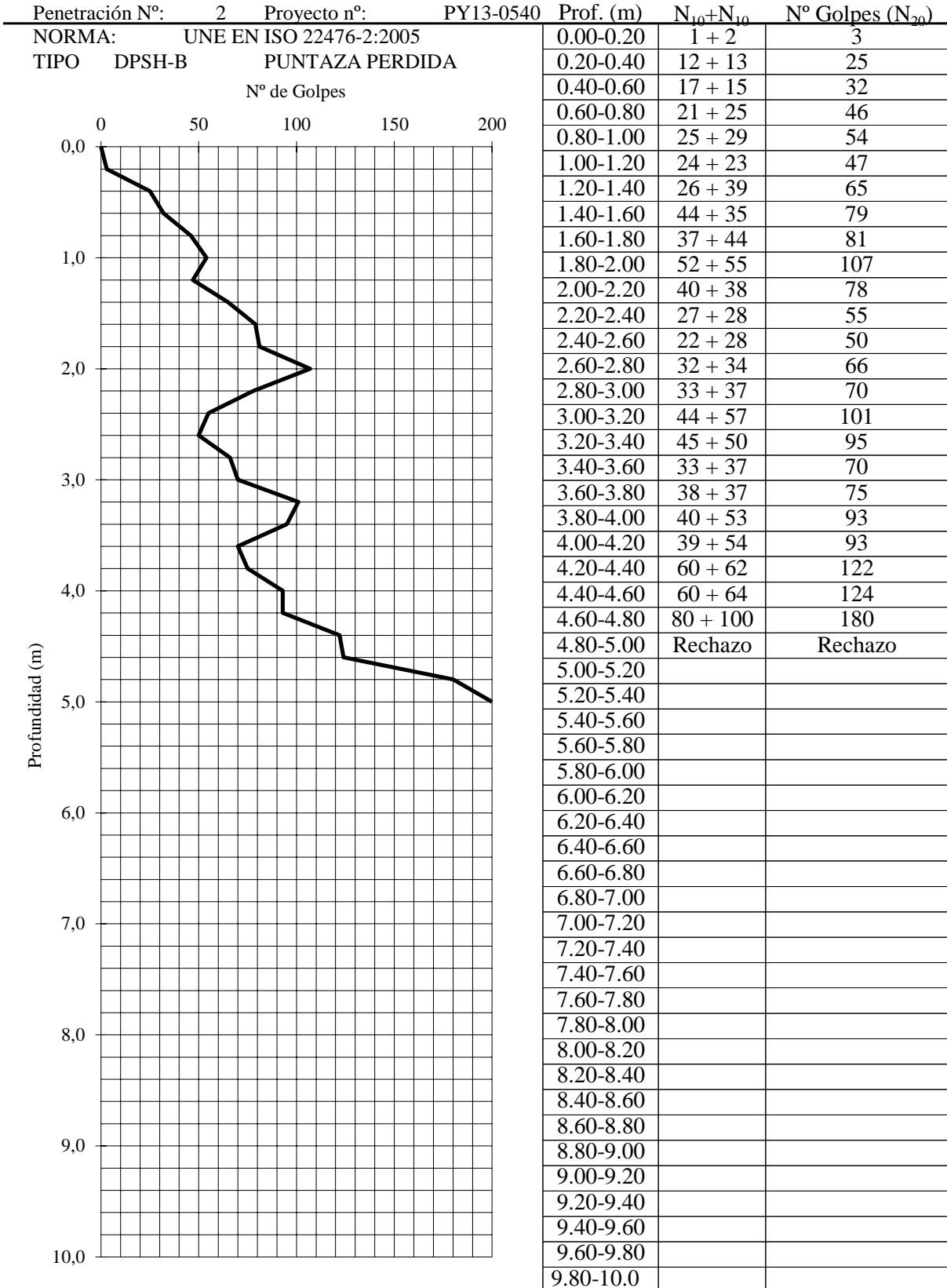


## ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA

235590

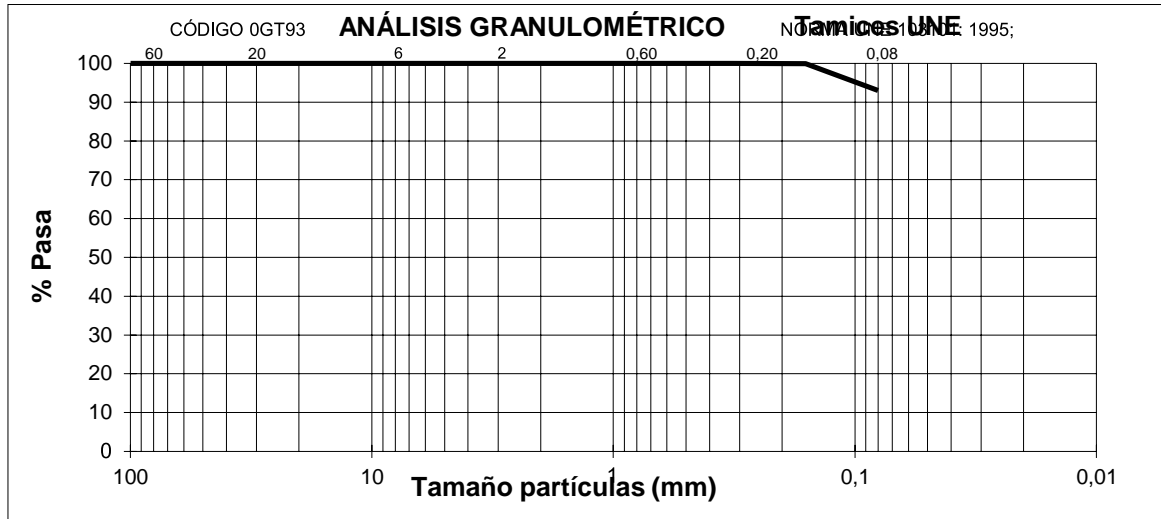


## ENSAYO DE PENETRACIÓN DINÁMICA



## CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

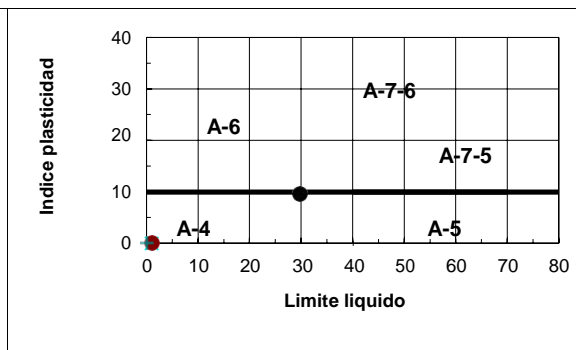
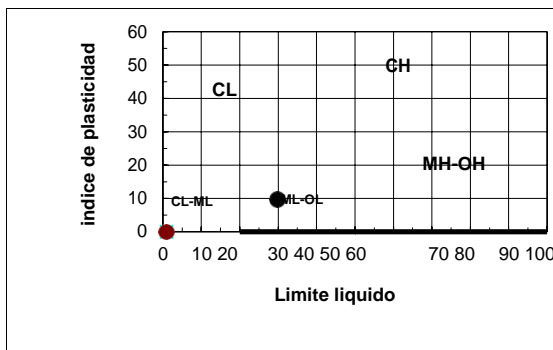
Sondeo n 1 Muestra n°: 1 Cota muestra (prof. en metros): 1,00



Tamiz	100	80	63	50	40	32	25	20	12,5	10	5	3,2	2	1,25	0,63	0,4	0,32	0,16	0,080
% Pasa	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	93,0

### GRAFICO DE PLASTICIDAD DE CASAGRANDE (ASTM)

### CLASIFICACION ASSHTO



### 0GT95 Límites de Atterberg

### Relaciones volumétricas

### Clasificación

Límite líquido:	29,8	0GT92 Humedad natural (%):	12,6	Casagrande (ASTM):	CL
Límite plástico:	20,2	0GT97 Densidad aparente (g/cm³):	--	AASHTO (HRB):	A-4
Índice plasticidad:	9,6	Densidad seca (g/cm³):	--	Índice de grupo (IG):	8
		0GT89 Peso específico (g/cm³):	--		

### 0GT74 Proctor Normal

Densidad máxima g/cm³  
 Humedad óptima %

--- 0GT48 Determinación materia orgánica (%):

--- 0GT47 Presión de hinchamiento (KPa)

### 0SL56 Hinchamiento libre (%)

--- 0SL35 Determinación sales solubles (%):

### 0GT79 Índice CBR

CBR al 95 % compactación  
 CBR al 98 % compactación  
 CBR al 100 % compactación  
 Hinchamiento máximo %  
 Sobrecarga (lb)

---  
 ---  
 ---  
 ---  
 ---  
**Clasificación según Casagrande:**  
 ARCILLAS LIMOSAS DE BAJA PLASTICIDAD  
**Clasificación según CTE:**  
 ARCILLAS LIMOSAS

## ANÁLISIS QUÍMICO

---

### CONTENIDO EN SULFATOS SOLUBLES EN MUESTRAS DE SUELO

#### PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: MUESTRA PROCEDENTE DE SONDEO

---

#### GRADO DE AGRESIVIDAD

SONDEO	MUESTRA	Prof. (m)	Tipo muestra	Denominación del suelo	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)	Grado de agresividad
1	1	1,00	TESTIGO	ARCILLAS	1847	NO AGRESIVO

#### EVALUACION DEL CONJUNTO

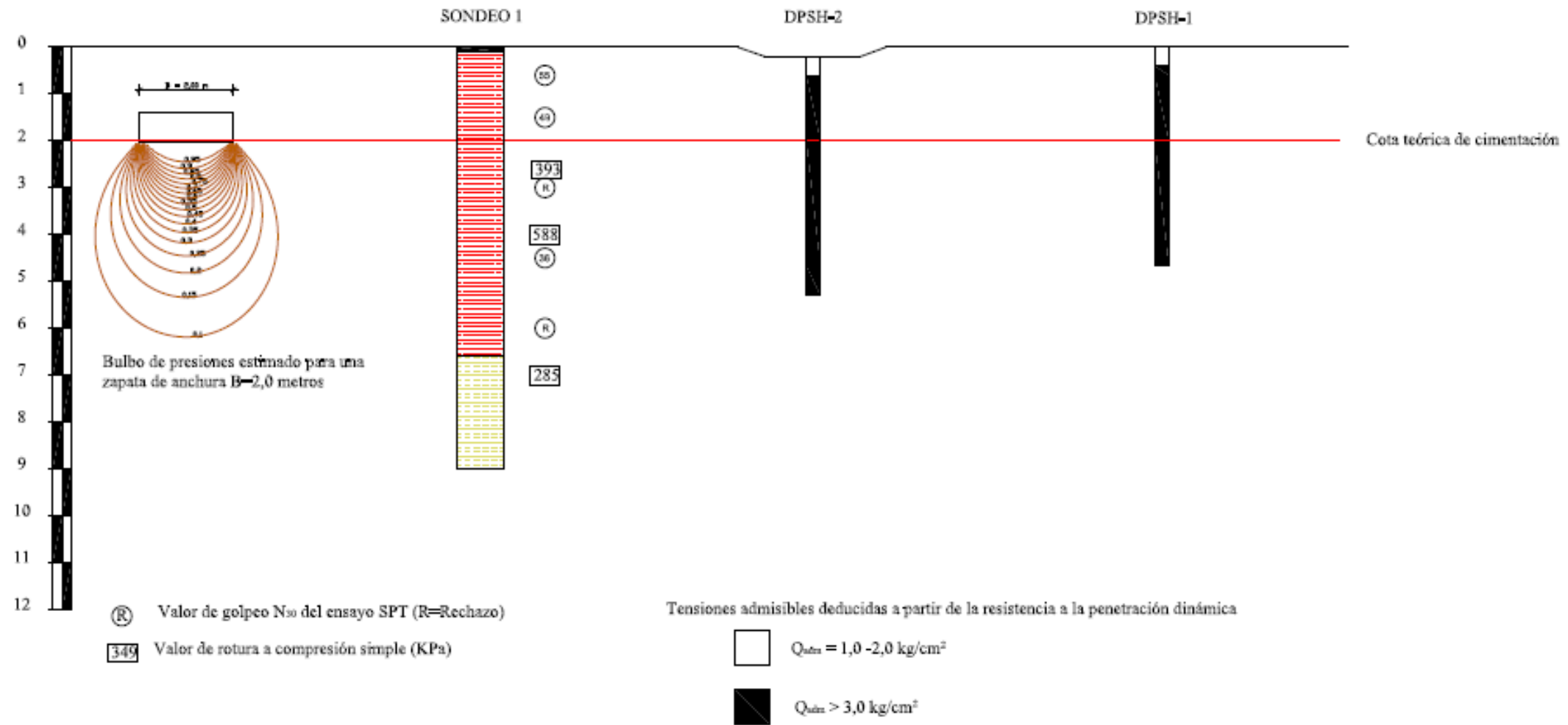
Según los resultados obtenidos sobre la muestra ensayada, puede considerarse que el terreno, a la profundidad indicada:




#### NO PRESENTA AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

---

El ensayo se ha realizado según los métodos establecidos en el anejo nº5, “Métodos de ensayo para determinar la agresividad de aguas y suelos al hormigón”, de la Instrucción de Hormigón Estructural EHE. La evaluación del conjunto se ha realizado a partir de la tablas 8.2.3.a ”Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distintos de la corrosión” y 8.2.3.b. “Clasificación de La agresividad química”.

### PERFIL DE CORRELACIÓN



PERFIL LITOLÓGICO		EXPEDIENTE: PY13-0540	FECHA REALIZACIÓN : 3 DE OCTUBRE DE 2013 FECHA INFORME: 11 DE OCTUBRE DE 2013													
SONDEO Nº: 1		OBRA: EDIFICIO MUNICIPAL EN VILLAMEDIANA (LA RIOJA)														
COTA: De 0,00 a 9,00		PETICIONARIO:EXCMO. AYTO. DE VILLAMEDIANA DE IREGUA														
Batería	Diámetro	Profundidad (m)	Espesor (m)	S.P.T./M.I.			Descripción de materiales	Prof. (m)	CLAS.	Comp. simple KPa	Límites		Sulfatos (mg/kg)	Fotografías		
				TIPO	Prof. (m)	Nº de golpes					LI	Ip				
Batería simple seco	58	0,10	0,10	S.P.T.	0,60	12-23-32-47	Solera de hormigón	1,20	CL		29,8	9,6	1847			
Batería simple agua	86	6,50		S.P.T.	1,50	13-22-27-32	Alternancia de argilitas calcáreas y limolitas de color rojo anaranjado. Sustrato terciario Fm. Alfaro.	2,80		393			2276			
				S.P.T.	3,00	19-32-50R extra 14 cm		4,20		588						
				S.P.T.	4,50	16-18-18-38		7,0		285						
Batería sobre tubo agua		6,60	2,80				Margas de color marrón grisáceo. Sustrato terciario Fm. Alfaro									

Nota: R significa Rechazo.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 3. – CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y  
DRENAJE.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. ....	73
2. CLIMATOLOGÍA. ....	74
2.1. Temperatura. ....	75
2.2. Viento. ....	76
2.3. Meteoros acuosos. ....	76
2.3.1. Precipitaciones. ....	76
2.3.2. Nieve. ....	77
2.3.3. Granizo. ....	77
3. HIDROLOGIA. ....	79
3.1. Consideraciones generales y criterios básicos. ....	79
3.1.1. Objeto y ámbito de aplicación. ....	79
3.1.2. Criterios de proyecto. ....	80
3.2. Caudal de referencia. ....	82
3.2.1. Intensidad de precipitación. ....	83
3.2.2. Coeficiente de escorrentía. ....	91
3.2.3. Área de la cuenca. ....	91
3.2.4. Coeficiente de uniformidad de la distribución temporal de la precipitación. ....	91
3.3. Sistema de drenaje. ....	92
3.3.1. Inclinación. ....	92
3.3.2. Canales de drenaje. ....	92
3.3.3. Cálculo de las bajantes. ....	95



## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo tiene como objetivo conocer y valorar la información climatología e hidrología de la zona de construcción del presente proyecto y definir el drenaje.

El drenaje de la superficie de la pasarela es algo muy importante debido a que sin él pueden formarse acumulaciones de agua en la superficie, pudiendo llegar a provocar incomodidad y daños al usuario por resbalones y daños en la propia estructura.

Para la elaboración de este anejo, se han usado las siguientes normativas:

- Instrucción 5.2. IC de Drenaje superficial.
- Máximas lluvias diarias en la España Peninsular.

## 2. CLIMATOLOGÍA.

La Rioja se encuentra entre el mar mediterráneo y el mar cantábrico, lo que hace que el clima se vea influenciado por ambas y provoca que nos encontremos dos zonas climáticas diferenciadas: una situada en el valle del Ebro y otra en a Sierra.

Esta variedad, a pesar de ser una comunidad tan pequeña, proviene de la mezcla de elementos mediterráneos y atlánticos y por el contraste de su relieve.

La zona donde se ubicará el proyecto corresponde a la situada en el valle del Ebro, que corresponde a un clima mediterráneo continental, cuyas características climáticas se citan a continuación:

Este clima se caracteriza por tener unos inviernos fríos y largos y veranos cortos y cálidos, además de un fuerte contraste de temperatura entre noche y día.

Este clima se da en lugares con clima mediterráneo y que están alejados considerablemente del mar.

En cuanto a las lluvias, no son muy abundantes pero su característica principal es que no se producen en verano y con máximos en primavera y otoño.

Las temperaturas son más extremas que en el clima mediterráneo normal, siendo los veranos bastante cálidos y los inviernos fríos, con una oscilación de 18,5°C. La estación estival es la más seca y supera fácilmente los 30°C, pudiéndose alcanzar incluso los 35°C. En invierno, es frecuente que la temperatura que baje 0°C, lo que produce numerosas heladas.

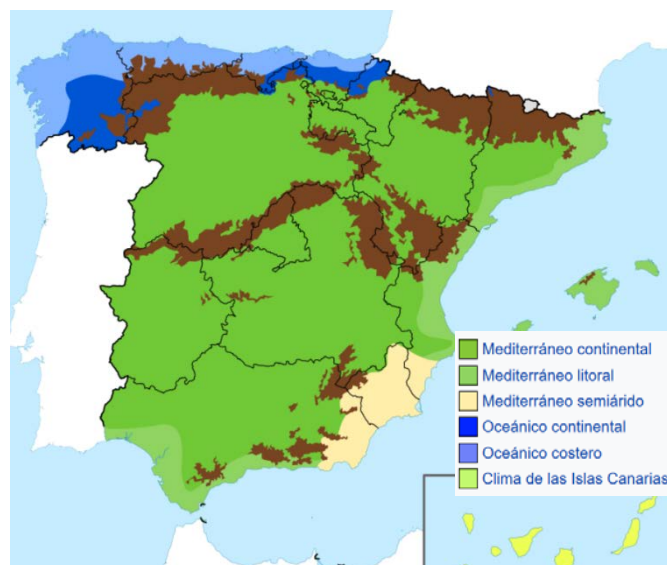


FIGURA 3.1. Regiones climáticas de España

## 2.1. Temperatura.

La temperatura anual media es de unos 13,1°C, mientras que la temperatura más alta promedio se da en julio con 21,4°C y enero el mes más frío con 5,2°C de media.

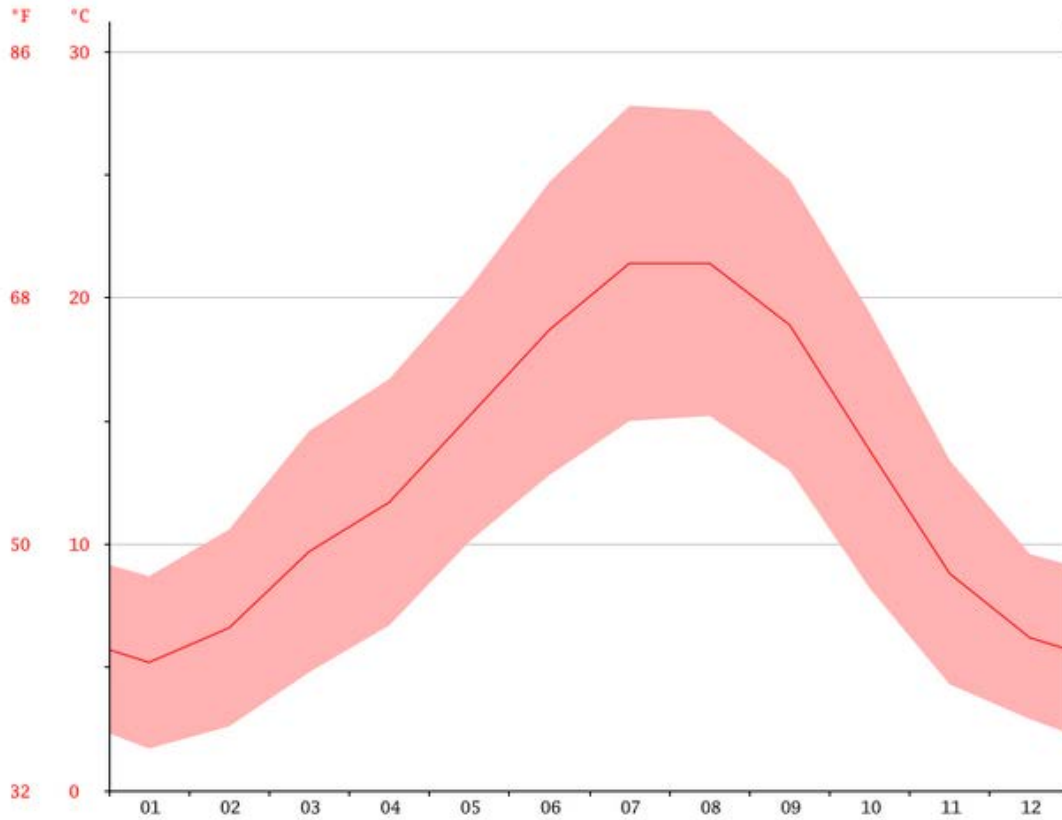


FIGURA 3.2. Diagrama de temperaturas de Logroño.

Como se puede observar en el diagrama de temperaturas para la ciudad de Logroño, la diferencia media entre las temperaturas más cálidas y más frías es de unos 17°C, dependiendo de la zona.

## 2.2. Viento.

La ubicación propuesta del proyecto se encuentra recorrida la mayor parte del año por viento sur-suroeste, de forma que le viento esta la mayoría del tiempo de forma paralela al viento.

La dirección del viento, como se puede observar en la tabla 3.1 y 3.2, es constante casi todo el tiempo independientemente de la estación o del mes en el que se encuentre. Además, tanto la velocidad media como la velocidad máxima prácticamente no varían prácticamente ni entre meses ni entre estaciones ni entre años, como se puede observar en las tablas anteriormente mencionadas. La única excepción es en octubre del año 2006, año en el cual la velocidad máxima del viento alcanzó records con un máximo de 190 Km/h, cosa que se tendrá en cuenta a la hora de realizar el diseño y los cálculos pertinentes del proyecto.

## 2.3. Meteoros acuosos.

### 2.3.1. Precipitaciones.

Su cercanía al Cantábrico, tan solo 100 kilómetros separan el río Ebro de la costa vasca, le hace verse afectada por los frentes húmedos del noroeste que, una vez rebasadas las montañas vascas, chocan directamente contra las elevadas cumbres del Sistema Ibérico. Esta influencia, origen de la mayor parte de las precipitaciones en La Rioja, va disminuyendo hacia el este, debido a su mayor proximidad al centro de la depresión del Ebro y a la menor elevación de su conjunto montañoso.

Si comparamos las precipitaciones de la zona del proyecto con el resto de España, que ronda en torno a los 650 milímetros, nos encontramos con una media aproximada de entre 300 y 400 mm anuales, como podemos observar tanto en la FIGURA 3.3 y en las tablas 3.1 y 3.2. Esto se debe a lo anteriormente mencionado, la zona del proyecto se encuentra al este, en la depresión del Ebro, lo que hace que las precipitaciones descendan.

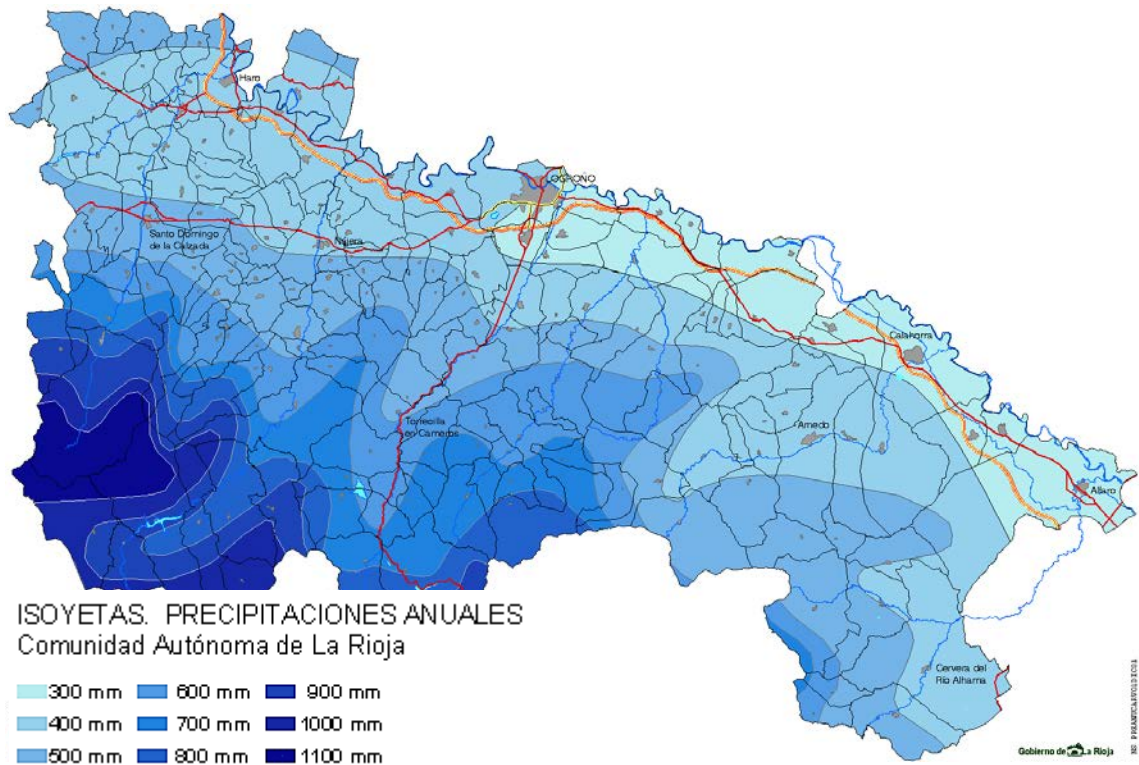


FIGURA 3.3: Mapa de precipitaciones en La Rioja.

### 2.3.2. Nieve.

A pesar de tener en invierno una temperatura baja, no se producen más de una o dos nevadas al año en la zona del proyecto. Esto hace que se deba tener en cuenta la nieve a la hora de realizar los cálculos del proyecto.

### 2.3.3. Granizo.

El fenómeno del granizo es un fenómeno bastante atípico en la ubicación del proyecto y no suele producirse más de 1 o dos veces al año.

<b>Años</b>	<b>V. Viento máx. (km/h)</b>	<b>V. Viento media (km/h)</b>	<b>Dirección media del viento (°)</b>	<b>Precipitación acumulada (mm)</b>	<b>Humedad ambiental media (%)</b>
<b>2006</b>	190,80	8,40	173,00	394,40	65,00
<b>2007</b>	72,00	8,90	186,00	408,60	64,00
<b>2008</b>	70,60	7,70	179,00	558,30	66,00
<b>2009</b>	89,30	7,30	214,00	407,10	62,00
<b>2010</b>	75,60	8,60	224,00	367,60	62,00
<b>2011</b>	78,50	8,00	217,00	216,90	62,00
<b>2012</b>	75,20	8,30	229,00	342,10	59,00
<b>2013</b>	87,50	8,50	231,00	526,40	64,00
<b>2014</b>	72,00	7,70	218,00	449,10	62,00
<b>2015</b>	76,30	7,80	218,00	375,40	62,00
<b>2016</b>	82,40	7,50	219,00	391,10	62,00

Tabla 3.1: Climatología de Logroño.

<b>Meses</b>	<b>V. Viento media (km/h)</b>	<b>V. Viento máx. (km/h)</b>	<b>Dirección media del viento (°)</b>	<b>Precipitación media (mm)</b>	<b>Humedad ambiental (%)</b>
<b>Enero</b>	62,59	9,22	210,91	32,93	73,00
<b>Febrero</b>	65,75	10,06	214,00	39,88	67,36
<b>Marzo</b>	61,93	9,91	206,27	46,97	62,09
<b>Abril</b>	56,42	8,18	206,09	37,79	60,55
<b>Mayo</b>	55,05	8,15	210,00	38,94	59,00
<b>Junio</b>	56,19	7,27	218,82	47,73	55,45
<b>Julio</b>	65,35	7,40	221,36	23,00	53,18
<b>Agosto</b>	54,45	7,41	218,18	13,12	52,27
<b>Septiembre</b>	55,39	6,57	207,27	25,21	58,00
<b>Octubre</b>	60,77	5,99	201,27	29,59	64,91
<b>Noviembre</b>	55,01	8,55	203,73	43,80	71,82
<b>Diciembre</b>	53,68	8,15	200,18	24,41	74,82

Tabla 3.2: Climatología de Logroño. Media Mensual (2006-2016).

### 3. HIDROLOGIA.

En el siguiente apartado de este anejo se van a definir las características hidrológicas del proyecto para realizar un adecuado control del agua pluvial. Para ello es de suma importancia realizar un dimensionamiento de los elementos de drenaje, teniendo en cuenta:

- Evitar la formación de balsas de agua tanto en las zonas de acceso a la pasarela, como rampas y escaleras, y en el propio tablero de la pasarela, con el fin de mantener unas condiciones de confort y seguridad óptimas.
- Realizar un correcto drenaje de las zonas colindantes al proyecto para que el tránsito de los viandantes no se vea interrumpido por balsas de agua y para que la estructura no se vea afectada por estas.

Para ello, se van a citar las consideraciones generales y criterios básicos a tener en cuenta en la realización de un drenaje superficial mediante el apoyo con la normativa 5.2. IC de Drenaje superficial.

#### 3.1. Consideraciones generales y criterios básicos.

##### 3.1.1. Objeto y ámbito de aplicación.

El objeto de la norma 5.2. IC de Drenaje superficial es establecer reglas generales y definir prescripciones para proyectar, construir y conservar adecuadamente las obras, elementos y sistemas de drenaje superficial de una carretera.

El drenaje superficial comprende:

- La recogida de las aguas –pluviales o de deshielo- procedentes de la plataforma y sus márgenes, mediante caces, cunetas y sus imbornales y sumideros.
- La evacuación de las aguas recogidas –eventualmente a través de arquetas y colectores longitudinales- a cauces naturales, a sistemas de alcantarillado o a la capa freática, bien sea directamente, bien sea a través de obras de desagüe transversal o canalizaciones a cielo abierto o enterradas.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

### 3.1.2. Criterios de proyecto.

El drenaje superficial se debe proyectar teniendo en cuenta:

- El caudal de proyecto.
- Soluciones disponibles y facilidad de obtención, coste de construcción y conservación.

El caudal de referencia del proyecto, cuyo periodo de retorno se define en dicha instrucción, deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Velocidad de la corriente:
  - En los elementos del drenaje superficial, la velocidad del agua no deberá causar daños por erosión ni por aterramiento.
  - El diseño, dimensionamiento e implantación de las obras de drenaje transversal deberá evitar el depósito de sedimentos en su interior, reducir todo lo posible la perturbación de las condiciones de desagüe del cauce a que correspondan, causa de erosiones y aterramientos.
- Periodo de retorno:
  - La selección del caudal de referencia para que el que debe proyectarse un elemento del drenaje superficial está relacionada con la frecuencia de su aparición, que se pueda definir por su periodo de retorno: cuanto mayor sea éste, mayor será el caudal.
  - Se dice que el período de retorno de un caudal es T cuando, como media, es superado una vez cada T años. Sin embargo, el riesgo de que se caudal se ha excedido alguna vez durante un cierto intervalo de tiempo como por ejemplo, la vida útil de una obra, depende también de la duración del intervalo. Así, un caudal que tengo un periodo de retorno de 50 años de una probabilidad de 2% de que en cualquier año de dicho período aparezca al menos un caudal igual o mayor, pero la probabilidad de tal aparición en un período cualquiera de diez años consecutivos sube al 18%, de 25 años, el 38% y, en general, de C años al:

$$1 - [1 - (1/T)]^C$$

- En principio se recomienda adoptar periodos de retorno no inferiores a los que se indican en la tabla siguiente. No obstante, se podrán adoptar otros valores debidamente justificados, habida cuenta del coste del elemento de drenaje superficial y de los daños producibles por el caudal de referencia, especialmente si una ligera alteración de las magnitudes deducidas de un determinado valor del periodo de retorno tuvieran una brusca repercusión en el coste o en los daños.



Tipo de elemento de drenaje	IMD en la vía afectada (*)		
	Alta 2.000	Media 500	Baja
Pasos inferiores con dificultades para desaguar por gravedad .....	50	25	(**)
Elementos del drenaje superficial de la plataforma y márgenes .....	25	10	
Obras de drenaje transversal .....	100		(***)

(\*) (Ver Apartado 1.5.2). Si la comunicación interrumpida por el corte de la carretera no pudiera restablecerse por rutas alternativas, o éstas revistieran especial dificultad, se aumentará en un grado la categoría basada en la IMD, si no fuera ya "Alta". A efectos del revestimiento de caces y cunetas se podrá rebajar en un grado la categoría basada en la IMD, si no fuera ya "Baja".  
 (\*\*) Estos casos cubren una extensa gama, en la que los límites que razonablemente cabría imponer a las condiciones de desagüe varían ampliamente (por debajo de los límites de la categoría superior) en función de las circunstancias locales: por lo que se dejan a criterio del proyectista.  
 (\*\*\*) Deberá comprobarse que no se alteran sustancialmente las condiciones de desagüe del cauce con el caudal de referencia correspondiente a un período de retorno de diez años.

FIGURA 3.4. Mínimos periodos de retorno. (Instrucción 5.2. IC Drenaje superficial).

– Riesgo de obstrucción:

- Las condiciones de funcionamiento de los elementos del drenaje superficial pueden verse alterados por su obstrucción, debida a cuerpos arrastrados por corriente.
- El de los elementos de drenaje superficial de la plataforma este riesgo es especialmente acusado los sumideros y conectores enterrados, debido a la presencia de basura o aterramientos. Para evitarlo se necesita un adecuado diseño, un cierto sobredimensionamiento y una eficaz conservación.
- El redondo solución de las obras de drenaje transversal, fundamentalmente por vegetación arrastrada por la corriente, dependerá de las características de los cauces y zonas inundables y puede clasificarse en dos categorías siguientes:
  - Alto: existe peligro de que elaboren tablas labores objeto de parecido tamaño.
  - Medio: pueden ser arrastradas cañas, arbustos y objetos de dimensiones similares, cantidades importantes.
  - Bajo: no es previsible el arrastre de objetos de tamaño en cantidad suficiente como para obstruir el desagüe.
- En nuestro caso, el riesgo de obstrucción es bajo por lo que no se tendrá en cuenta a la hora de dimensionar la red de drenaje.

– Daños:

- A efectos de la presente instrucción únicamente se considerarán como daños a las diferencias de los efectos producidos por el caudal de referencia, entre las situaciones correspondientes a la presencia de la carretera y de sus elementos de drenaje superficial y a su ausencia.

- Estos daños pueden clasificarse en dos categorías siguientes:
  - Los producidos en el propio elemento de drenaje o su entorno inmediato (aterramientos, erosiones, roturas).
  - Las interrupciones en el funcionamiento de la propia carretera o de días contiguas, debidas a inundación de su plataforma.
  - Los daños materiales a terceros por inundación de las zonas aledañas. Estos daños, a su vez, podrán considerarse catastróficos o no. No dependen del tipo de carretera ni de la circulación que ésta soporte, sino de su emplazamiento.

### 3.2. Caudal de referencia.

El método por el cual se va a calcular el caudal de referencia es el método racional, que como se indica en la instrucción 5.2. IC de drenaje superficial, que se calcula con la siguiente fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) * C * A * K_t}{3,6}$$

Donde:

- $Q_T$  (m<sup>3</sup>/s): Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno  $T$ , en el punto de desagüe de la cuenca (FIGURA 3.5).
- $I(T, t_c)$  (mm/h): Intensidad de precipitación (apartado 3.2.1.) correspondiente al período de retorno considerado  $T$ , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración  $t_c$ , de la cuenca.
- $C$  (Adimensional) Coeficiente medio de esorrentía (apartado 3.2.2) de la cuenca o superficie considerada.
- $A$  (Km<sup>2</sup>) Área de la cuenca o superficie considerada (apartado 3.2.3).
- $K_t$  (Adimensional) Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (apartado 3.2.4).

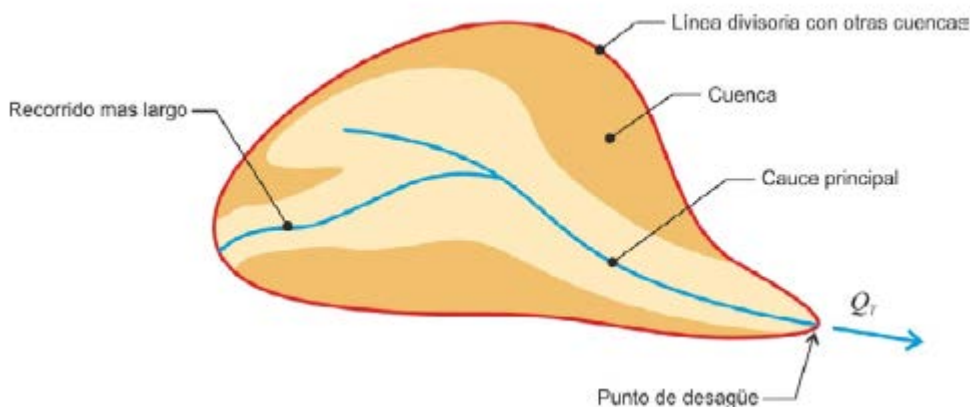


FIGURA 3.5: Esquema de cuenca (5.2. IC).

### 3.2.1. Intensidad de precipitación.

Para la determinación de la intensidad de precipitación  $I(T, t_c)$  correspondiente a un periodo de retorno  $T$  y una duración de aguacero  $t$  se usará la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d * F_{int}$$

Donde:

$I_d$ (mm/h): Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno  $T$  (Apartado 3.2.1.1.).

$F_{int}$  (Adim) Factor de intensidad (Apartado 3.2.1.2.).

#### 3.2.1.1. Intensidad media diaria de precipitación corregida.

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente para un periodo de retorno de 100 años, como se recomienda en la IAP-11, se obtiene mediante la fórmula:

$$I_d = \frac{P_d * K_d}{24}$$

Donde:

$P_d$ (mm): Precipitación diaria correspondiente al período de retorno  $T$ .

$K_d$  (Adimensional): Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

#### **Determinación de la precipitación diaria correspondiente a un periodo de retorno de 100 años:**

Para determinar la precipitación diaria de la zona de construcción del proyecto, vamos a usar el documento “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”. En él, encontramos una serie de planos que sirven para identificar las precipitaciones diarias de la zona de interés.

Para la determinación de la precipitación diaria, se debe:

1. Localizar el punto geográfico mediante el plano guía:

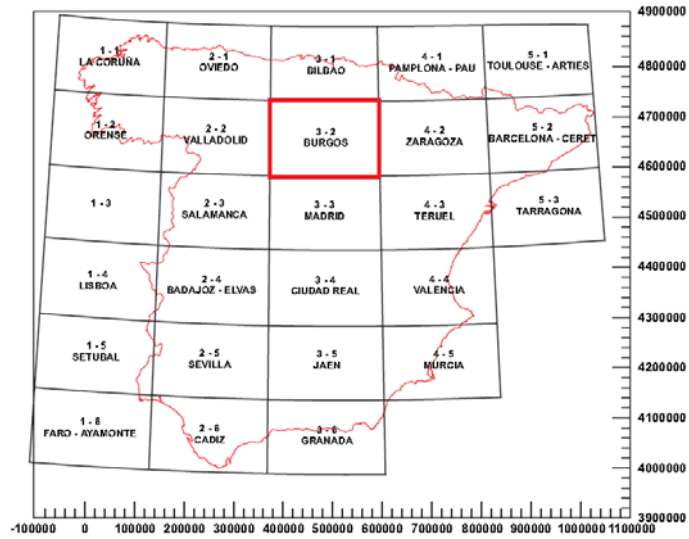


FIGURA 3. 6. Plano guía. “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”.

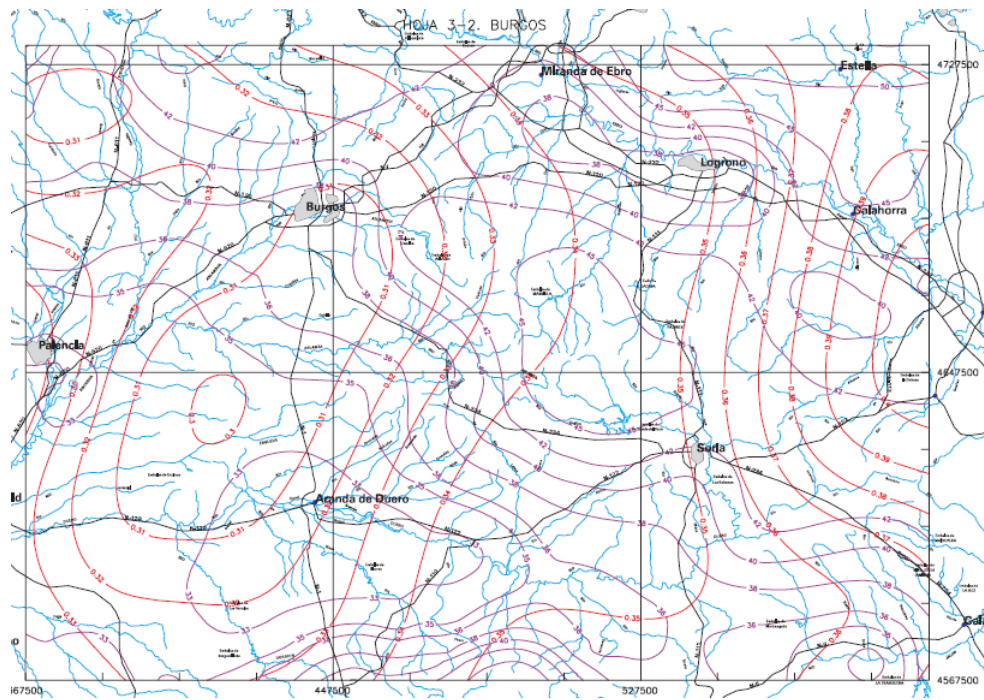


FIGURA 3.7. Hoja 3-2. Burgos. “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”.

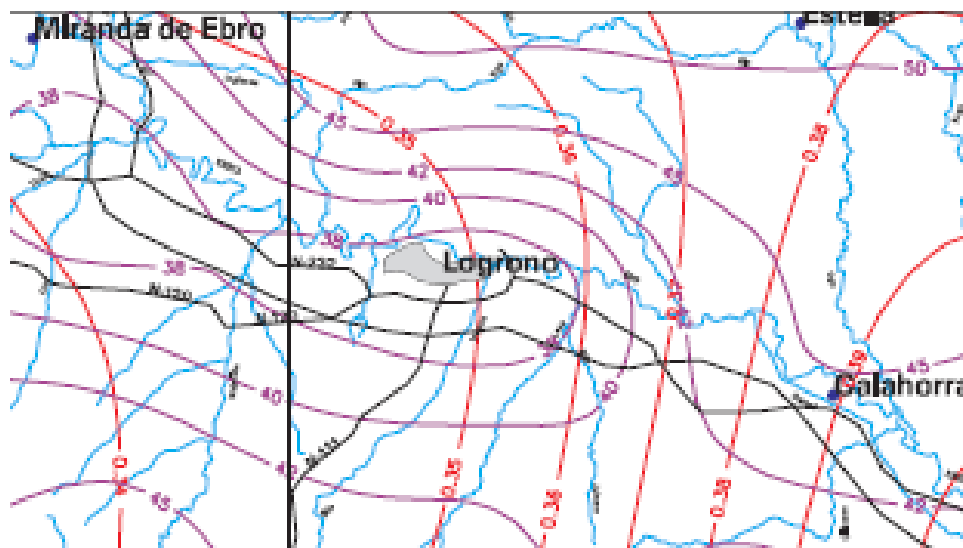


FIGURA 3.8. Detalle isolneas Logroño. “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular”.

2. Como se puede observar en las isolneas, la precipitación diaria de la zona (Pd) es de 38mm y el coeficiente de variación (Cu) es de 0,35.

3. Con el coeficiente de variación obtenido anteriormente y para un periodo de retorno de 100 años, se obtiene el factor de ampliación de la precipitación diaria máxima (Kt) con la siguiente tabla:

Cu	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953

Tabla 3.3. Kt en función del tiempo de retorno y Cu.

4. Se multiplica el factor de ampliación Kt obtenido por el valor de la precipitación obtenido anteriormente para obtener finalmente el valor real de la precipitación diaria máxima para un periodo de retorno de 100 años.

$$Pd = 38mm * 2,22 = 84,36mm$$

### **Determinación del factor reductor de la precipitación por área de la cuenca:**

El área de la cuenca, que en este caso sería la superficie de la pasarela, es menor a 1Km, por lo que el coeficiente reductor es igual a 1.

Con estos datos, determinamos la intensidad media diaria de precipitación corregida:

$$I_d = \frac{P_d * K_d}{24} = \frac{84,36mm * 1}{24h} = 3,515mm/h$$

#### 3.2.1.2. Factor de intensidad. $F_{int}$ .

El factor de intensidad introduce la torrencialidad del agua y depende de la duración del aguacero  $t$  y del periodo de retorno. Para su determinación se tomara el máximo valor de:

$$F_{int} = \max(F_a, F_b)$$

Donde:

$F_a$ : Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad ( $I_1/I_d$ ).

$F_b$ : Factor obtenido a partir de las curvas IDF de un pluviógrafo próximo.

#### **Determinación de $F_a$ :**

Para la determinación de  $F_a$  aplicaremos la siguiente formula:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287-2,5287t^{0,1}}$$

Donde:

$\frac{I_1}{I_d}$  (Adimensional): Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la Intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la FIGURA 2.4.

$t$  (Horas): Duración del aguacero.

Para obtener el factor  $F_a$  se igualará el tiempo de duración del aguacero con el tiempo de concentración, que se ha calculado en el apartado siguiente.

Para determinar el índice de torrencialidad se ha recurrido al mapa de isobaras de la instrucción 5.2. IC:

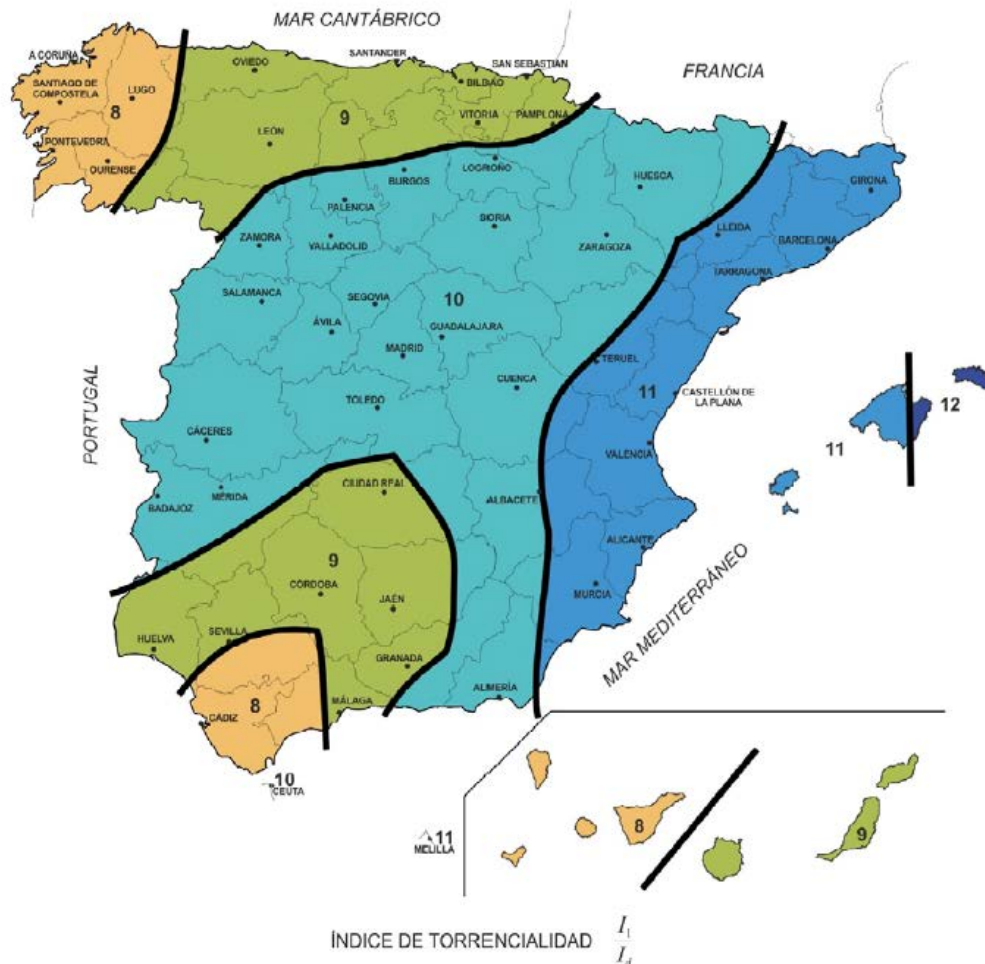


FIGURA 3.9: Mapa de índice de torrencialidad. 5.2. IC.

Como se puede observar en la FIGURA X-9, el índice de torrencialidad es 10 y, como se calcula en otro apartado, el tiempo de concentración es de 0,0287 horas, por lo que  $F_a$  quedará:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)^{3,5287-2,5287t^{0,1}} = 10^{3,5287-2,5287*0,0287^{0,1}} = 56,99$$

### Determinación de $F_b$ :

$$F_b = K_b * \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)}$$

Donde:

$I_{IDF}(T, t_c)$  (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno  $T$  y al tiempo de concentración  $t_c$ , obtenido a través de las curvas IDF del pluviógrafo (FIGURA 2.5).

$I_{IDF}(T, 24)$  (mm/h): Intensidad de precipitación correspondiente al período de retorno  $T$  y a un tiempo de aguacero igual a veinticuatro horas ( $t = 24$  h), obtenido a través de curvas IDF (FIGURA 2.5).

$K_b$  (Adim): Factor que tiene en cuenta la relación entre la intensidad máxima anual en un período de veinticuatro horas y la intensidad máxima anual diaria. En defecto de un cálculo específico se puede tomar  $kb = 1,13$ .

Para la determinación de la intensidad de precipitación se necesitan las curvas IDF correspondientes al pluviógrafo de Logroño. El gráfico se ha realizado con la siguiente tabla:



Tiempo	It 100	200 años	50 años
1	35,12	39,22	30,97
2	23,12	25,83	20,39
3	17,86	19,95	15,75
4	14,77	16,50	13,03
5	12,70	14,19	11,20
6	11,20	12,51	9,88
7	10,05	11,23	8,87
8	9,14	10,21	8,06
9	8,40	9,38	7,41
10	7,78	8,69	6,86
11	7,25	8,10	6,39
12	6,80	7,59	5,99
13	6,40	7,15	5,64
14	6,05	6,76	5,34
15	5,74	6,41	5,06
16	5,46	6,10	4,82
17	5,22	5,83	4,60
18	4,99	5,57	4,40
19	4,78	5,34	4,22
20	4,60	5,13	4,05
21	4,42	4,94	3,90
22	4,26	4,76	3,76
23	4,11	4,60	3,63
24	3,98	4,44	3,51

Tabla 3.4. Parámetros curvas IDF.

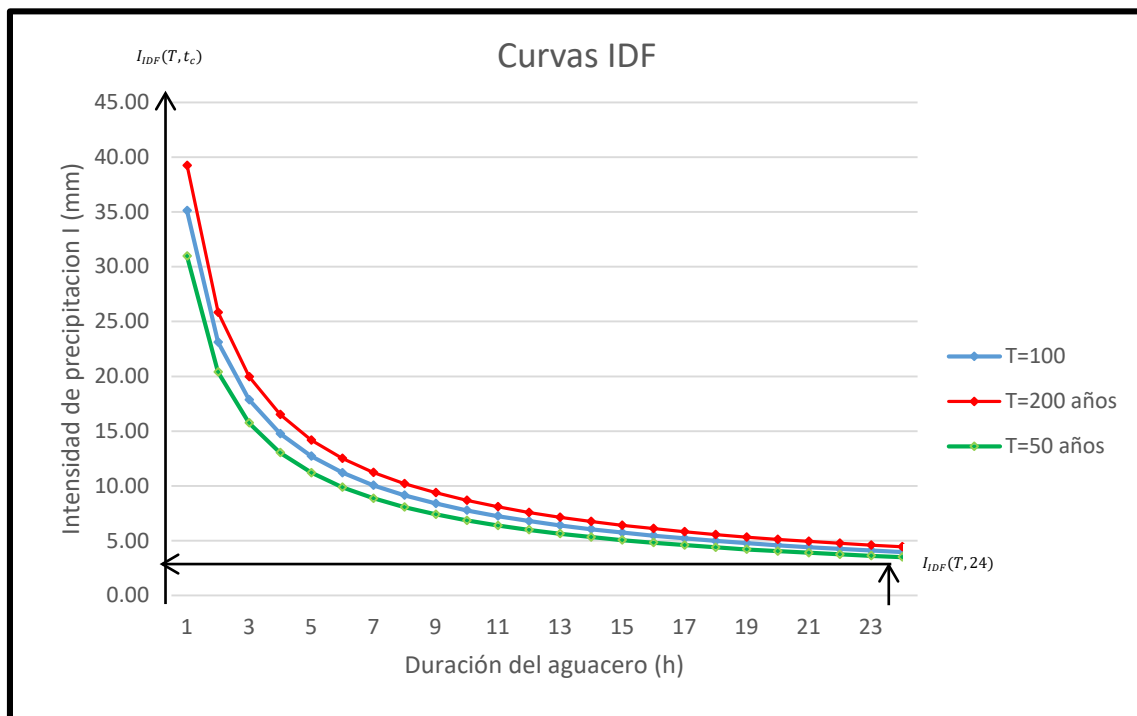


FIGURA 3.10. Curvas IDF para unos periodos de retorno de 50, 100 y 200 años.

A partir de la FIGURA 3.10 se han obtenido los valores de  $I_{IDF}(T, 24) = 4,5$  y de  $I_{IDF}(T, t_c) = 223,53$  (este último no se aprecia en la FIGURA pero se ha calculado).

Con estos datos y teniendo en cuenta que  $K_b = 1,13$ , podemos calcular  $F_b$ .

$$F_b = K_b * \frac{I_{IDF}(T, t_c)}{I_{IDF}(T, 24)} = 1,13 * \frac{223,53}{4,5} = 56,13$$

Como se ha mencionado anteriormente  $F_{int} = \max(F_a, F_b) = \max(56,99; 56,13)$  por lo que el factor de intensidad es 56,99.

Finalmente, con todos los cálculos realizados, se calcula la intensidad de precipitación:

$$I(T, t) = I_d * F_{int} = 3,515 * 56,99 = 200,32 \text{ mm/h}$$

### 3.2.1.3. Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración es el tiempo mínimo necesario desde que comienza el aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$t_c = 0,3 * L_c^{0,76} * J_c^{-0,19}$$

Donde:

$L_c$  (Km): Longitud del cauce.

$J_c$  (Adimensional): Pendiente media del cauce.

Para el presente proyecto, se va a tomar la inclinación y la longitud de uno de los tramos mayores de la rampa para obtener el valor más extremo. Por lo tanto, la longitud será de 24,25 metros y la inclinación de un 8%. Con estos datos se obtiene un tiempo de concentración de:

$$t_c = 0,3 * L_c^{0,76} * J_c^{-0,19} = 0,3 * 0,02425^{0,76} * 0,08^{-0,19} = 0,0287 \text{ horas} \\ = 1,72 \text{ minutos}$$

### 3.2.2. Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía  $C$ , define la parte de la precipitación de intensidad  $I(T, t_c)$  que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. Omitiendo a la norma y desde el lado de la lógica, el coeficiente de escorrentía del proyecto es 1 ya que el hormigón con el cual se quiere conformar el pavimento no absorbe el agua.

### 3.2.3. Área de la cuenca.

El área de la cuenca corresponderá al área de estudio de las zonas afectadas por la lluvia, en este caso se dividirá cada calculo en 3 partes. Una para el tablero, otra para todo un tramo recto de rampas y la última para todo el tramo recto de las escaleras. En los últimos dos casos también incluiremos los descansillos para realizar un dimensionamiento por exceso y que no exista ningún tipo de riesgo.

- Tablero:  $45,2 \text{ m}^2 = 4,52 * 10^{-5} \text{ Km}^2$
- Escaleras:  $(1,4 + 1,4 + 2,7) * 1,4 = 7,7 \text{ m}^2 = 7,7 * 10^{-6} \text{ Km}^2$
- Rampas:  $(2 + 1,5 + 2 + 9,375 + 9,375) * 2 = 48,5 \text{ m}^2 = 4,85 * 10^{-5} \text{ Km}^2$

### 3.2.4. Coeficiente de uniformidad de la distribución temporal de la precipitación.

El coeficiente  $K_t$  tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} = 1 + \frac{0,0287^{1,25}}{0,0287^{1,25} + 14} \approx 1$$

El valor de  $K_t$ , al tener un tiempo de concentración tan pequeño, es prácticamente 1.

Finalmente, con todos los resultados anteriores, obtenemos el caudal de referencia de las diferentes estructuras del proyecto.

- Tablero:

$$\begin{aligned}
 Q_T &= \frac{I(T, t_c) * C * A * K_t}{3,6} = \frac{200,32 \text{ mm/h} * 1 * 4,52 * 10^{-5} \text{ Km}^2 * 1}{3,6} \\
 &= 2,51 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

– Escaleras:

$$\begin{aligned}
 Q_T &= \frac{I(T, t_c) * C * A * K_t}{3,6} = \frac{200,32 \text{ mm/h} * 1 * 7,7 * 10^{-6} \text{ Km}^2 * 1}{3,6} \\
 &= 4,28 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

– Rampas:

$$\begin{aligned}
 Q_T &= \frac{I(T, t_c) * C * A * K_t}{3,6} = \frac{200,32 \text{ mm/h} * 1 * 4,85 * 10^{-5} \text{ Km}^2 * 1}{3,6} \\
 &= 2,7 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

### 3.3. Sistema de drenaje.

#### 3.3.1. Inclinación.

Para una correcta conducción de las aguas de lluvia que pueden llegar a la pasarela, todas las partes de la misma tendrán una inclinación del 1% en la dirección en la que se encontrarán los canales de drenaje. De este modo se garantiza una correcta eliminación de las aguas pluviales.

#### 3.3.2. Canales de drenaje.

Una vez calculados los caudales de referencia para las distintas partes del proyecto, se va a buscar el sistema para el correcto desagüe de estos caudales. Para ello, se deberá tener en cuenta no solo la capacidad de desagüe que tenga el canal, sino también las dimensiones del canal y su peso, el material, su durabilidad, etc... debido a que además de una correcta evacuación de las aguas pluviales, se debe procurar una vida útil aceptable, la comodidad de los peatones y la geometría del mismo.

Según la norma EN 1433:2002, que regula el diseño, la clasificación y la conformidad de los distintos sistemas de drenaje para zonas de circulación utilizados por peatones y vehículos, se dividen los sistemas de drenaje en diferentes clases de carga, tal y como se indica en la siguiente FIGURA.



FIGURA 3.11: Clases de carga.

Como se puede observar en la FIGURA, las clases vienen determinadas por el tipo de tránsito que tendrá la zona. Para el presente proyecto, el tipo de carga es A 15, tránsito de peatones y ciclistas.

Para la elección del canal de drenaje se ha usado el catálogo de la empresa ACO iberia dentro de la gama ACO XtraDrain 100.

### Conjuntos Canal + Reja - Conjuntos Canal + Grelha

Tipo	Clase Carga	Descripción Descrição	Long. Comp. cm	Ancho Largura cm	Altura l/f cm	Und. Palet Unid. Palete	Peso Kg	Cap. Hidra. L/s	Abs. Reja Abs. Grelha cm <sup>2</sup> /m	Área Área cm <sup>2</sup>	Cod. Artículo Artigo
XD100	A15	Canal Baja Altura H7.5 Reja A. Galva. Canal Baixa Altura H7.5 Grelha A. Galva.	100	13,8	7,5	30	3,1	1,5	312,0	30,0	C0002002
XD100	A15	Canal Baja Altura H10 Reja A. Galva. Canal Baixa Altura H10 Grelha A. Galva.	100	13,8	10,0	30	3,3	2,7	312,0	54,2	C0002005
XD100	A15	Canal 0.0 Reja A. Galva. - Canal 0.0 Grelha A. Galva.	100	13,8	15,0	30	3,9	3,2	312,0	85,0	C0002008
XD100	B125	Canal 0.0 Reja Composite - Canal 0.0 Grelha Compósite	100	13,8	15,0	30	3,5	3,2	284,0	85,0	C0002006
XD100	C250	Canal 0.0 Reja Composite - Canal 0.0 Grelha Compósite	100	13,8	15,0	30	3,9	3,2	284,0	85,0	C0002007

FIGURA 3.12: Canales de drenaje XtraDrain.

Como se observa en la imagen anterior, el único canal que cumple con las condiciones del caudal calculado anteriormente tanto para tablero como para rampa es XD100 de 3,2 L/s de capacidad hidráulica con una clase de A15. Por este motivo se escoge el conjunto canal+reja galvanizada.

Las dimensiones del canal elegido son las que se pueden observar en la FIGURA 3.13.

Además hay que mencionar que el material del canal elegido es composite y/o polietileno, lo que aligera bastante el propio canal sin perjudicar a su resistencia y, de esta manera, se evita añadir cargas a la estructura de la pasarela.

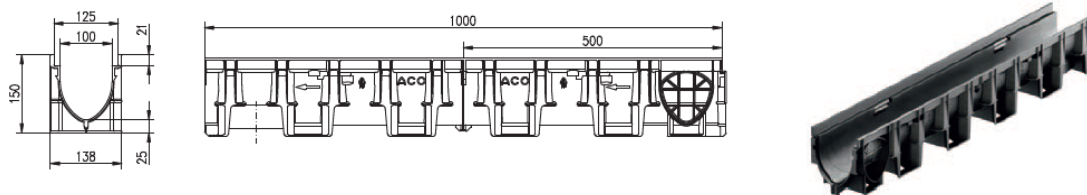


FIGURA 3.13: Dimensiones del canal

La reja que se ha elegido es de acero galvanizado. Sus características se pueden observar en la siguiente FIGURA:

### Reja - Grelha

Tipo	Clase Carga	Descripción Descripción	Long. Comp. cm	Ancho Largura cm	Altura i/fom	Und. Palet Unid. Palete	Peso Kg	Cap. Hidra. L/s	Abs. Reja Abs. Grelha cm <sup>2</sup> /m	Área Área cm <sup>2</sup>	Cod. Artículo Artículo
XD100	A15	Pasarela A. Galva. - Passarela A. Galva.	100	12,3	2,1	-	1,95	-	312	-	00012610
XD100	B125	Composite Negra con Microgrip Composita preta con Microgrip	50	12,3	2,1	-	0,8	-	284	-	00132710
XD100	B125	Entramada 30x10 A. Galva. - Entramada 30x10 A. Galva.	100	12,3	2,1	-	3,2	-	845	-	00132560
XD100	B125	Entramada 30x10 A. Inox. - Entramada 30x10 A. Inox.	100	12,3	2,1	-	3,2	-	845	-	00132559
XD100	C250	Composite Negra con Microgrip Composita preta con Microgrip	50	12,3	2,1	-	1	-	284	-	00132720



FIGURA 3.14: Reja.

El sistema de fijación entre el canal y la reja es mediante pestaña, que se compone de dos elementos. En el cuerpo del canal se hacen 4 pequeños encajes, dos por cada lado. La reja tiene un saliente que se introduce en estos encajes quedando fijada. Este sistema de montaje es adecuado para el paso de peatones además del paso ocasional de vehículos tipo turismo. Además es un sistema de montaje rápido.

Para las escaleras se va a colocar el mismo tipo de canal, con la excepción de usar uno con una capacidad menor. En este caso se ha elegido el conjunto canal + reja XD100 con capacidad de 1,5L/S.

### Conjuntos Canal + Reja - Conjuntos Canal + Grelha

Tipo	Clase Clase Carga	Descripción Descripción	Long. Comp. cm	Ancho Largura cm	Altura y'f cm	Und. Palet Und. Paleta	Peso Kg	Cap. Hidra L/s	Abs. Reja Abs. Grelha cm <sup>2</sup> /m	Área Área cm <sup>2</sup>	Cod. Artículo Artículo
XD100	A15	Canal Baja Altura H7.5 Reja A. Galva. Canal Baja Altura H7.5 Grelha A. Galva.	100	13,8	7,5	30	3,1	1,5	312,0	30,0	00002002
XD100	A15	Canal Baja Altura H10 Reja A. Galva. Canal Baja Altura H10 Grelha A. Galva.	100	13,8	10,0	30	3,3	2,7	312,0	54,2	00002005
XD100	A15	Canal 0.0 Reja A. Galva. - Canal 0.0 Grelha A. Galva.	100	13,8	15,0	30	3,9	3,2	312,0	86,0	00002008
XD100	B125	Canal 0.0 Reja Composite - Canal 0.0 Grelha Compósite	100	13,8	15,0	30	3,5	3,2	284,0	86,0	00002006
XD100	C250	Canal 0.0 Reja Composite - Canal 0.0 Grelha Compósite	100	13,8	15,0	30	3,9	3,2	284,0	86,0	00002007

FIGURA 3.15: Canales de drenaje XD 100.

#### 3.3.3. Cálculo de las bajantes.

La recogida de agua de los canales se realizará mediante dos bajantes en cada uno de los sistemas de rampas y una en el tablero.

Para el cálculo de bajantes pluviales se necesita saber la superficie, en proyección horizontal, para cada una de las bajantes en función de la intensidad pluviométrica.

Si la intensidad pluviométrica diferente a 100 mm/h, se deberá aplicar un factor de corrección a la superficie de tal modo que:

$$S = S_0 * f$$

Donde:

S<sub>0</sub>: Superficie inicial en proyección horizontal.

F: Factor de corrección de la superficie.

S: Superficie final a partir de la cual se calcula la bajante.

A su vez, el factor de corrección se calcula con la siguiente formula:

$$f = \frac{i}{100}$$

Para calcular la intensidad pluviométrica i, usaremos el mapa de isoyetas y zonas pluviométricas y la tabla para las intensidades pluviométricas siguientes:

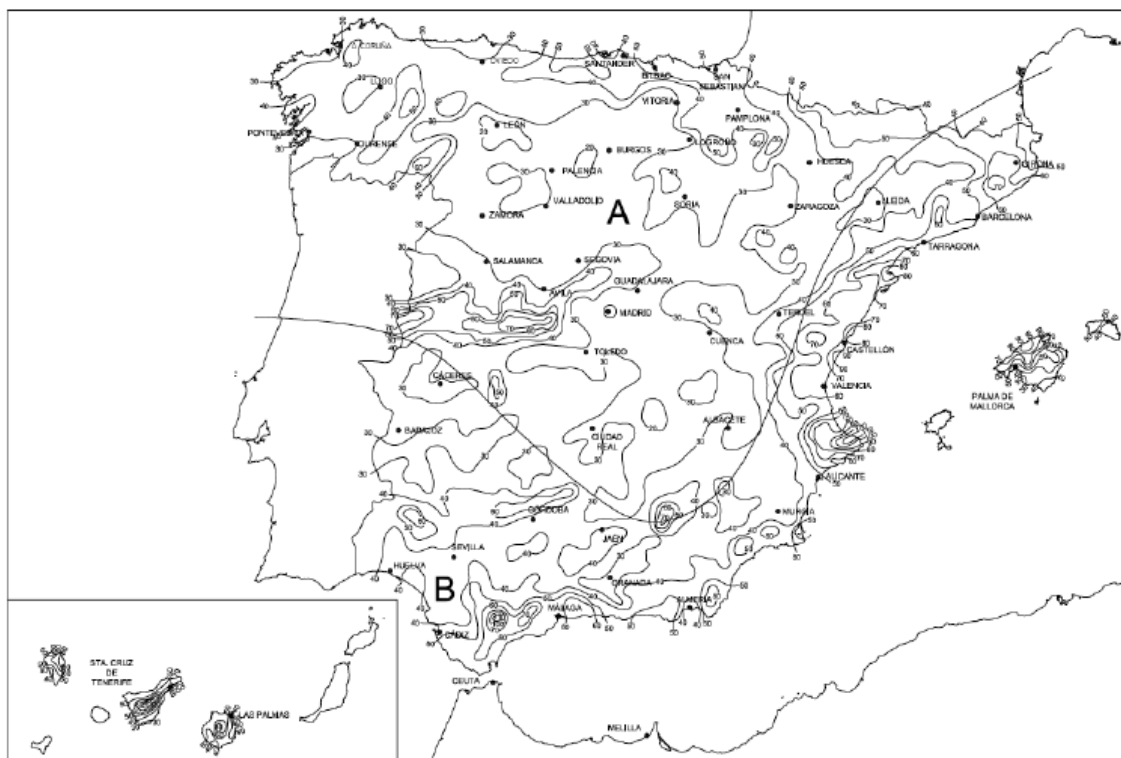


FIGURA 3.16: Mapa de isoyetas de España por zonas.

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

FIGURA 3.17: Intensidad pluviométrica por zonas.

Como se puede observar en la FIGURA 3.16, Logroño se encuentra en la zona A con una isoyeta de 50. Esto corresponde a una intensidad pluviométrica de 155 mm/h, gracias a la FIGURA 3.17.

Gracias a estos datos, se puede calcular el factor de corrección  $f=1,55$ . Con este dato y con el valor de las superficies totales que recogerán las bajantes, obtenemos el área total en superficie horizontal para el cálculo del diámetro de las bajantes.

El área que se va a calcular es la mayor área posible para una bajante, como se puede observar en el siguiente esquema:



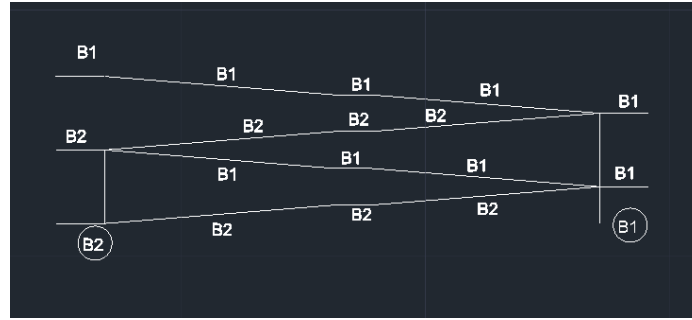


FIGURA 3.18: Esquema de bajante en rampas.

Como se puede observar en la FIGURA, la bajante 1 recoge las aguas pluviales de 4 rampas, 5 rellanos largos y 2 cortos, mientras que la bajante 2, recoge las de 4 rampas, 2 rellanos cortos y 2 largos, por lo que la bajante que se analiza por ser la que más área recoge es la 1:

	Numero	Longitud (m)	Ancho (m)	Área (m <sup>2</sup> )
<b>Rampa</b>	4	9,375	2	75
<b>Rellano largo</b>	5	2	2	20
<b>Rellano corto</b>	2	1,5	2	6
<b>Total</b>				101

Tabla 3.5: Superficie de las diferentes zonas.

El área que se debe introducir en la siguiente tabla para calcular la bajante de las rampas es de 101m<sup>2</sup>.

El área total que tendremos tras aplicar el factor de corrección es de:

$$S = S_0 * f = 101 * 1,55 = 156,55m^2$$

Al introducirlo en la tabla de la siguiente figura, da un diámetro de bajante de 75mm.

Superficie en proyección horizontal servida (m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

FIGURA 3.19: Diámetro de bajante en función de la superficie.

Para el tablero, cuya área es  $45,2\text{m}^2$ , tenemos un área equivalente de:

$$S = S_0 * f = 45,2 * 1,55 = 70,06\text{m}^2$$

Teniendo un diámetro de bajante de 63mm.

Superficie en proyección horizontal servida ( $\text{m}^2$ )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

FIGURA 3.20: Diámetro de la bajante en función de la superficie.

En cuanto a las escaleras, se va a aplicar el mismo método que para las rampas. Según el esquema, la bajante 1 recoge 2 escaleras y 5 rellanos, mientras que la bajante 2 recoge 2 escaleras y 2 rellanos. Cada uno de los tramos de escaleras está compuesto por 9 escaleras de 30 cm de huella.

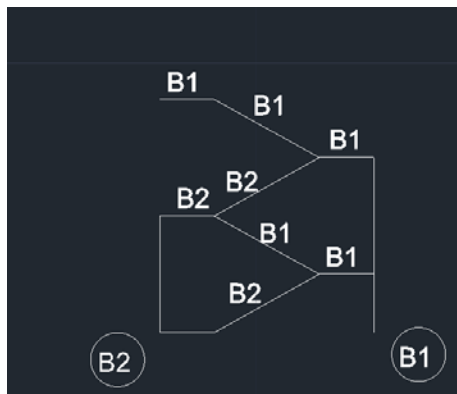


FIGURA 3.21: Esquema de bajante de las escaleras.

Por lo tanto, el área total que recogerá la bajante 1 es:

	Numero	Longitud (m)	Ancho (m)	Área ( $\text{m}^2$ )
<b>Escalera</b>	18	0,3	2	0,6
<b>Rellano</b>	5	1,4	2	2,8
<b>Total</b>				24,8

Tabla 3.6: Superficie de las diferentes zonas.

El área que se debe introducir en la tabla es:

$$S = S_0 * f = 24,8 * 1,55 = 38,44mm^2$$

Por lo que el diámetro nominal de la bajante es de 50mm.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO N° 4. – DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE  
TIERRAS.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	102
2. DEMOLICIONES.....	102
3. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	103
3.1. Introducción.....	103
3.2. Actuaciones a realizar.....	103
3.1.1. Replanteo.....	103
3.1.2. Excavación y transporte.....	103
3.1.3. Relleno.....	107
4. CONCLUSION.....	108

## 1. INTRODUCCIÓN.

En el presente anejo se van a describir todas las operaciones de demolición previas a la construcción de la obra de paso, además de los movimientos de tierras necesarios para ello.

## 2. DEMOLICIONES.

Debido al posicionamiento a tresbolillo del alumbrado público de la carretera sobre la que se encuentra el proyecto, es necesario eliminar una de estas farolas debido a que entorpece e impide su construcción.

Para su eliminación, la farola se desmontará con la debida precaución para evitar riesgos a los trabajadores y al tráfico de la carretera, sin entorpecer al mismo más de lo necesario. La farola se almacenará para su posterior reutilización.



FIGURA 4.1: Farola a eliminar.

### 3. MOVIMIENTO DE TIERRAS.

#### 3.1. Introducción.

En el siguiente apartado se pretenden describir todos los movimientos de tierra necesarios para llevar a cabo el proyecto y el soterramiento de la acequia existente que se describirá en el Anejo 8. Acondicionamiento del terreno.

#### 3.2. Actuaciones a realizar.

Para la realización correcta de todos los movimientos de tierras necesarios, es necesario definir las distintas actuaciones que se llevaran a cabo:

- Replanteo.
- Adecuación zona de cimentación calle Gustavo Adolfo Bécquer.
- Excavación y transporte.
- Relleno.
- Compactación.

##### 3.1.1. Replanteo.

El replanteo es la operación que tiene por objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica de la obra.

##### 3.1.2. Excavación y transporte.

En este apartado se definen las excavaciones necesarias para el soterramiento de la acequia existente y para la cimentación.

Para el soterramiento de la acequia, primero se deberá eliminar toda la broza. Una vez realizada esta operación, se eliminará la capa superficial de tierra existente que rodea a la acequia debido a su alto contenido orgánico, lo que puede ocasionar problemas. La longitud de acequia que se pretende soterrar es de 115 metros, con unas dimensiones que se pueden observar en la siguiente FIGURA. Y se pretende eliminar aproximadamente los 15 primeros centímetros de tierra. Esta tierra con alto contenido orgánico, se usará después a la hora de implantar el césped.

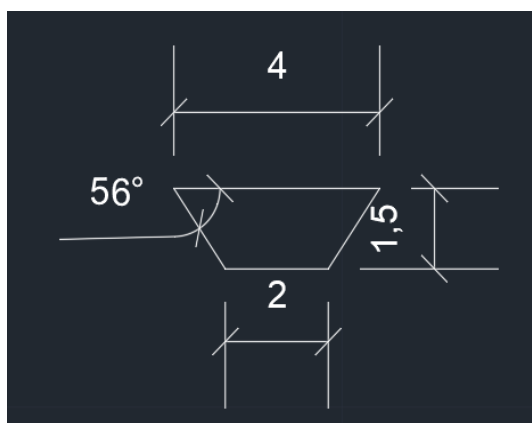


FIGURA 4.2: Dimensiones de la acequia.

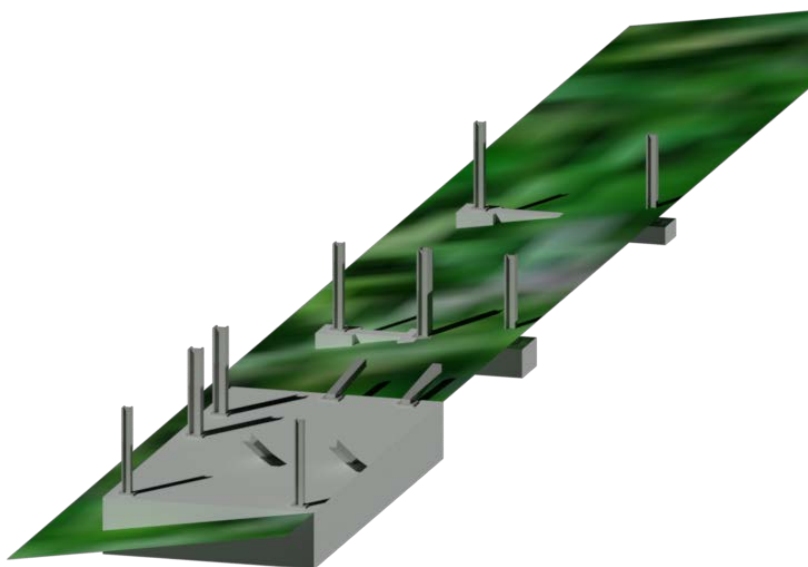
La cantidad de tierra a excavar en la acequia es aproximadamente:

$115 \text{ metros} * (2 \text{ metros} * 0,15 \text{ metros} + 1,8 \text{ metros} * 0,15 \text{ metros}) = 65,55 \text{ m}^3$  de tierra orgánica.

En cuanto a la excavación para la cimentación, para medir los metros cúbicos de tierra que es necesario extraer en la excavación necesitamos saber las dimensiones de las zapatas.

Además de esto, deberemos de dejar algo de margen para poder encofrar las zapatas de forma correcta y poder verter hormigón de limpieza en el fondo.

De estos metros cúbicos, hay que tener en cuenta que la zona de la calle Gustavo Adolfo Bécquer se encuentra en cuesta, por lo que no será necesario eliminar toda la tierra, tal y como se muestra en la siguiente imagen:



*FIGURA 4.3: Imagen 3-D de la cimentación.*

Del mismo modo que ocurría con la acequia, la parte más superficial del terreno alberga tierra orgánica, de modo que los 15 primeros centímetros se retiraran aparte para su posterior uso en la implantación del césped y jardinería en general.

De este modo los metros de tierra orgánica y normal que se deberán de excavar son:



### **Cimentación de la parte de la calle Gustavo Adolfo Bécquer.**

Teniendo en cuenta que el desnivel de este terreno tiene un Angulo de 8,75°. Se deberá tener en cuenta esto a la hora de calcular la tierra total a extraer.

*-Cimentación 1:*

**Tierra orgánica:** A pesar de la inclinación, la cantidad de tierra orgánica extraída no cambia.

$$(10,35+0,3) \text{ metros} \times (4,9+0,3) \text{ metros} \times (0,15) \text{ metros} = 8,3 \text{ m}^3.$$

**Tierra normal:** Se deberá tener en cuenta la inclinación para calcular la tierra a extraer.

$$[(10,35+0,3) \text{ metros} \times (4,9+0,3) \text{ metros} \times (1,3) \text{ metros}] - [(4,9+0,3) \text{ metros} \times (10,35+0,3) \text{ metros} \times (0,8) \text{ metros}] / 2 = 72 - 22,2 = 49,8 \text{ m}^3.$$

*-Cimentación 2:*

**Tierra orgánica:**

$$[(2,9+0,3) \text{ metros} \times (1,15+0,3) \text{ metros} \times (0,15) \text{ metros}] \text{ zapata 1} + [(0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,15) \text{ metros}] \text{ zapata 2} + [(1,1+0,3) \text{ metros} \times (0,4 + 0,3) \text{ metros} \times (0,15) \text{ metros}] \text{ viga de atado} = 0,7 + 0,35 + 0,15 = 1,2 \text{ m}^3$$

**Tierra normal:**

$$[[ (2,9+0,3) \text{ metros} \times (1,15+0,3) \text{ metros} \times (0,65+0,4) \text{ metros}] \text{ zapata 1} + [(0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,4+0,4) \text{ metros}] \text{ zapata 2} + [(1,1+0,3) \text{ metros} \times (0,4 + 0,3) \text{ metros} \times (0,4+0,4) \text{ metros}] \text{ viga de atado}] - [[ (2,9+0,3) \text{ metros} \times (1,15+0,3) \text{ metros} \times (0,49-0,4) \text{ metros}] \text{ zapata 1} + [(0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,8-0,4) \text{ metros}] \text{ zapata 2} + [(1,1+0,3) \text{ metros} \times (0,4 + 0,3) \text{ metros} \times (0,6-0,4) \text{ metros}] \text{ viga de atado}] / 2 = 1,3 + 1,85 + 0,8 - 2,4 - 0,5 - 0,1 = 0,95 \text{ m}^3$$

*-Cimentación 3:*

**Tierra orgánica:**

$$[(0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,15) \text{ metros}] \times 2 \text{ zapata 1 y 2} + [(3,15+0,3) \text{ metros} \times (0,4 + 0,3) \text{ metros} \times (0,15) \text{ metros}] \text{ viga de atado} = 0,7 + 0,4 = 1,1 \text{ m}^3.$$

**Tierra normal:**

$$[(0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,4+0,4) \text{ metros}] \times 2 \text{ zapata 1 y 2} + [(3,15+0,3) \text{ metros} \times (0,4 + 0,3) \text{ metros} \times (0,4+0,4) \text{ metros}] \text{ viga de atado}] - [[ (0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,18-0,4) \text{ metros}] \text{ zapata 1} + [(0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,85+0,3) \text{ metros} \times (0,75-0,4) \text{ metros}] \text{ zapata 2} + [(3,15+0,3) \text{ metros} \times (0,4 + 0,3) \text{ metros} \times (0,62-0,4) \text{ metros}] \text{ viga de atado}] / 2 = 3,7 + 2 - (-0,5) - 0,8 - 0,55 = 4,85 \text{ m}^3.$$

### **Cimentación del margen en el que no hay nada.**

Para realizar esta cimentación, no se deberá tener en cuenta nada en especial.

*-Cimentación 4:*

#### **Tierra orgánica:**

$(10,05+0,3)$  metros x  $(4,9+0,3)$  metros x  $(0,15)$  metros =  $8 \text{ m}^3$ .

#### **Tierra normal:**

$(10,05+0,3)$  metros x  $(4,9+0,3)$  metros x  $(1,25)$  metros =  $67,3 \text{ m}^3$ .

*-Cimentación 5:*

#### **Tierra orgánica:**

$[(3,1+0,3)$  metros x  $(1,3+0,3)$  metros x  $(0,15)$  metros] zapata 1 +  $[(0,85+0,3)$  metros x  $(0,85+0,3)$  metros x  $(0,15)$  metros] zapata 2 +  $[(1,1+0,3)$  metros x  $(0,4 + 0,3)$  metros x  $(0,15)$  metros] viga de atado =  $0,82 + 0,35 + 0,15 = 1,3 \text{ m}^3$

#### **Tierra normal:**

$[(3,1+0,3)$  metros x  $(1,3+0,3)$  metros x  $(1,05)$  metros] zapata 1 +  $[(0,85+0,3)$  metros x  $(0,85+0,3)$  metros x  $(0,4)$  metros] zapata 2 +  $[(1,1+0,3)$  metros x  $(0,4 + 0,3)$  metros x  $(0,4)$  metros] viga de atado =  $5,8 + 0,9 + 0,45 = 7,15 \text{ m}^3$

*-Cimentación 6:*

#### **Tierra orgánica:**

$[(0,85+0,3)$  metros x  $(0,85+0,3)$  metros x  $(0,15)$  metros] x 2 zapata 1 y 2 +  $[(3,15+0,3)$  metros x  $(0,4 + 0,3)$  metros x  $(0,15)$  metros] viga de atado =  $1 \text{ m}^3$ .

#### **Tierra normal:**

$[(0,85+0,3)$  metros x  $(0,85+0,3)$  metros x  $(0,4)$  metros] x 2 zapata 1 y 2 +  $[(3,15+0,3)$  metros x  $(0,4 + 0,3)$  metros x  $(0,4)$  metros] viga de atado =  $2,8 \text{ m}^3$ .

Por lo tanto el total de tierra orgánica extraída es de  $20,9 \text{ m}^3$  y de tierra normal es de  $132,85 \text{ m}^3$ .

La excavación de este material se llevara a cabo con una retroexcavadora y el material extraído se verterá en dos contenedores. Uno para la tierra orgánica que posteriormente se depositará para la realización de la zona ajardinada y otro para la tierra normal, que se usará para el relleno de la acequia.

### 3.1.3. Relleno.

Se pretende realizar un soterramiento en la acequia existente. Para ello, tal y como se indica en el Anejo 8: Acondicionamiento del terreno, se introducirá un tubo de hormigón de 800mm de diámetro. Como con este tubo no se llenará del todo el espacio dejado por la acequia, se deberá de rellenar con tierra.

El volumen total que se necesita para realizar el relleno total será de:

$$115\text{metros} * [(2\text{metros} * 1,5\text{metros} + 1\text{metro} * 1,5\text{metros}) - (\pi * 0,4^2)] = 460\text{m}^3 \text{ de tierra.}$$

## 4. CONCLUSION.

Como se necesitan  $460 \text{ m}^3$  de tierra normal para hacer el relleno del paso de la acequia y a la hora de realizar la excavación de las cimentaciones extraemos  $132,85 \text{ m}^3$ , se necesitarán un total de  $327,15 \text{ m}^3$  de tierra de baja calidad para poder realizar el relleno de forma correcta.

Además, la tierra orgánica extraída de la superficie de la acequia y de las cimentaciones es  $20,9 + 65,55 = 86,45 \text{ m}^3$ .

El total de tierra orgánica necesaria para realizar el jardín del camino y la pasarela es de:

Área 1:  $718 \text{ m}^2$

Área 2:  $62 \text{ m}^2$

Área 3  $550 \text{ m}^2$

Área 4:  $57 \text{ m}^2$

Área total =  $1387 \text{ m}^2$ .

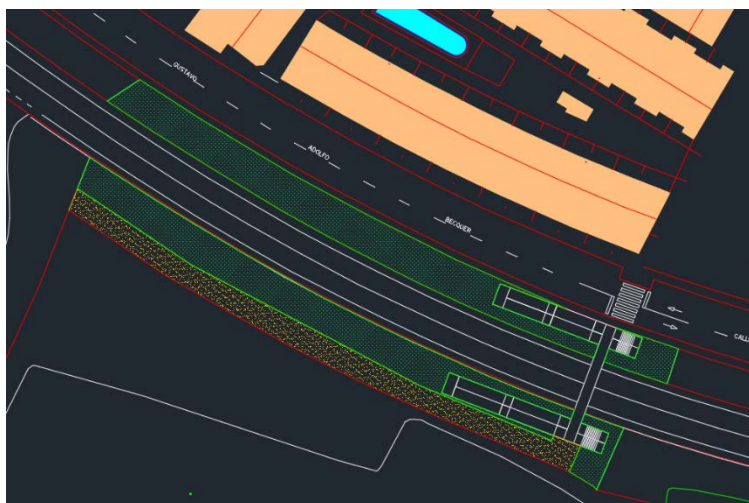


FIGURA 4.4: Zona ajardinada, soterramiento de la acequia y adecuación del camino.

Se planea colocar tierra orgánica con una profundidad de unos  $15 \text{ cm}$ , por lo que se necesitarán en total  $208,05 \text{ m}^3$  de tierra orgánica para realizar los jardines. Sabiendo que se tienen  $86,45 \text{ m}^3$ , en total se necesitan  $121,6 \text{ m}^3$  de tierra orgánica.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 5. – ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	111
2. NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD.....	111
2.1. Reglamento de accesibilidad en relación con las barreras urbanísticas y arquitectónicas. .....	111
2.1.1. Artículo 1. Objeto.....	111
2.1.2. Artículo 2. Ámbito de aplicación.....	112
2.1.3. Normas de los elementos Urbanísticos comunes.....	112
3. DEFINICIONES GEOMÉTRICAS.....	115
3.1. Tablero.....	115
3.2. Rampas.....	116
3.3. Escaleras.....	116

## 1. INTRODUCCIÓN.

En el presente anejo se va a definir la normativa de accesibilidad de La Rioja, de obligado cumplimiento para cualquier proyecto adaptado a personas con discapacidad en la comunidad autónoma de La Rioja.

También se van a definir las diferentes geometrías de las partes que componen la obra de paso, tales como rampas, escaleras, tablero, etc. De este modo quedará constancia del cumplimiento por parte de estos elementos de la normativa.

Finalmente se va a describir el paso alternativo del tráfico durante el tiempo que la carretera deberá estar cortada.

## 2. NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD.

Para el diseño y dimensionamiento de las diferentes partes que componen la estructura, se ha tenido en cuenta el DECRETO 19/2000, DE 28 DE ABRIL, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE ACCESIBILIDAD EN RELACIÓN CON LAS BARRERAS URBANÍSTICAS Y ARQUITECTÓNICAS, EN DESARROLLO PARCIAL DE LA LEY 5/1994, DE 19 DE JULIO.

Además, para el diseño de la propia pasarela se ha tenido en cuenta la Normativa de Pasarelas Peatonales expedida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

### 2.1. Reglamento de accesibilidad en relación con las barreras urbanísticas y arquitectónicas.

#### 2.1.1. Artículo 1. Objeto.

Por el presente Decreto, se aprueba el Reglamento de Accesibilidad al Medio Físico en relación con las Barreras Urbanísticas y Arquitectónicas que se incluyen en el ANEXO, en el que se establecen los criterios básicos para la supresión de barreras urbanísticas y arquitectónicas que dificulten o impidan la integración al medio físico de las Personas con Movilidad Reducida (PMR).

Todo ello, al objeto de garantizar a las PMR o con cualquier otra limitación, la accesibilidad y utilización de los bienes y servicios de la sociedad, así como promover ayudas técnicas necesarias, evitando y suprimiendo las barreras y obstáculos físicos o sensoriales que impidan o dificulten su normal desenvolvimiento y las medidas de fomento y control en el cumplimiento del mismo.

## 2.1.2. Artículo 2. Ámbito de aplicación.

1.- A efectos del presente decreto, las referidas disposiciones serán de aplicación dentro del ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de La Rioja, de forma general en municipios de más de mil habitantes, y específicamente en aquellas actuaciones urbanísticas y/o edificatorias, indicadas en la Disposición Undécima, CAPITULO 3, del anexo reseñado, que se realicen en cualquier municipio riojano independientemente de su número de habitantes.

2.- Serán de aplicación en todas las actuaciones que se ejecuten por las administraciones, por entidades o por particulares en materia de:

-Planeamiento, gestión o ejecución en materia de urbanismo.

-Redacción de proyectos y obras de edificación tanto de nuevo establecimiento, como de reforma y/o rehabilitación.

-Todas las edificaciones y construcciones de uso público o privado.

3.-En las poblaciones y/o inmuebles en los que por sus singulares características, el cumplimiento de este Decreto pueda hacer inviable una operación urbanizadora, constructiva o de rehabilitación, quedará limitada su aplicación a la viabilidad de la actuación.

En estos casos, se justificará el no cumplimiento de algunos de los preceptos establecidos en la Disposiciones del Anexo, presentando un estudio pormenorizado de la solución o soluciones alternativas ante la Dirección General de Urbanismo y Vivienda al objeto de obtener la preceptiva autorización.

## 2.1.3. Normas de los elementos Urbanísticos comunes.

### 2.1.3.1. Escaleras exteriores.

Una escalera se considera adaptada cuando:

1.-El ancho útil de paso es mayor de 1,20 metros.

2.-La relación huella /tabica cumple con la regla de comodidad. No admitiéndose tabicas mayores a 18,5 cm ni huellas menores de 28 cm.

3.-No sobrepasan los 10 peldaños en cada tramo, estableciéndose en su caso, descansillos de 1,20 metros mínimos en línea con la directriz.

4.-Tiene pasamanos a ambos lados de 5 cm de diámetro situados a 95 / 105 cm del suelo, separados del paramento vertical un mínimo de 5 cm y se prolongan al arranque y al final de cada tramo unos 40 o 50 cm. y los anclajes permitirán el deslizamiento continuo de la mano sobre ellos.

5.-El acabado superficial es tal que impide el deslizamiento tanto en seco como con el material mojado.

6.-El material de cobertura de huellas y descansillos es duro, bien asentado y recibido sobre la base, sin piezas sueltas, cejas ni resaltes distintos a los del grabado propio del material.

7.-Dispone de una iluminación suficiente exenta de deslumbramientos y de zonas oscuras y de una intensidad lumínica, a nivel del suelo, de 150 lux.

8.-En todo itinerario adaptado, si existe una escalera, debe existir una rampa adaptada o un ascensor adaptado, como solución alternativa.



### 2.1.3.2. Rampas exteriores.

La rampa exterior será practicable y/o adaptada, considerándose así las que cumplan las condiciones siguientes:

1.-La longitud y su pendiente serán:

Longitud	Pendiente máxima
Más de 15 metros	3 %
Entre 10 y 15 metros	6 %
Entre 3 y 10 metros	8 %
Menos de 3 metros	10 %

2.-Anchura mínima libre de obstáculos 1,50 metros y de directriz recta o curva muy ligera.

3.-Barandillas de protección a ambos lados con pasamanos doble continuos situados a 60/75 cm y 95/105 cm respectivamente de suelo.

Estos pasamanos están separados como mínimo 5 cm de los paramentos verticales, tendrán un diseño anatómico que permita adaptar la mano. Su sección será funcionalmente equivalente a un tubo redondo de 5 cm de diámetro.

### 2.1.3.3. Paso de peatones elevado.

Un paso de peatones a distinto nivel (Elevado), se entiende practicable y/o adaptado cuando está constituido por:

1.-Un puente o pasarela de 1,80 metros mínimo de ancho, que sirve de nexo a los dos laterales de una vía pública de tránsito rápido o medio o una autopista, autovía, etc.

Tanto el acceso a la pasarela, como la salida, se efectúa mediante rampas y escaleras (mejor ambas soluciones conjuntamente) situadas en los extremos del puente o pasarela.

2.-Tanto la pasarela como las rampas y escaleras que constituyen el paso elevado son adaptadas.

### 2.1.3.4. Mobiliario urbano.

El mobiliario urbano deberá ser adaptado, considerándose así los que cumplan las condiciones siguientes:

1.-Es accesibles a través de un itinerario practicable y/o adaptado.

2.-Los elementos urbanísticos de igual o menor dimensión a 0,90 x 0,90 metros, tales como postes de señalización vertical, semáforos, báculos de iluminación; jardineras, alcorques, setos, papeleras, buzones, columnas telefónicas, bolardos, horquillas, barandillas, etc., dejarán un paso mínimo de:

<b>Municipios</b>			
	Menores 25.000 hab.	10.000-25.000 hab.	1000-10.000 hab.
<b>Nivel de tráfico peatonal intenso</b>	2,00 metros.	1,50 metros.	1,40 metros.
<b>Nivel de tráfico peatonal medio</b>	1,50 metros.	1,40 metros.	1,00 metros.
<b>Nivel de tráfico peatonal bajo</b>	1,20 metros.	0,90 metros.	0,90 metros.

Tabla 5.1: Paso mínimo de los elementos urbanísticos en función de la población.

3.-Las cabinas telefónicas, de información, cajeros automáticos y cualquier elemento que deba ser accionado manualmente para su funcionamiento, deberán diseñarse de forma tal que los elementos a utilizar estén a una altura comprendida entre 1,00 m. y 1,20 m.

Nunca más de 1,40 metros.

Dejarán un espacio frontal libre mínimo de 1,50 metros para niveles de tráfico peatonal intenso o medio, y de 1,20 m. para niveles de tráfico peatonal bajo.

4.-Los elementos urbanísticos tales como terrazas de bar, quioscos, paneles anunciadores, etc. dejarán un espacio libre de:

<b>Municipios</b>			
	Menores 25.000 hab.	10.000-25.000 hab.	1000-10.000 hab.
<b>Nivel de tráfico peatonal intenso</b>	2,20 Metros.	1,80 Metros.	1,50 Metros.
<b>Nivel de tráfico peatonal medio</b>	2,00 Metros.	1,50 Metros.	1,20 Metros.
<b>Nivel de tráfico peatonal bajo</b>	1,50 Metros.	1,20 Metros.	0,90 Metros.

Tabla 5.2: Paso libre de diferentes elementos urbanísticos en función de la población.

7.-Bancos.

Se recomienda que tengan respaldos y apoyabrazos. Se consideran adaptados cuando cumplan las condiciones siguientes:

No invadan la zona libre de circulación de los itinerarios y/o aceras; estarán ubicados a lo largo de paseos y sendas, fuera de ellos, incluso sobre el césped y próximos a los accesos y zonas de recreo.

A un lado del banco existirá un espacio mínimo de 0,80 metros.

Tendrán las siguientes dimensiones (Recomendables):

- Altura del asiento 40/45 cm. del suelo
- Altura de los brazos 70/75 cm. del suelo
- Fondo del asiento 45/60 cm con pendiente ligera hacia la parte posterior.
- Respaldo 45/60 cm de ancho ligeramente inclinado hacia atrás con respecto al plano del asiento.

### 3. DEFINICIONES GEOMÉTRICAS.

A continuación se van a definir las dimensiones geométricas de las diferentes partes que componen la estructura apreciando el cumplimiento de la normativa.

#### 3.1. Tablero.

El galibo de la pasarela respecto de la plataforma de la carretera es de 5,5 metros, que es igual a la altura mínima de galibo que se debe tener bajo pasarelas, pórticos o banderolas sobre cualquier punto de la misma, tal y como se especifica en la norma 3.1. IC de carreteras.

En cuanto a la anchura del tablero, el ancho que se ha elegido es de 2 metros. Teniendo en cuenta que necesitaremos aproximadamente unos 10 centímetros a cada lado para la instalación de las barandillas, tendremos aproximadamente un ancho libre de 1,8 metros.

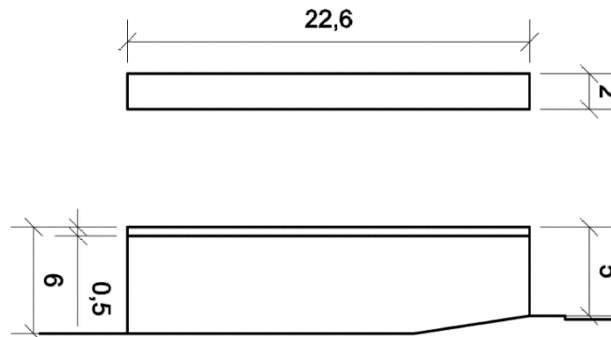


FIGURA 5.1: Dimensiones geométricas del tablero.

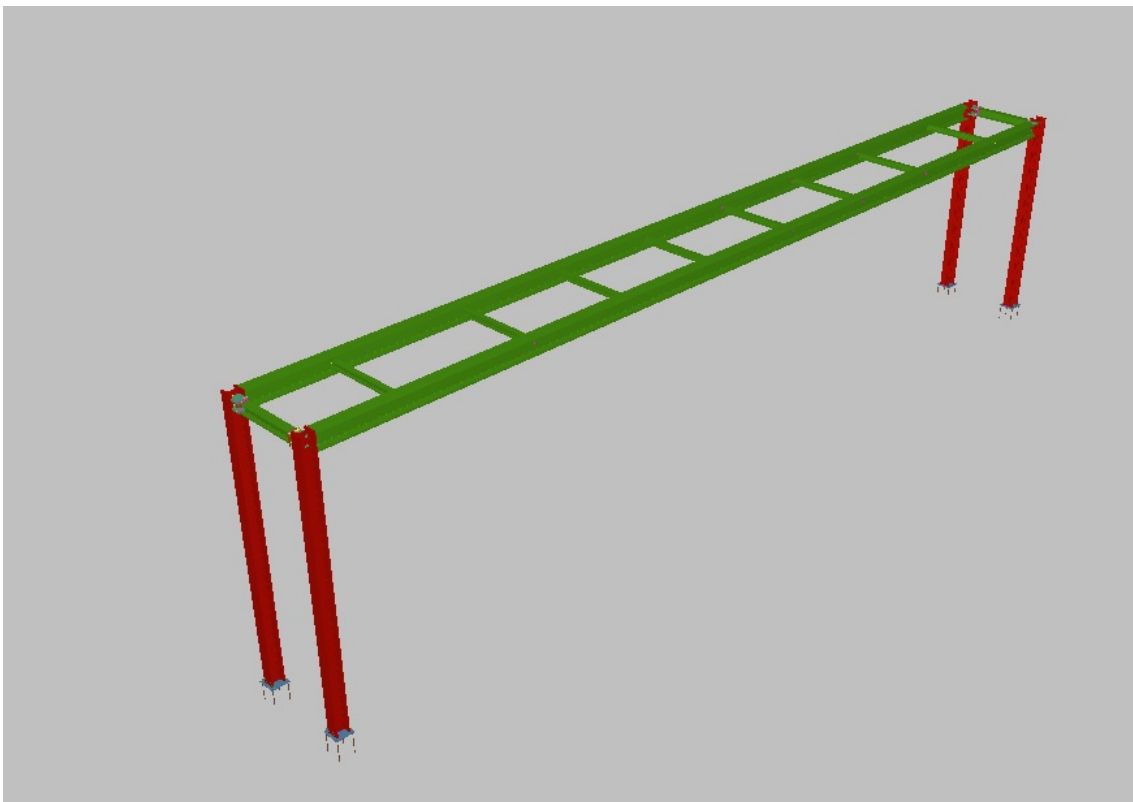


FIGURA 5.2: Geometría 3-D del tablero.

### 3.2. Rampas.

Como se indica en la normativa de accesibilidad de La Rioja, para rampas de entre 3 y 10 metros la pendiente máxima es del 8%. Los tramos de nuestra rampa tendrán una longitud dependiendo del margen. En el margen que da al campo de fútbol, necesitamos 75 metros de rampa a un 8% de pendiente, por lo que dividimos en 8 tramos de 9,375 metros cada uno. En el otro margen, tenemos una longitud de rampa de 62,5 metros para un 8% de pendiente, quedando dividido en 8 tramos de 7,8125 metros. Como se puede observar, todos los tramos son menores a 10 metros, por lo que cumplen.

La anchura de las rampas será de 2 metros, quitando 10 centímetros a cada lado debido a los pasamanos, quedan aproximadamente unos 1,8 metros. Esta anchura supera los 1,5 metros que se exigen en la norma como anchura libre de obstáculos.

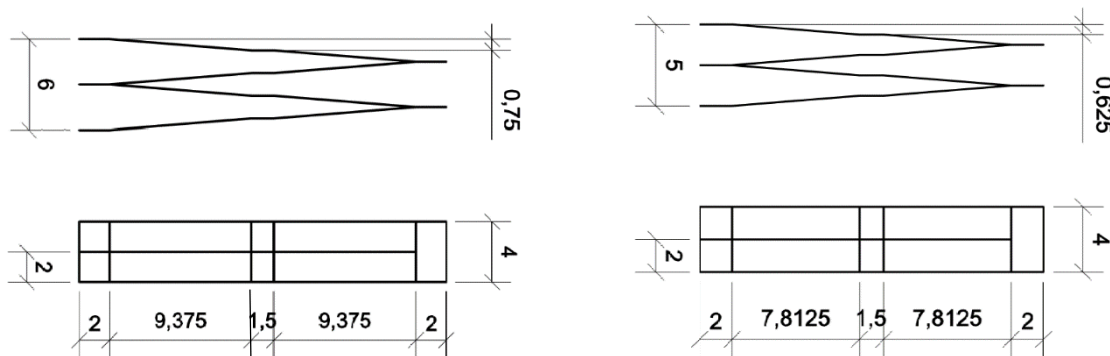


FIGURA 5.3: Dimensiones geométricas de las rampas.

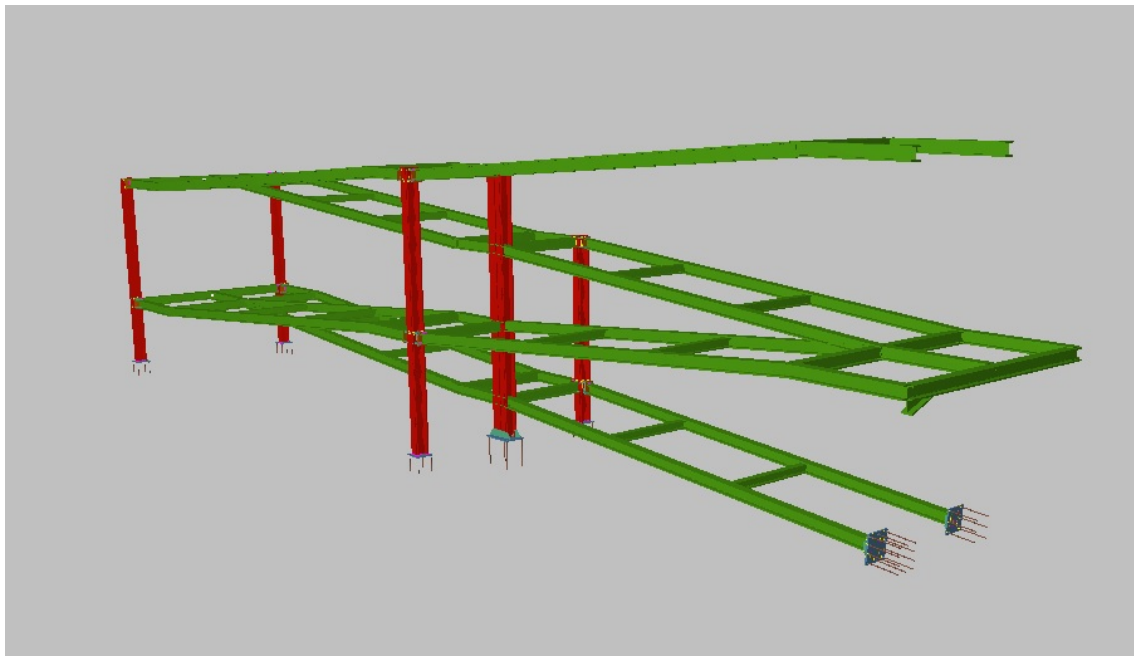


FIGURA 5.4: Geometría 3-D de las rampas.

### 3.3. Escaleras.

Las escaleras se han diseñado con un ancho de 2 metros, para respetar la simetría de las rampas con las escaleras. Teniendo en cuenta los pasamanos, nos queda un ancho libre de 1,8 metros, superando lo indicado en la normativa de accesibilidad.

Tanto la huella, de 30 centímetros en ambos lados, como la huella, de 16,6 centímetros en el margen del campo de futbol y de 15,625 centímetros en el otro margen, cumplen con la normativa que no permite contrahuellas mayores a 18,5 centímetros ni huellas menores a 28 centímetros.

Además, no se permiten tramos de más de 10 peldaños. En el margen del campo tenemos 4 tramos que salvan 1,5 metros cada uno. Cada uno de estos tramos tiene 9 escaleras y al final de cada uno un descansillo de 1,2 metros, tal y como se establece en la norma. En el otro margen, tenemos 4 tramos que salvan 1,25 metros cada uno cada uno tiene 8 escaleras y un descansillo al final de cada tramo.

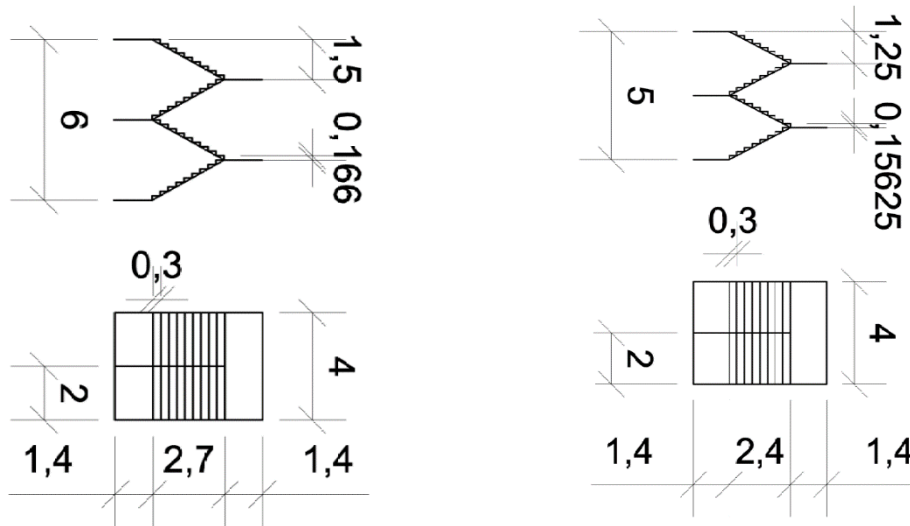


FIGURA 5.5: Dimensiones geométricas de las escaleras.

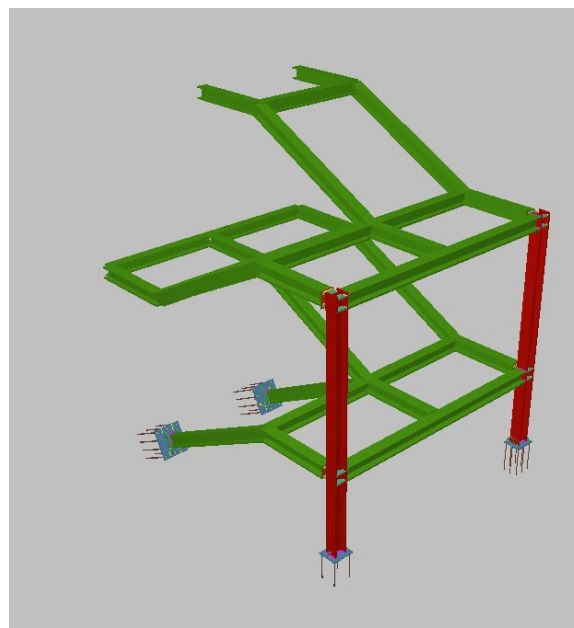


FIGURA 5.6: Geometría 3-D de las escaleras.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 6. – BASES DE CÁLCULO ESTRUCTURAL.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.	121
2.	DISEÑO DE LA PASARELA.	122
3.	TIPOLOGÍA DE PUENTES Y SU FUNCIONAMIENTO.	123
3.1.	Selección del tipo de puente.	124
3.2.	Elección del material constructivo.	124
4.	NORMATIVA A UTILIZAR.	126
4.1.	Ámbito de aplicación.	126
5.	PRINCIPIOS GENERALES DEL PROYECTO.	127
5.1.	Requisitos fundamentales.	127
5.2.	Vida útil.	127
5.3.	Criterios de comprobación.	127
5.4.	Situaciones de proyecto.	128
5.5.	Estados límite.	128
5.5.1.	Estados límite últimos.	128
5.5.2.	Estados límite de servicio.	129
5.6.	Verificaciones.	130
5.6.1.	Verificación en ELU.	130
5.6.2.	Verificación en ELS.	130
5.7.	Clasificación de las acciones.	131
5.7.1.	Valor de cálculo de las acciones.	132
6.	COMBINACIÓN DE ACCIONES.	136
6.1.	Combinaciones para comprobaciones en ELU.	136
6.1.1.	En situación persistente o transitoria.	136
6.1.2.	Situación accidental.	138
6.2.	Combinaciones para comprobaciones en ELS.	139
7.	Bases de cálculo.	140
7.1.	Descripción de los materiales.	140
7.2.	Acciones permanentes.	141
7.2.1.	Acciones permanentes de valor constante (G).	141
7.2.2.	Acciones permanentes de valor no constante (G*).	149
7.3.	Acciones variables.	150
7.3.1.	Sobrecarga de uso en pasarelas.	150
7.3.2.	Viento.	156
7.3.3.	Acciones térmicas.	173

7.3.4. Nieve. ....	178
7.4. Acciones accidentales. ....	184
7.4.1. Impactos. ....	184
7.4.2. Acción sísmica. ....	184
8. JUNTAS. ....	185
9. ACABADO Y MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA. ....	186
9.1. Acero. ....	186
9.2. Hormigón. ....	187
10. PRUEBAS DE CARGA. ....	188
10.1. Desarrollo de la prueba. ....	188
10.2. Informe de la prueba de carga. ....	188
10.3. Método de montaje. ....	189



## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo tiene como objetivo definir la pasarela peatonal que cruza la carretera LR-250 a su paso por Villamediana de Iregua y determinar las acciones de todos los elementos que la componen para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio. En él, se describen tanto la normativa, como los materiales utilizados, modelo de cálculo empleado y acciones consideradas sobre la misma.

Todos los cálculos y comprobaciones de los elementos de la pasarela se han realizado de acuerdo a la siguiente normativa:

- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11).
- Instrucción de Acero Estructural (EAE 11).
- Instrucción de Hormigón Estructural (EAE 08).
- Manual de aplicación de las recomendaciones RPM-RPX/95.
- Recomendaciones para la realización de Pruebas de Carga de recepción en puentes de carretera.

Para la realización de los cálculos del proyecto se ha usado el programa CYPE 3-D, además del programa CYPE Connect para la resolución de algunas uniones que no ha podido resolver el programa convencional de CYPE 3-D y finalmente, algunas uniones a mano debido a la imposibilidad de realizad estas mediante programas informáticos.

## 2. DISEÑO DE LA PASARELA.

Las pasarelas peatonales son utilizadas cuando se pretende salvar un obstáculo, como una carretera, un río, o un desnivel.

A la hora de diseñar una pasarela peatonal, se deben tener en cuenta una serie de criterios previos al diseño de la pasarela. Estos criterios son:

### - Estéticos.

La pasarela debe integrarse en la mayor medida posible en el entorno que la rodea, así como acoger características agradables para el usuario.

### - Durabilidad.

La vida útil de las pasarelas se establecerá como mínimo en 50 años, salvo justificación expresa. El proyecto debe considerar que este alcance minimizando los costes de conservación.

### - Constructivos.

Los elementos empleados para la construcción de pasarelas metálicas en su mayoría son prefabricados. Su uso hace que el plazo de ejecución de este tipo de estructuras disminuya, y consecuentemente también lo hagan los costes.

### - Funcionales.

En general, las pasarelas están destinadas al uso de peatones, adecuando su paso según los criterios de accesibilidad de acuerdo al Decreto 19/2000, de 28 de abril, por el que se aprueba el reglamento de accesibilidad en relación con las barreras urbanísticas y arquitectónicas, en desarrollo parcial de la ley 5/1994, de 19 de julio. Sin embargo, en algunas ocasiones, es necesario el paso de vehículos de emergencias o de mantenimiento, debiendo considerarse este factor en el diseño de la sección tipo de la pasarela.

### - Económicos.

No solo debe considerarse el coste de la estructura, sino que también hay que incluir el mantenimiento necesario y la frecuencia de dicho mantenimiento. Desde esta perspectiva suele resultar rentable un mayor coste de ejecución y menor mantenimiento, que viceversa.

### - Medioambientales.

En la fase de diseño de la infraestructura se preverá la minimización del impacto (final y de ejecución) y la naturalidad de los elementos constituyentes de la estructura, utilizando materiales de la zona siempre que sea técnica y económicamente posible.

### 3. TIPOLOGÍA DE PUENTES Y SU FUNCIONAMIENTO.

Existen varios tipos de puentes en función de su función y de su uso durante su vida útil. Podemos encontrar 5 tipos principales de puentes:

#### **Puentes viga.**

Puente cuyos vanos son soportados por vigas. Este tipo de puentes deriva directamente del puente tronco. Se construyen con madera, acero u hormigón (armado, pretensado o postensado).

Se emplean en vanos cortos e intermedios (con hormigón pretensado). Un uso muy típico es en las pasarelas peatonales sobre autovías.

#### **Puente en ménsula.**

Puente en el cual una o más vigas principales trabajan como ménsula o voladizo. Normalmente, las grandes estructuras se construyen por la técnica de volados sucesivos, mediante ménsulas consecutivas que se proyectan en el espacio a partir de la ménsula previa. Los pequeños puentes peatonales pueden construirse con vigas simples, pero los puentes de mayor importancia se construyen con grandes estructuras reticuladas de acero o vigas tipo cajón de hormigón postensado, o mediante estructuras colgadas.

#### **Puentes en arco.**

Puente con apoyos a los extremos de la luz, entre los cuales se hace una estructura con forma de arco con la que se transmiten las cargas. El tablero puede estar apoyado o colgado de esta estructura principal, dando origen a distintos tipos de puentes.

Los puentes en arco trabajan transfiriendo el peso propio del puente y las sobrecargas de uso hacia los apoyos mediante la compresión del arco, donde se transforma en un empuje horizontal y una carga vertical. Normalmente la esbeltez del arco (relación entre la flecha máxima y la luz) es alta, haciendo que los esfuerzos horizontales sean mucho mayores que los verticales. Por este motivo son adecuados en sitios capaces de proporcionar una buena resistencia al empuje horizontal.

Este tipo de puentes fueron inventados por los antiguos griegos, quienes los construyeron en piedra. Más tarde los romanos usaron cemento en sus puentes de arco. Algunos de aquellos antiguos puentes siguen estando en pie. Los romanos usaron solamente puentes de arco de medio punto, pero se pueden construir puentes más largos y esbeltos mediante figuras elípticas o de catenaria invertida.

#### **Puentes colgantes.**

Un puente colgante es un puente sostenido por un arco invertido formado por numerosos cables de acero, del que se suspende el tablero del puente mediante tirantes verticales. Desde la antigüedad este tipo de puentes han sido utilizados por la humanidad para salvar obstáculos. A través de los siglos, con la introducción y mejora de distintos materiales de construcción, este tipo de puentes son capaces en la actualidad de soportar el tráfico rodado e incluso líneas de ferrocarril ligeras.

### **Puentes atirantados.**

En términos de ingeniería civil, se denomina puente atirantado a aquel cuyo tablero está suspendido de uno o varios pilones centrales mediante obenques. Se distingue de los puentes colgantes porque en éstos los cables principales se disponen de pila a pila, sosteniendo el tablero mediante cables secundarios verticales, y porque los puentes colgantes trabajan principalmente a tracción, y los atirantados tienen partes que trabajan a tracción y otras a compresión. También hay variantes de estos puentes en que los tirantes van desde el tablero al pilar situado a un lado, y de ahí al suelo, o bien están unidos a un único pilar.

#### **3.1. Selección del tipo de puente.**

Como se ha visto en el apartado anterior, existen varios tipos de puentes y cada uno trabaja de una forma distinta.

En función de las características que se requieren en el proyecto, el tipo de puente elegido es un puente tipo viga, ya que la luz no es muy elevada y las condiciones y cargas que se requieren no son excesivamente grandes. Además, es el tipo de puente recomendado para una pasarela peatonal sobre carretera.

Por lo mencionado anteriormente, el tablero de la pasarela irá soportado por pilares en sus dos extremos ya que no es posible colocar un pilar en la parte central debido a la carretera que salvará el proyecto.

#### **3.2. Elección del material constructivo.**

Los materiales más comunes para la construcción de pasarelas peatonales son:

- Acero.
- Hormigón.
- Madera.

Los tres materiales mencionados son adecuados para la construcción del proyecto, pero se ha decantado por elegir el acero, ya que permite soportar grandes cargas con una sección reducida, pudiendo salvar grandes luces.

Además, este material permite una gran rapidez de montaje, una sección pequeña, que permite reducir el impacto visual, y un precio relativamente económico, por lo que lo hacen un material ideal para el proyecto.

Como se observa en la FIGURA 6.1 para una luz de unos 22 metros tenemos varias opciones, siendo la más sencilla y económica realizar el montaje del tablero mediante perfiles convencionales. Para ello, el tablero se compondrá de una serie de perfiles en el perímetro y de otros intermedios para proporcionar estabilidad a la estructura del tablero.

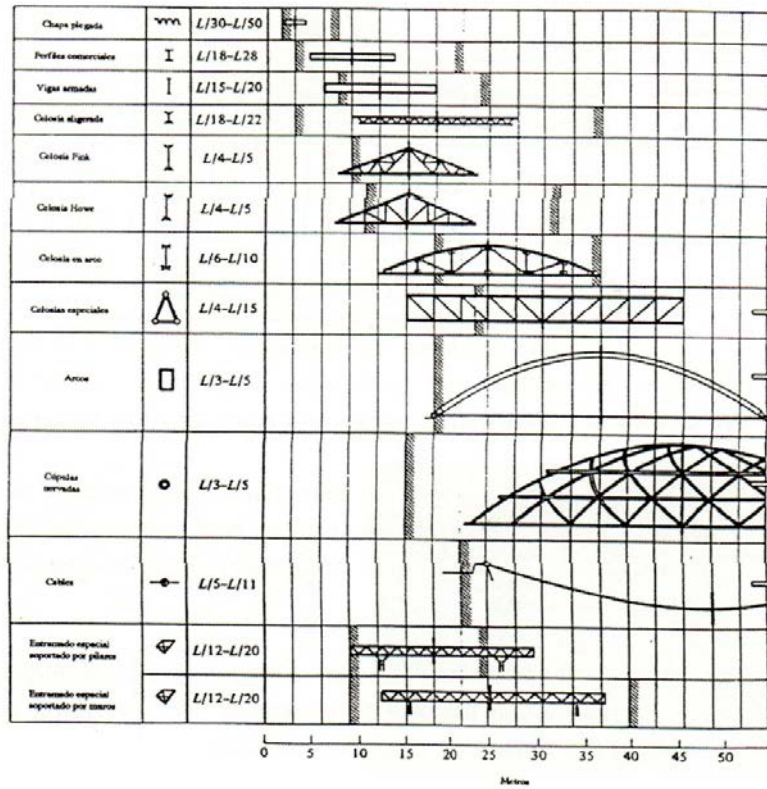


Figura 6. 1: Tipologías de puentes según luz.

## 4. NORMATIVA A UTILIZAR.

Para el cálculo de las acciones que actúan sobre los diferentes elementos estructurales del proyecto se ha usado la normativa IAP-11, mencionada anteriormente. A continuación se cita el objeto y ámbito de aplicación de dicha norma, así como los principios generales que debe cumplir el proyecto.

### 4.1. Ámbito de aplicación.

Esta instrucción tiene por objeto la determinación de las acciones, los coeficientes de ponderación y las combinaciones de acciones que deben tenerse en cuenta en el proyecto de puentes y otras estructuras de la red de carreteras del Estado (RCE). Además, se incluyen algunos criterios funcionales que tengan cumplir los puentes, con independencia de los materiales que los constituye.

También será de aplicación esta instrucción al proyecto de estructuras asimilables a los puentes (tales como falsos túneles, pontones o tajeas), a pasarelas para peatones, ciclistas o ciclomotores y a las obras de acompañamiento, como las escaleras, rampas de acceso y muros.

Asimismo, esta Instrucción podrá aplicarse en las comprobaciones correspondientes a la evaluación, ampliación o refuerzo de puentes existentes, con las especificaciones complementarias, o modificaciones de las prescripciones aquí recogidas, que la Dirección General de Carreteras establezca específicamente para cada caso.

Esta Instrucción se aplicara de forma complementaria con el resto de la normativa vigente que tenga en su ámbito de aplicación lo puentes y sus materiales constituyentes.

## 5. PRINCIPIOS GENERALES DEL PROYECTO.

### 5.1. Requisitos fundamentales.

Esta instrucción se ha redactado teniendo en cuenta los requisitos fundamentales siguientes:

- Una estructura debe ser proyectada y construida para que, con una probabilidad razonable, sea capaz de soportar todas las acciones que puedan solicitarla durante su construcción y uso, en el periodo de vida previsto, y de cumplir la función para la que ha sido construida con unos costes de conservación aceptables.
- Una estructura debe también ser concebida de manera que las consecuencias de acciones excepcionales, como sismos o impactos, no produzcan daños desproporcionados con la causa que los ha originado (requisito de robustez).

Para alcanzar los niveles de seguridad adoptados en esta Instrucción, además de las preinscripciones en ella establecidas, deberán cumplirse los principios siguientes:

- Los puentes serán proyectados por ingenieros con capacidad y experiencia suficiente.
- La construcción será realizada por técnicos y operarios con los conocimientos y la experiencia necesarios.
- Los materiales y productos utilizados cumplirán las prescripciones establecidas en los correspondientes reglamentos técnicos o, en su defecto, normas.
- Existirán controles de calidad adecuados durante todo el proceso de proyecto y ejecución de la estructura.
- La estructura estará destinada al uso para el que haya sido proyectada y construida.
- La estructura será conservada adecuadamente.

### 5.2. Vida útil.

Se entiende por *vida útil* de una estructura el periodo de tiempo, a partir de la fecha en que finaliza su ejecución, durante el cual debe cumplir la función para la que fue construida, contando siempre con la conservación adecuada pero sin requerir operaciones significativas de rehabilitación. Para los puentes de carretera objeto de esta Instrucción, se establece una vida útil de proyecto de cien (100) años.

### 5.3. Criterios de comprobación.

Las comprobaciones estructurales estarán basadas en la teoría de los estados límite y su verificación mediante el método de los coeficientes parciales de seguridad. En cada *situación de proyecto*, se comprobará que no se supera ninguno de los *estados límite* que proceda.

## 5.4. Situaciones de proyecto.

Una *situación de proyecto* de una estructura es un conjunto de condiciones físicas que representan las circunstancias reales que pueden presentarse durante un cierto intervalo de tiempo para el cual en el proyecto se va a comprobar que no se superan los estados límite pertinentes. Se considera que, durante ese intervalo de tiempo, los factores que afectan a la seguridad estructural no varían.

Cada una de las situaciones posibles, y entre ellas especialmente las que se producen durante la construcción de la obra proyectada, deben ser objeto de comprobaciones independientes.

Las situaciones consideradas en esta Instrucción son:

- *Situaciones persistentes*, que corresponden a las condiciones de uso normales de la estructura en su vida útil.
- *Situaciones transitorias*, que se producen cuando las condiciones de uso o estado de la estructura con temporales como, por ejemplo, durante su construcción o reparación, y para las que se considerará el correspondiente periodo de duración. A falta de estudios más detallados se podrá aceptar como tal un año.
- *Situaciones accidentales*, que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura como, por ejemplo, las provocadas por un impacto o por el fallo de algún elemento. Se considerarán instantáneas (salvo que dicho fallo pueda permanecer sin ser detectado).
- *Situaciones sísmicas*, que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura durante un evento sísmico. La situación sísmica se distingue del resto de situaciones accidentales debido a que en ella se establecen diferentes niveles de magnitud de la acción en función de los requisitos de seguridad o de servicio.

## 5.5. Estados límite.

Se definen como *estados límite* aquellas condiciones para las que puede considerarse que, de ser superadas, la estructura no cumple alguno de los requisitos de proyecto.

A efectos de aplicación de esta Instrucción, los estados límite se clasifican en estados límite últimos y estados límite de servicio.

### 5.5.1. Estados límite últimos.

Son aquellos tales que, si se sobrepasan, se produce el agotamiento o colapso de la estructura o de una parte de ella. A efectos de aplicación de esta Instrucción, en función del tipo de estructura, se deberán considerar los siguientes:

- *ELU de equilibrio* (EQU), por pérdida de estabilidad estática de una parte o del conjunto de la estructura, considerada como un cuerpo rígido. Se caracteriza por que pequeñas variaciones en el valor o en la distribución espacial de acciones con un mismo origen resultan significativas y porque la resistencia de los materiales estructurales o del terreno no son en general determinantes.
- *ELU de rotura* (STR), por agotamiento resistente o deformación plástica excesiva, donde la resistencia de los materiales estructurales es determinante.



- *ELU de fatiga* (FAT), relacionado con los daños que pueda sufrir una estructura o cualquiera de sus elementos como consecuencia de solicitaciones variables repetidas.

Los estados límite últimos de tipo geotécnico, cuya ocurrencia está controlada principalmente por las características del terreno, tales como socavación de cimientos, inestabilidad global o hundimiento por falta de capacidad de soporte del terreno, entre otros, no son objeto de esta Instrucción.

Sin embargo, la verificación de los ELU de rotura de algunos elementos estructurales llevará aparejada la inclusión de determinadas consideraciones de tipo geotécnico.

#### 5.5.2. Estados límite de servicio.

Son aquellos tales que, si se sobrepasan, la estructura dejará de cumplir el cometido para el que fue proyectada por razones funcionales, de durabilidad, o de aspecto, sin que ello suponga el colapso de la misma. A efectos de aplicación de esta Instrucción, en función del tipo de estructura, se deberán considerar los siguientes:

- *ELS de fisuración* que afecte a la durabilidad o estética del puente.
- *ELS de deformación* que afecte a la apariencia o funcionalidad de la obra, o que cause daño a elementos no estructurales.
- *ELS de vibraciones* que no sean aceptables para los usuarios del puente o que puedan afectar a su funcionalidad o provocar daños en elementos no estructurales.
- *ELS de plastificaciones* en zonas localizadas de la estructura que puedan provocar daños o deformaciones irreversibles.
- *ELS de deslizamiento* en uniones mediante tornillos de alta resistencia.

Los estados límite de servicio se pueden clasificar en *reversibles* e *irreversibles*. Los primeros son aquéllos que dejan de ser superados cuando desaparece la acción que los provoca. Los estados límite de servicio irreversibles son aquéllos que, una vez superados, se mantienen de forma permanente, incluso si se elimina la acción que los ha provocado.

## 5.6. Verificaciones.

### 5.6.1. Verificación en ELU.

Para verificar el ELU de equilibrio, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

Siendo:

- $E_{d,dst}$  = valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.
- $E_{d,stab}$  = valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

Para verificar el resto de los ELU, salvo el de fatiga, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_d \leq R_d$$

Siendo:

- $E_d$  = valor de cálculo del efecto de las acciones.
- $R_d$  = valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

La verificación del ELU de fatiga se efectuara de acuerdo con los criterios recogidos en la normativa específica de cada material estructural.

### 5.6.2. Verificación en ELS.

Para verificar el ELS, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_d \leq C_d$$

Siendo:

- $E_d$  = valor de cálculo del efecto de las acciones.
- $C_d$  = valor de cálculo del efecto de las acciones para el ELS considerado.

## 5.7. Clasificación de las acciones.

Las acciones se pueden clasificar atendiendo a:

- Su naturaleza:
  - Acción directa: fuerza aplicada sobre la estructura (peso propio, sobrecargas de uso, etc.).
  - Acción indirecta: una deformación o una aceleración impuesta a la estructura (acciones reológicas, térmicas, sísmicas, asientos, etc).
  
- Su variación en el tiempo:
  - Acciones permanentes de valor constante (G): son las que actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud, para una situación de proyecto determinada (peso propio de la estructura, del pavimento y de los elementos funcionales, etc.).
  - Acciones permanentes de valor no constante (G\*): son las que actúan en todo momento pero cuya magnitud no es constante.  
En este grupo se incluyen aquellas acciones cuya variación sea función del tiempo transcurrido y se produzca en un único sentido, tendiendo hacia un determinado valor límite (acciones reológicas, pretensado, asientos del terreno bajo las cimentaciones, etc.).  
También se incluyen otras acciones originadas por el terreno cuya magnitud no varía en función del tiempo, sino de la interacción terreno-estructura (por ejemplo, empujes sobre elementos verticales).
  - Acciones variables (Q): son acciones externas a la estructura que pueden actuar o no, y, si lo hacen pueden tener diferentes valores (sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.).
  - Acciones accidentales (A): son acciones de corta duración cuya probabilidad de actuación durante la vida útil de la estructura es pequeña, pero cuyos efectos pueden ser considerables (impactos de vehículos, sismos, avenidas de periodo de retorno importante, etc.).
  
- Su variación espacial:
  - Acciones fijas: son las que se aplican siempre en la misma posición (por ejemplo, el peso propio de los elementos estructurales y de algunos elementos funcionales).
  - Acciones libres: son las que pueden actuar en diferentes posiciones (por ejemplo las sobrecargas de uso).
  
- La respuesta estructural que producen:
  - Acciones estáticas o casi estáticas: son las que no provocan oscilaciones o vibraciones significativas en la estructura o en sus elementos estructurales.
  - Acciones dinámicas: son las que pueden originar oscilaciones o vibraciones significativas en la estructura o en sus elementos estructurales.

Para la aplicación de la IAP-11 se adopta la clasificación de acciones atendiendo a su variación en el tiempo.

El valor característico de una acción, que es su principal valor representativo puede venir determinado por un valor medio, un valor nominal (definido por medio de criterios determinísticos o apriorísticos) o, en los casos en que se fije mediante criterios estadísticos, por el correspondiente a una determinada probabilidad de no ser superado durante un periodo de referencia teniendo en cuenta la vida útil de la estructura y la duración de la situación de proyecto.

#### 5.7.1. Valor de cálculo de las acciones.

El valor de cálculo de una acción se obtiene multiplicando su valor representativo por el correspondiente coeficiente parcial  $\gamma_F$ .

Los coeficientes  $\gamma_F$  tendrán valores diferentes según la situación de proyecto de que se trate (bien persistente o transitoria, bien accidental o sísmica) y según el estado límite objeto de comprobación (equilibrio de la estructura o comprobaciones resistentes).

Los valores de coeficientes dados en los apartados siguientes, tienen en cuenta las incertidumbres tanto en la estimación del valor representativo de las acciones como en la modelización efecto de las acciones.

### 5.7.1.1. Valor de cálculo para comprobaciones en E.L.U.

#### 5.7.1.1.1. En situación persistente o transitoria.

- Comprobaciones de equilibrio (EQU).

Se adoptaran los coeficientes parciales  $\gamma_F$  de la siguiente FIGURA:

ACCIÓN		EFECTO	
		ESTABILIZADOR	DESESTABILIZADOR
Permanente (G y G*)	Peso propio	0,9 <sup>(1)</sup>	1,1 <sup>(1)</sup>
	Carga muerta	0,9 <sup>(1)</sup>	1,1 <sup>(1)</sup>
	Empuje del terreno	1,0	1,5
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,35
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,5
	Acciones climáticas <sup>(2)</sup>	0	1,5
	Empuje hidrostático	0	1,5
	Empuje hidrodinámico	0	1,5
	Sobrecargas de construcción	0	1,35

- (1) Los valores de 0,9 y 1,1 podrán sustituirse por 0,95 y 1,05 respectivamente, si se prevé la colocación de sistemas de control que permitan conocer, durante la ejecución de la obra, el valor de las fuerzas de desequilibrio y si se pueden adoptar las medidas correctoras necesarias para mantener este valor dentro de los límites que garanticen la seguridad de todos los elementos de la estructura afectados por esta acción. Los equipos y sistemas de control deberán ser definidos y valorados en los diferentes documentos del proyecto, de forma que sea preceptiva su instalación en la obra, incluyéndose una descripción detallada de las medidas correctoras que deberán adoptarse caso de ser necesarias.
- (2) Por acciones climáticas se entiende la acción térmica, el viento y la nieve.

FIGURA 6.2: Coeficientes parciales para las acciones  $\gamma_F$  (Para la comprobación del ELU de equilibrio). IAP-11.

- Comprobaciones resistentes (STR).

Se adoptaran los coeficientes parciales  $\gamma_F$  de la FIGURA siguiente:

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0	1,35
	Carga muerta	1,0	1,35
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado $P_1$	1,0	1,0 / 1,2 <sup>(1)</sup> / 1,3 <sup>(2)</sup>
	Pretensado $P_2$	1,0	1,35
	Otras presolicitaciones	1,0	1,0
	Reológicas	1,0	1,35
	Empuje del terreno	1,0	1,5
	Asientos	0	1,2 / 1,35 <sup>(3)</sup>
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,35
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,35
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,5
	Acciones climáticas	0	1,5
	Empuje hidrostático	0	1,5
	Empuje hidrodinámico	0	1,5
	Sobrecargas de construcción	0	1,35

- (1) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,2$  será de aplicación al pretensado  $P_1$ , en el caso de verificaciones locales tales como la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón en zonas de anclajes, cuando se toma como valor de la acción el que corresponde a la carga máxima (tensión de rotura) del elemento a testar.
- (2) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,3$  se aplicará al pretensado  $P_1$  en casos de inestabilidad (pandeo) cuando esta pueda ser inducida por el axil debido a un pretensado exterior.
- (3) El coeficiente  $\gamma_{G^*} = 1,35$  corresponde a una evaluación de los efectos de los asientos mediante un cálculo elasto-plástico, mientras que el valor  $\gamma_{G^*} = 1,2$  corresponde a un cálculo elástico de esfuerzos.

FIGURA 6.3: Coeficientes parciales para las acciones  $Y_f$  (Para las comprobaciones resistentes). IAP-11.

- Comprobación de fatiga (FAT).

Teniendo en cuenta que las comprobaciones de fatiga están profundamente ligadas al material estructural, los coeficientes parciales serán los recogidos por la normativa específica correspondiente.

### 5.7.1.1.2. En situación accidental.

Tanto para las comprobaciones de equilibrio (EQU) como resistentes (STR), se considerarán directamente como valores de cálculo los definidos para las acciones debidas a impactos y para otras acciones accidentales en la normativa.

### 5.7.1.2. Valor de cálculo para comprobaciones en E.L.S.

Para las comprobaciones en estado límite de servicio, se adoptarán los valores de los coeficientes parciales  $\gamma_F$  indicados en la siguiente FIGURA:

ACCIÓN		EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0	1,0
	Carga muerta	1,0	1,0
Permanente de valor no constante (G <sup>s</sup> )	Pretensado P <sub>1</sub>	0,9 <sup>(1)</sup>	1,1 <sup>(1)</sup>
	Pretensado P <sub>2</sub>	1,0	1,0
	Otras presolicitaciones	1,0	1,0
	Reológicas	1,0	1,0
	Empuje del terreno	1,0	1,0
	Asientos	0	1,0
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,0
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,0
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,0
	Acciones climáticas	0	1,0
	Empuje hidrostático	0	1,0
	Empuje hidrodinámico	0	1,0
	Sobrecargas de construcción	0	1,0

(1) Para la acción del pretensado se tomarán los coeficientes que indique la EHE-08 o normativa que la sustituya. En la tabla figuran los valores que la EHE-08 recoge para el caso de estructuras postesas. En el caso de estructuras pretesas, los coeficientes parciales son 0,95 y 1,05 para efecto favorable y desfavorable, respectivamente.

FIGURA 6.4: Coeficientes parciales para las acciones  $\gamma_F$  (ELS). IAP-11.

## 6. COMBINACIÓN DE ACCIONES.

Para cada situación de proyecto se identificarán las hipótesis de carga críticas y, para cada una de ellas, el valor de cálculo del efecto de las acciones se obtendrá combinando las acciones que puedan actuar simultáneamente, según los criterios generales que se indican en este apartado.

Las combinaciones de acciones para las comprobaciones de fatiga serán las indicadas en la normativa específica correspondiente a cada material estructural.

### 6.1. Combinaciones para comprobaciones en ELU.

Las combinaciones de acciones a tener en cuenta para las verificaciones en ELU, excluida la fatiga, serán las indicadas a continuación:

#### 6.1.1. En situación persistente o transitoria.

La combinación de acciones se hará de acuerdo con la expresión siguiente (combinación fundamental):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,m}^* + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,1} \psi_{0,i} Q_{K,i}$$

Donde:

- $G_{k,j}$  Valor característico de cada acción permanente.
- $G_{k,m}^*$  Valor característico de cada acción permanente de valor no constante.
- $Q_{k1}$  Valor característico de la acción variable dominante.
- $\psi_{0,i} Q_{K,i}$  Valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante.
- $\gamma_G, \gamma_Q$  Coeficientes parciales.

Deberán realizarse tantas hipótesis o combinaciones como sea necesario, considerando, en cada una de ellas, una de las acciones variables como dominantes y el resto como concomitantes.

Al combinar las diferentes acciones variables, se tendrán en cuenta las prescripciones siguientes:

- La sobrecarga de uso estará representada, para su combinación con el resto de las acciones, mediante los grupos de cargas siguientes, los cuales son excluyentes entre sí.



GRUPOS DE CARGAS <sup>m</sup>	PLATAFORMA					ACERAS
	CARGAS VERTICALES			FUERZAS HORIZONTALES		CARGAS VERTICALES
	VEHÍCULOS PESADOS	SOBRECARGA UNIFORME	AGLOMERACIÓN DE PERSONAS	FRENADO Y ARRANQUE	FUERZA CENTRIFUGA Y TRANSVERSAL	
<b>gr 1</b> (Cargas verticales)	Valor característico {apartado 4.1.2.1}	Valor característico {apartado 4.1.2.1}	–	–	–	Valor reducido: 2,5 kN/m <sup>2</sup>
<b>gr 2</b> (Fuerzas horizontales)	Valor reducido <sup>(2)</sup> : $\psi_1 Q_k$	Valor reducido <sup>(2)</sup> : $\psi_1 q_k$	–	Valor característico {apartado 4.1.3.1}	Valor característico {apartado 4.1.3.2}	–
<b>gr 3</b> (Peatones)	–	–	–	–	–	Valor característico {apartado 4.1.2.2}
<b>gr 4</b> (Aglomeraciones)	–	–	Valor característico {apartado 4.1.2.2}	–	–	Valor característico {apartado 4.1.2.2}

(1) La denominación de los grupos de cargas hace referencia a la componente dominante del grupo

(2) Se define como valor reducido el que corresponde al valor frecuente que figura en la *tabla 6.1-a*, es decir:

$\psi_1 = 0,75$  para los vehículos pesados

$\psi_1 = 0,40$  para la sobrecarga uniforme

FIGURA 6.5: Grupos de cargas de tráfico. Concomitancia de las diferentes componentes de la sobrecarga de uso. IAP-11.

- Cuando se considere el viento transversal sobre el tablero, se considerará la actuación simultánea de la componente vertical del viento y el momento de vuelco correspondiente.
- Cuando se considere el viento longitudinal sobre el tablero, no se considerará la actuación simultánea del viento transversal, ni el empuje vertical, ni el momento de vuelco correspondiente.
- Cuando se considere la acción del viento como predominante, no se tendrá en cuenta la actuación de la sobrecarga de uso.
- Cuando se considere la sobrecarga de uso como predominante, se considerará el viento concomitante correspondiente.
- Cuando se considere el grupo de cargas de tráfico gr 2 (fuerzas horizontales con su valor característico), no se considerará la actuación del viento ni de la nieve.
- No se considerará la acción simultánea del viento y de la acción térmica.

- En general, no se considerará la acción simultánea de la carga de nieve y de la sobrecarga de uso salvo en zonas de alta montaña, en cuyo caso se estudiará para el proyecto concreto la distribución espacial y la concomitancia de ambas acciones.

### 6.1.2. Situación accidental.

La combinación de acciones en situación accidental se hará de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} G_{k,m}^* + \psi_{1,1} Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{K,i} + A_d$$

Donde:

- $G_{k,j}$  Valor característico de cada acción permanente.
- $G_{k,m}^*$  Valor característico de cada acción permanente de valor no constante.
- $\psi_{1,1} Q_{K,i}$  Valor frecuente de la principal acción variable concomitante con la acción accidental.
- $\psi_{2,1} Q_{K,i}$  Valor casi-permanente del resto de las acciones variables concomitantes.
- $A_d$  Coeficientes parciales.

## 6.2. Combinaciones para comprobaciones en ELS.

Según el estado límite de servicio que se vaya a verificar, se adoptará una de los tres tipos de combinación de acciones indicados a continuación:

- Combinación característica (poco probable o rara)

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{K,i}$$

Esta combinación, que coincide formalmente con la combinación fundamental de ELU, se utiliza en general para la verificación de ELS irreversibles.

- Combinación frecuente

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \gamma_{Q1} \psi_{1,1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{K,i}$$

Esta combinación se utiliza en general para la verificación de ELS reversibles.

- Combinación casi- permanente

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{m \geq 1} \gamma_{G,m} G_{k,m}^* + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{K,i}$$

Esta combinación se utiliza también para la verificación de algunos ELS reversibles y para la evaluación de los efectos diferidos.

## 7. Bases de cálculo.

En el presente anejo se van a mostrar los cálculos que se han hecho para la realización de la estructura metálica. Debido a la complejidad de los cálculos necesarios para el conjunto de la estructura, se ha decidido dividirla en tres partes, permitiendo una simplificación y un dimensionamiento más sencillo y fiable. La división que se ha realizado es:

- Estructura del tablero.
- Configuración de los pilares.
- Configuración de rampas y escaleras.

A continuación se van a citar las diferentes acciones que indican sobre la estructura, de modo general y en particular para cada una de las divisiones anteriormente mencionadas.

### 7.1. Descripción de los materiales.

Los materiales que se van a utilizar tanto para la construcción metálica como su cimentación son los siguientes:

#### - Acero:

Se utilizarán perfiles y placas de anclaje, así como rigidizadores de acero S275 JR el cual tiene como características:

- Tensión de límite elástico: 255-275 N/mm<sup>2</sup>
- Tensión de rotura: 410 N/mm<sup>2</sup>

Los pernos de anclaje serán de acero corrugado B400S  $Y_s=1.15$ . Entre sus características se encuentran:

- Resistencia a tracción: 400Mpa
- Límite elástico: 440 Mpa
- Alargamiento de rotura: 14%

#### -Hormigón:

Para la cimentación se va a utilizar un HA-25  $Y_c=1.5$  que cuenta con las siguientes características:

- Resistencia a tracción: 2.6 N/mm<sup>2</sup>
- Peso específico: 25 kN/m<sup>3</sup>

## 7.2. Acciones permanentes.

### 7.2.1. Acciones permanentes de valor constante (G).

Las cargas permanentes son producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte del puente. A efectos de aplicación de esta Instrucción se clasifican en peso propio y cargas muertas.

Su valor característico se deducirá de las dimensiones de los elementos especificados en los planos, y de los pesos específicos correspondientes.

Salvo justificación expresa, se tomarán para los materiales de construcción más usuales los siguientes pesos específicos:

Fundición	72,5
Acero	78,5
Aluminio	27,0
Madera seca	6,0 a 9,0
Madera húmeda	10,5
Hormigón en masa	23,0 a 24,0
Hormigón armado y pretensado	25,0
Elementos de basalto, pórfidos y ofitas	31,0
Elementos de granito o caliza	30,0
Materiales granulares y rellenos (zahorras, gravas y arenas)	20,0
Pavimentos de mezcla bituminosa	23,0
Material elastomérico	15,0
Poliestireno expandido	0,3
Vidrio	25,0

FIGURA 6.6: Pesos específicos de diversos materiales [KN/m<sup>3</sup>].

### 7.2.1.1. Peso propio.

Esta acción se corresponde al peso de los elementos estructurales como pilares, vigas y arriostramientos. Dicha acción es calculada automáticamente por el programa Cype al describir cada perfil.

### 7.2.1.2. Cargas muertas.

Son las debidas a los elementos no estructurales que gravitan sobre la estructura, tales como: pavimento, elementos de contención, etc. En nuestro caso, las cargas muertas son producidas por el forjado mixto de chapa colaboraste que actúa como pavimento y por la barandilla.

Para determinar el valor característico del forjado colaborante, que a pesar de tener una función resistente se va a considerar como carga muerta para estar del lado de la seguridad, se ha consultado la tabla de peso propio de elementos constructivos del CTE, concretamente en el Documento Básico SE-AE (Seguridad Estructural Acciones en la Edificación) obteniendo para un espesor  $e < 12$  cm un valor de  $2 \text{ KN/m}^2$ .

Elemento	Peso
<b>Forjados</b>	$\text{kN} / \text{m}^2$
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total $< 0,12$ m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total $< 0,28$ m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total $< 0,30$ m	4
Forjado bidireccional, grueso total $< 0,35$ m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total $0,20$ m	5
<b>Cerramientos y particiones</b> (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	$\text{kN} / \text{m}$
Tablero o tabique simple; grueso total $< 0,09$ m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total $< 0,14$ m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total $< 0,25$ m	7
<b>Solados</b> (incluyendo material de agarre)	$\text{kN} / \text{m}^2$
Lámina pegada o moqueta; grueso total $< 0,03$ m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total $< 0,08$ m	1,0
Placas de piedra, o peldañeadas; grueso total $< 0,15$ m	1,5
<b>Cubierta, sobre forjado</b> (peso en proyección horizontal)	$\text{kN} / \text{m}^2$
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
<b>Rellenos</b>	$\text{kN} / \text{m}^3$
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardinerías, incluyendo material de drenaje <sup>(1)</sup>	20

<sup>(1)</sup> El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

FIGURA 6.7: Pesos propios de elementos constructivos. SE-AE.

El peso del sistema de iluminación y de drenaje se considera despreciable y el peso de las barandillas se va a tomar de  $30 \text{ kg/m}$  lineal, ya que en el catálogo de la empresa de la barandilla escogida aparece de  $26 \text{ kg/m}$  lineal sin tener en cuenta la adaptación.

– Cargas muertas en el tablero:

- Forjado colaborante:

$$\begin{aligned}
 & \frac{2KN}{m^3} * 0,08m \text{ espesor} * 2m \text{ ancho} * 2,51m \text{ largo} * \frac{1}{9,02m \text{ perimetro}} \\
 & * \frac{100kg}{KN} = 8,9Kg/m = 0,0089t/m
 \end{aligned}$$

- Barandilla:

$$30Kg/m$$

El total de las cargas muertas tanto en el tablero es de:

$$(8,9Kg/m + 30Kg/m) * \frac{1t}{1000kg} = 0,0389t/m$$

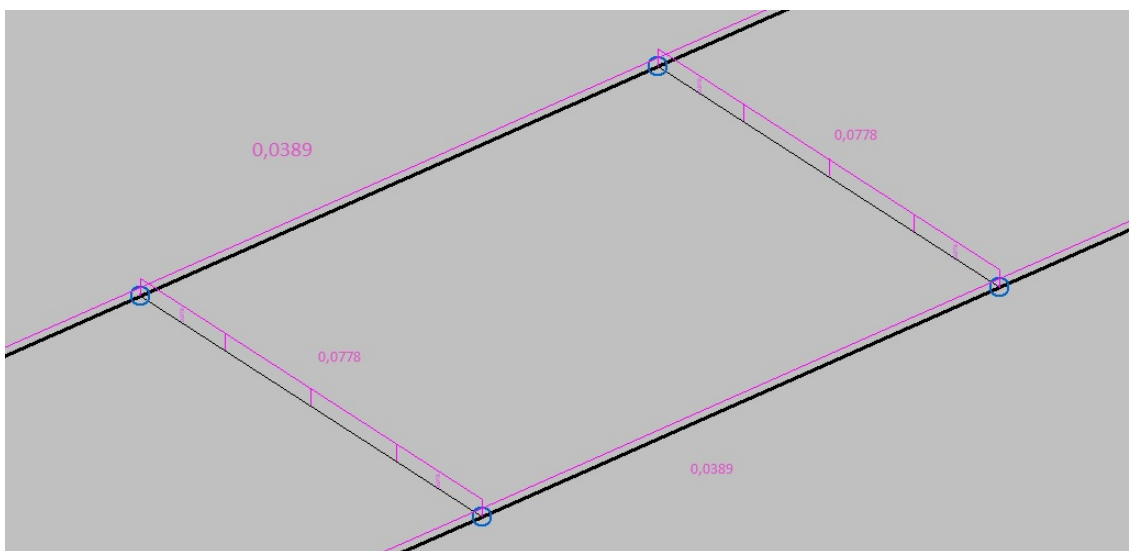


FIGURA 6.8: Cargas muertas en Tablero.

- Cargas muertas en las escaleras: A la hora de realizar las cargas muertas de las escaleras hay que tener en cuenta que, además del forjado y de las barandillas, tenemos escaleras. El peso propio de los peldaños prefabricados de las escaleras, además del propio forjado, depende del tramo de escaleras en el que nos situemos, que no es lo mismo el tramo que salva 1,5 metros que el que salva 1,25 metros.

- Forjado colaborante en descansillo:

$$\begin{aligned}
 & \frac{2KN}{m^3} * 0,08m \text{ espesor} * 2m \text{ ancho} * 1,4m \text{ largo} * \frac{1}{6,8m \text{ perimetro}} \\
 & * \frac{100kg}{KN} = \frac{6,588Kg}{m} = 0,006588t/m
 \end{aligned}$$

- Forjado colaborante en tramo en cuesta alto:

$$\frac{2KN}{m^3} * 0,08m \text{ espesor} * 2m \text{ ancho} * 3,1m \text{ largo} * \frac{1}{10,2m \text{ perimetro}} * \frac{100kg}{KN} = \frac{9,725Kg}{m} = 0,009725t/m$$

- Forjado colaborante en tramo en cuesta bajo:

$$\frac{2KN}{m^3} * 0,08m \text{ espesor} * 2m \text{ ancho} * 2,7m \text{ largo} * \frac{1}{9,4m \text{ perimetro}} * \frac{100kg}{KN} = \frac{9,2Kg}{m} = 0,0092t/m$$

- Barandilla:

$$30Kg/m$$

- Escaleras tramo alto:

$$\frac{56Kg}{m * escalon} * 2m * 9 \text{ escalones} * \left( \frac{1}{10,2m \text{ perimetro}} \right) = \frac{98,8Kg}{m} = 0,0988t/m$$

- Escaleras tramo bajo:

$$\frac{56Kg}{m * escalon} * 2m * 8 \text{ escalones} * \left( \frac{1}{9,4m \text{ perimetro}} \right) = \frac{95,3Kg}{m} = 0,0953t/m$$

El total de las cargas muertas sobre los descansillos es de:

$$(0,006588t/m + 30Kg/m) = 0,036588t/m$$

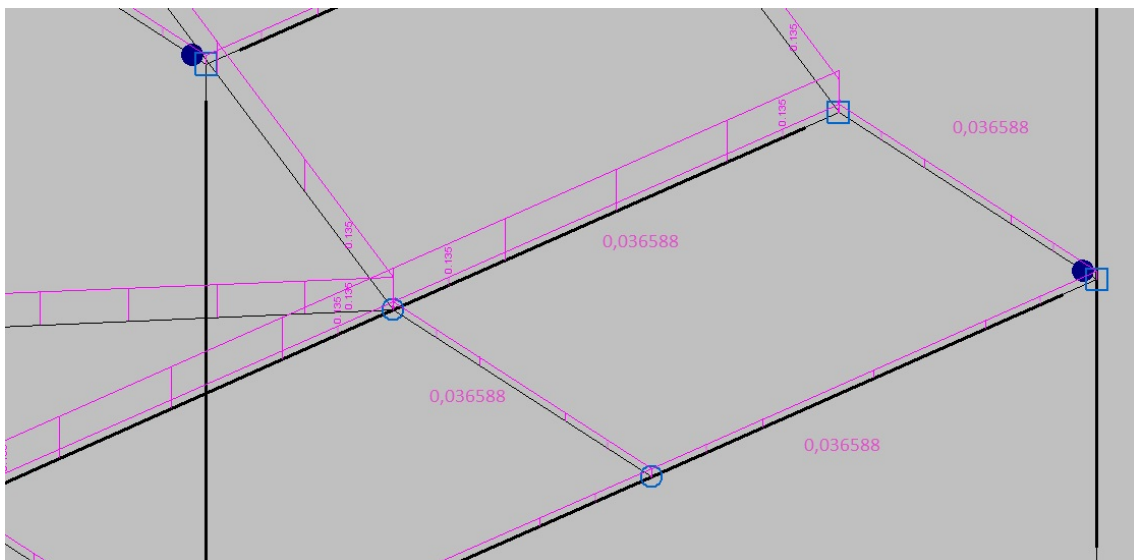


FIGURA 6.9: Cargas muertas sobre descansillo de las escaleras.



El total de las cargas muertas sobre los tramos altos es de:

$$\left(0,009725t/m + \frac{30Kg}{m} + 0,0988t/m\right) = 0,1385t/m$$

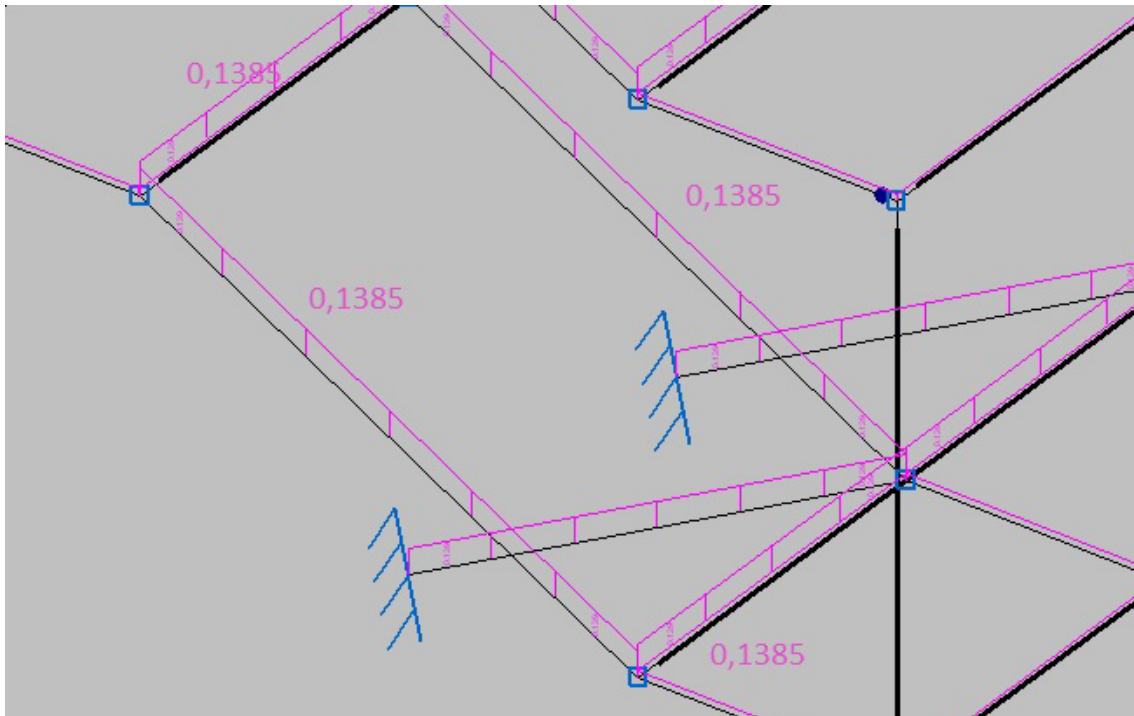


FIGURA 6.10: Cargas muertas sobre tramos altos de las escaleras.

El total de las cargas muertas sobre los tramos bajos es de:

$$\left(0,0092t/m + \frac{30Kg}{m} + 0,0953t/m\right) = 0,1345t/m$$

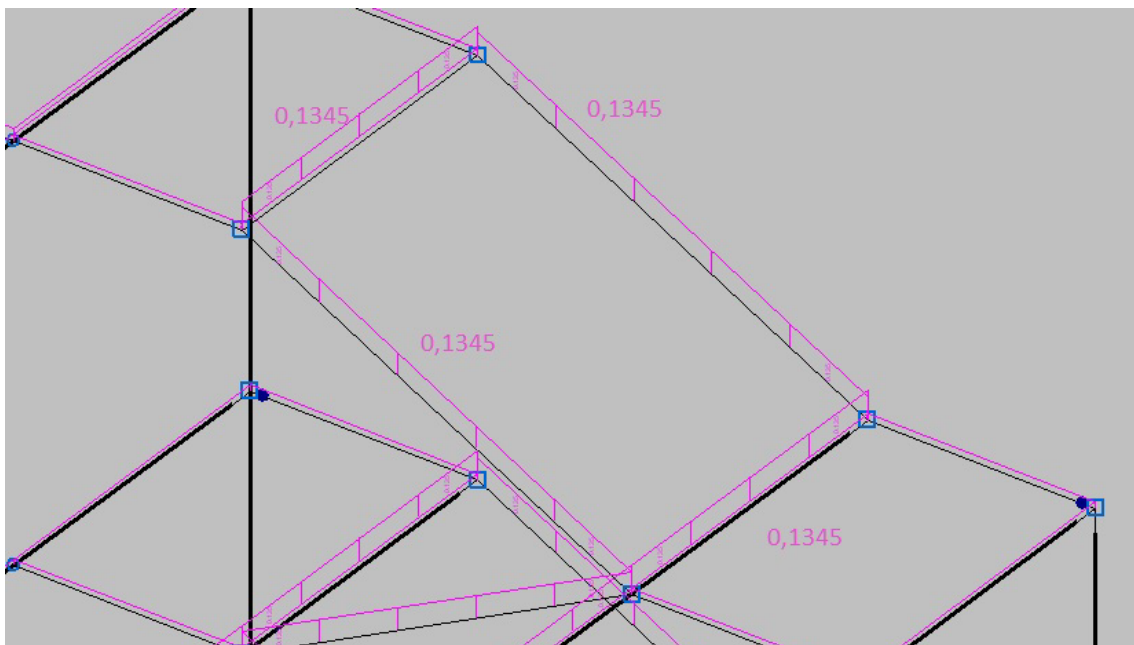


FIGURA 6.11: Cargas muertas sobre tramos bajos de las escaleras.

– Rampas:

- Forjado colaborante en descansillo corto:

$$\begin{aligned}
 & \frac{2KN}{m^3} * 0,08m \text{ espesor} * 2m \text{ ancho} * 1,5m \text{ largo} * \frac{1}{7m \text{ perimetro}} \\
 & * \frac{100kg}{KN} = \frac{6.857Kg}{m} = 0,006857t/m
 \end{aligned}$$

- Forjado colaborante en descansillo largo:

$$\begin{aligned}
 & \frac{2KN}{m^3} * 0,08m \text{ espesor} * 2m \text{ ancho} * 2m \text{ largo} * \frac{1}{8m \text{ perimetro}} \\
 & * \frac{100kg}{KN} = \frac{8Kg}{m} = 0,008t/m
 \end{aligned}$$

- Forjado colaborante en tramo alto:

$$\begin{aligned}
 & \frac{2KN}{m^3} * 0,08m \text{ espesor} * 2m \text{ ancho} * 9.375m \text{ largo} \\
 & * \frac{1}{22,75m \text{ perimetro}} * \frac{100kg}{KN} = \frac{13,18Kg}{m} \\
 & = 0,01318t/m
 \end{aligned}$$

- Forjado colaborante en tramo bajo:

$$\begin{aligned}
 & \frac{2KN}{m^3} * 0,08m \text{ espesor} * 2m \text{ ancho} * 7,8125m \text{ largo} * \frac{1}{19,625m \text{ perimetro}} \\
 & * \frac{100kg}{KN} = \frac{12,74Kg}{m} = 0,01274t/m
 \end{aligned}$$

- Barandilla:

$$30Kg/m$$

El total de las cargas muertas sobre los descansillos intermedios de 1,5 metros es de:

$$\left( \frac{0,006857t}{m} + \frac{30Kg}{m} + \right) = 0,03685t/m$$

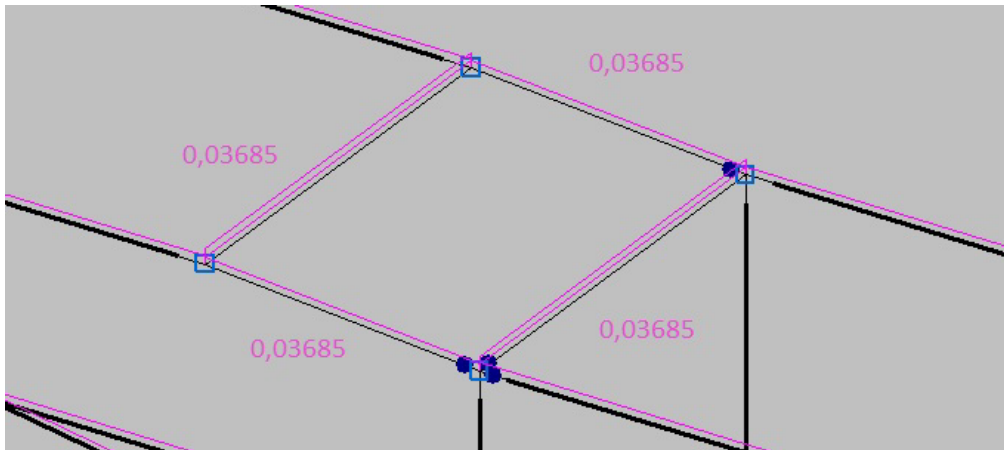


FIGURA 6.12: Cargas muertas sobre descansillos cortos rampas.

El total de las cargas muertas sobre los descansillos de 2 metros de largo es:

$$\left( \frac{0,008t}{m} + \frac{30Kg}{m} + \right) = 0,038t/m$$

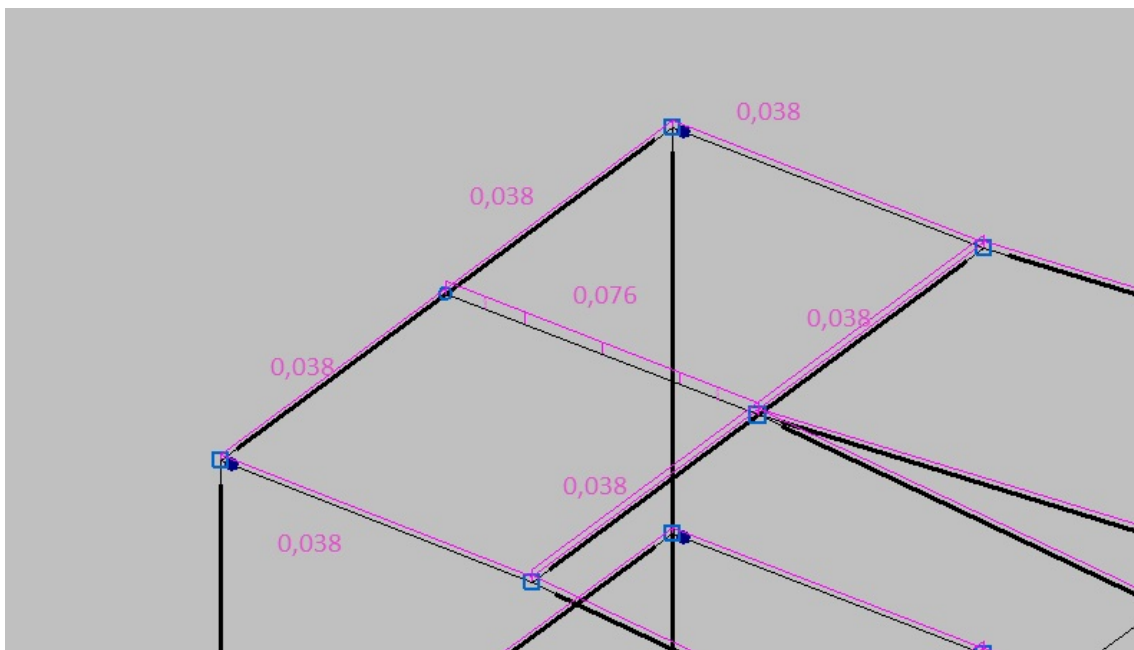


FIGURA 6.13: Cargas muertas sobre descansillos de 2m en las rampas.

El total de las cargas muertas sobre las rampas en el tramo alto es de:

$$\left( \frac{0,01318t}{m} + \frac{30Kg}{m} + \right) = 0,04318t/m$$

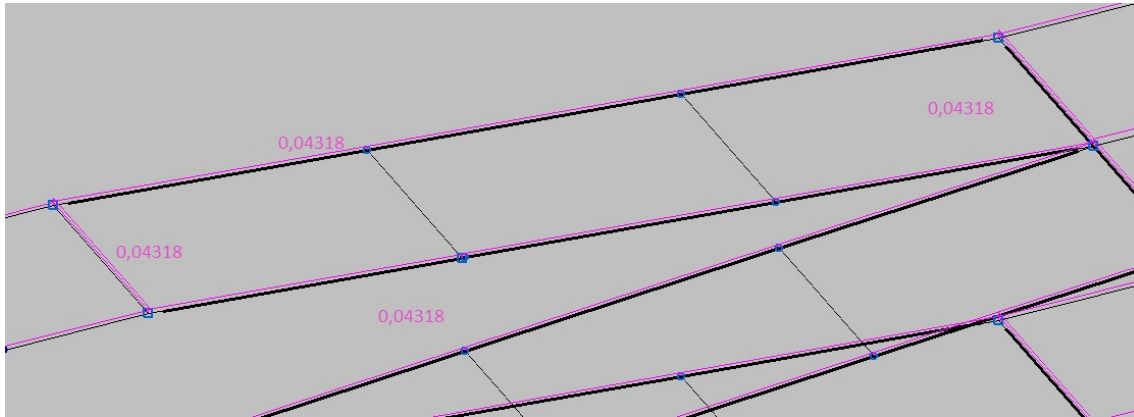


FIGURA 6.14: Cargas muertas sobre tramos altos rampas.

El total de las cargas muertas sobre las rampas en el tramo bajo es de:

$$\left( \frac{0,01274t}{m} + \frac{30Kg}{m} + \right) = 0,04274t/m$$

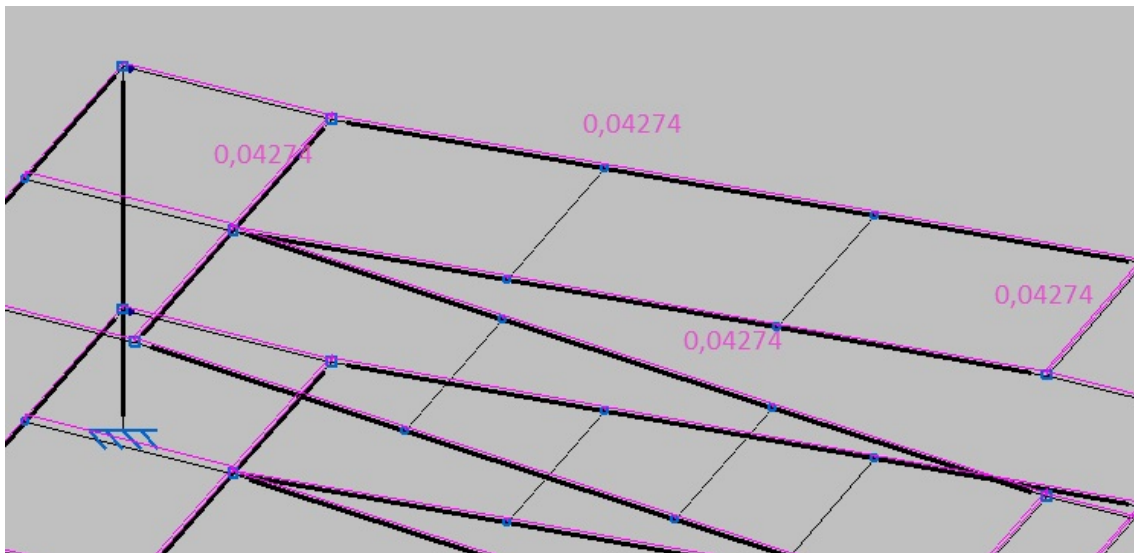


FIGURA 6.15: Cargas muertas sobre tramos bajos rampas.

### 7.2.2. Acciones permanentes de valor no constante ( $G^*$ ).

Las acciones permanentes de valor no constante existen siempre, pero no de manera constante. En la norma IAP-11 aparecen las siguientes:

- Presolicitaciones.
- Pretensado.
- Acciones reológicas.
- Empuje del terreno.
- Asientos del terreno de cimentación.
- Rozamiento de apoyos deslizantes.

#### 7.2.2.1. Presolicitaciones.

Este apartado incluye todas las formas posibles de introducir esfuerzos en una estructura antes de su puesta en servicio, tales como un pretensado, gatos, bloqueo provisional de coacciones, desplazamientos impuestos en los apoyos, etc. En nuestra estructura no se contempla ninguna carga de este tipo.

#### 7.2.2.2. Pretensado.

El proyecto no incluye ningún tipo de pretensado, por lo que no se tendrá en cuenta.

#### 7.2.2.3. Acciones reológicas.

Son aquellas cuyo valor característico se obtendrá a partir de las deformaciones provocadas por la retracción y la fluencia. Debido al uso de juntas de dilatación y al empleo de armadura de retracción en el forjado colaborante, estas acciones no se tendrán en cuenta en el presente proyecto.

#### 7.2.2.4. Empuje del terreno.

El empuje del terreno, natural o de relleno, sobre los elementos de la estructura se determinará en función de las características del terreno y de otras consideraciones geotécnicas. En principio y salvo posibles interacciones que surjan en el futuro entre el terreno y los muros de arranque de la estructura, no será necesario tener en cuenta empuje del terreno sobre la estructura.

#### 7.2.2.5. Asientos del terreno de cimentación.

Como se ha estudiado en el anejo de geología y geotecnia, no deberían existir asientos en el terreno, por lo que no es necesario estudiarlos.

#### 7.2.2.6. Rozamiento de apoyos deslizantes.

Al no disponerse de aparatos de apoyo deslizante, las diferentes partes de la estructura no deslizan entre ellas, por lo que no será necesario su cálculo.

### 7.3. Acciones variables.

#### 7.3.1. Sobrecarga de uso en pasarelas.

En las zonas de uso peatonal de los puentes (aceras, rampas y escaleras), se supondrá aplicada una sobrecarga uniforme de  $5\text{KN/m}^2$  en las zonas más desfavorables, longitudinal y transversalmente, para el efecto de estudio.

En puentes en los que sean de prever aglomeraciones de personas, se considerará la actuación de la sobrecarga uniforme de  $5\text{ kN/m}^2$  en lugar de las cargas verticales debidas al tráfico de vehículos. Esta carga, prevista a efectos de comprobaciones generales, estará asociada únicamente a situaciones de cálculo transitorias.

Para la determinación de los efectos estáticos de la sobrecarga de uso debida al tráfico de patones, se considerará la acción simultánea de las cargas siguientes:

- Una carga vertical uniforme distribuida  $q_k$  de valor igual a  $5\text{KN/m}^2$ .
- Una fuerza horizontal longitudinal  $Q_{fk}$  de valor igual al 10% del total de la carga vertical uniformemente distribuida, actuando en el eje del tablero al nivel de la superficie del pavimento.

Ambas cargas se consideran como una acción única, cuyo valor constituye el valor característico de la sobrecarga de uso cuando se combina con el resto de las acciones (cargas permanentes, viento, etc.).

La fuerza horizontal  $Q_{fk}$  será en general suficiente para asegurar la estabilidad horizontal longitudinal de la pasarela; no así la estabilidad horizontal transversal, que deberá asegurarse mediante la consideración de las acciones correspondientes.

A efectos de las comprobaciones locales, se considerará una carga vertical puntual  $Q_{fwk}$  de valor igual a  $10\text{kN}$ , actuando sobre una superficie cuadrada de  $0,10\text{m}$  de lado.

##### 7.3.1.1. Empujes sobre barandillas.

Se considerará en el elemento superior de las barandillas la actuación de una fuerza horizontal perpendicular a las mismas igual a  $1.50\text{ KN/m}$ . Dicha fuerza será simultánea a la de la sobrecarga uniforme de  $5\text{ KN/m}^2$ .

Esta acción tiene carácter local y por tanto sólo se utilizará para la comprobación de la propia barandilla y de sus anclajes, sin que deba ser considerada a efectos de ninguna otra verificación de seguridad general de la estructura.

Los cálculos para la sobrecarga de uso en los diferentes puntos de la obra de paso (tablero, rampas y escaleras) se muestran a continuación. Estos serán los que se introduzcan en el programa CYPE.

- Sobrecarga de uso en el tablero:

$$\begin{aligned}
 & 5\text{KN/m}^2 * 2,51\text{m longitud} * 2\text{m ancho} * \left( \frac{1}{9,02\text{m de perimetro}} \right) \\
 & = \frac{2,783\text{KN}}{\text{m lineal}} = \frac{0,2783\text{t}}{\text{m lineal}}
 \end{aligned}$$

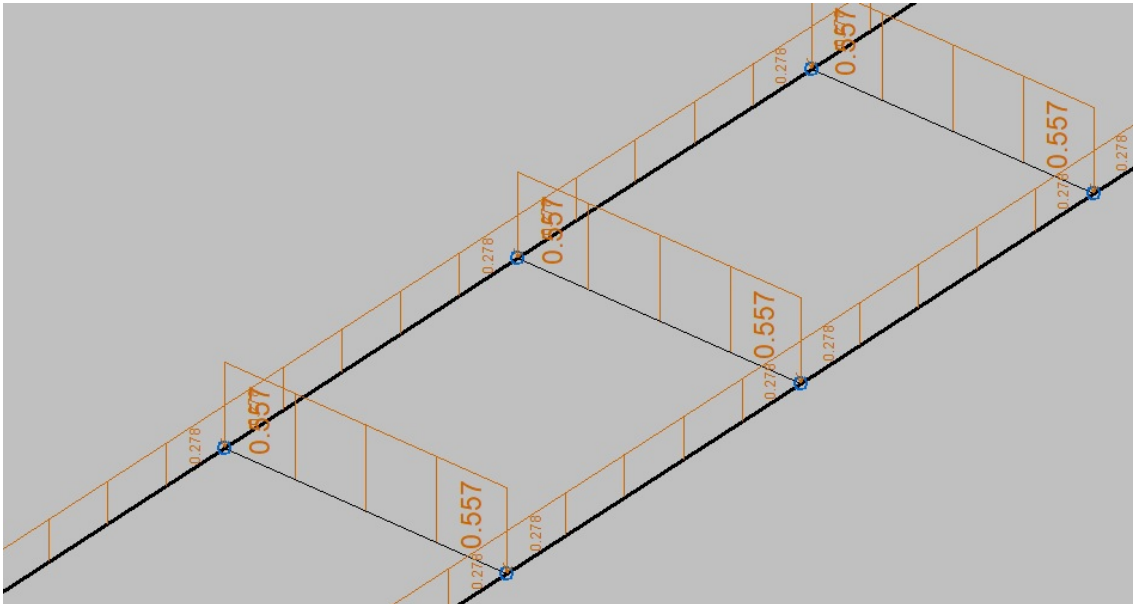


FIGURA 6.16: Sobrecarga de uso en tablero.

– Sobrecarga de uso en la rampa:

○ Tramos de descansillo largo:

$$\frac{5KN}{m^2} * 2m * 2m * \left( \frac{1}{8m \text{ perimetro}} \right) = \frac{2,5KN}{m} = \frac{0,25KN}{m} = 0,025t/m$$

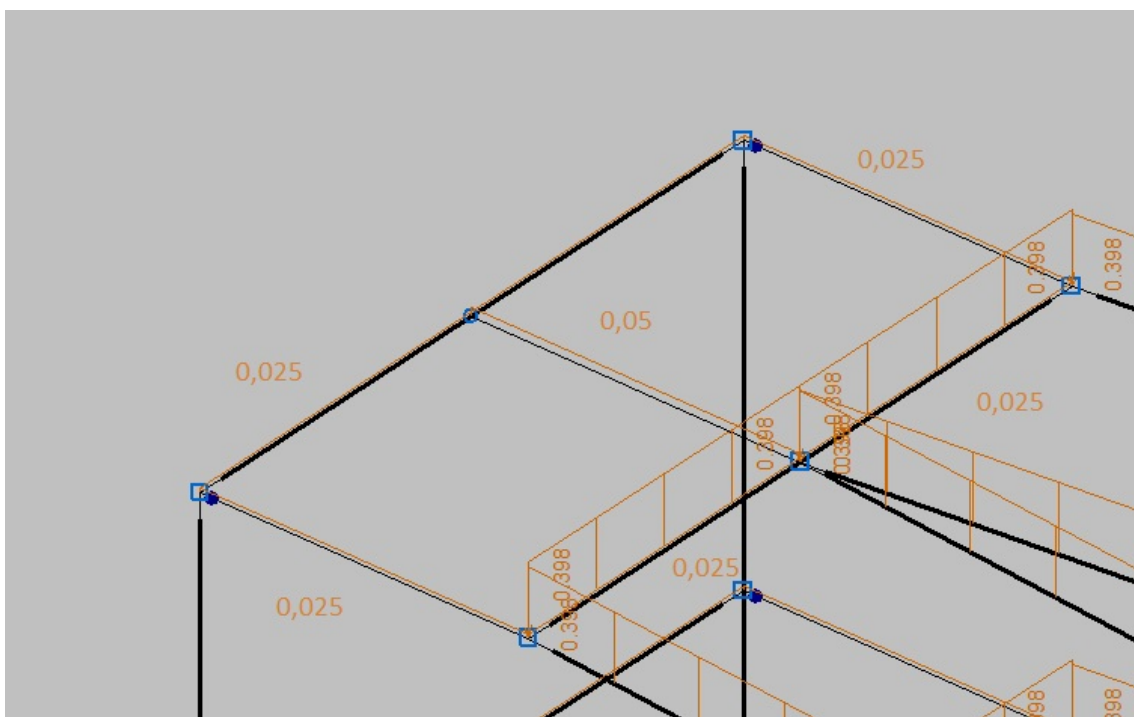


FIGURA 6.17: Sobrecarga de uso en descansillo de 2 m rampas.

○ Tramos de descansillo corto:

$$\frac{5KN}{m^2} * 1,5m * 2m * \left( \frac{1}{7m \text{ perimetro}} \right) = \frac{2,143KN}{m} = \frac{0,2143KN}{m} = 0,02143t/m$$



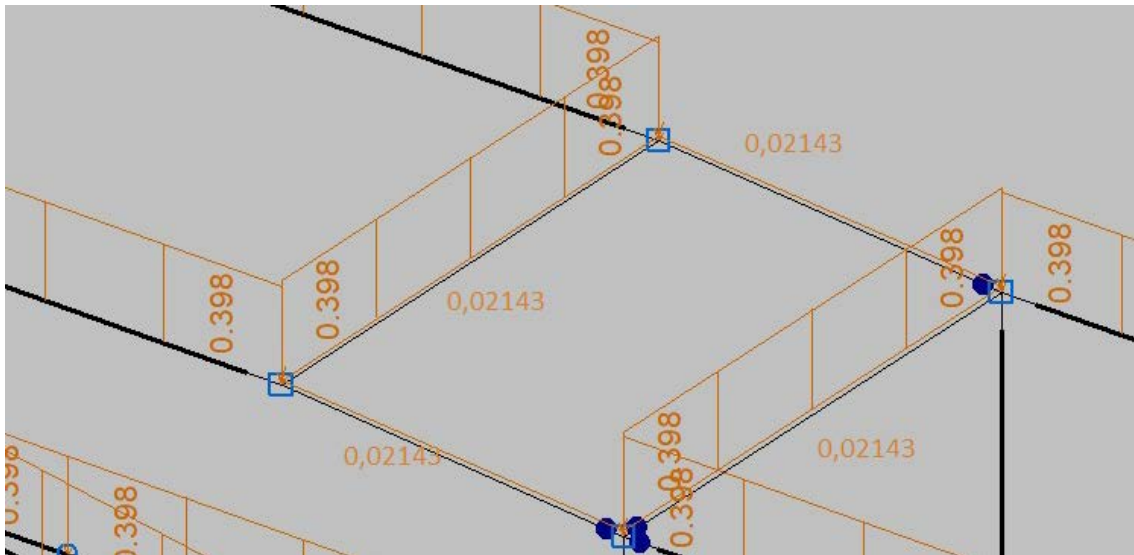


FIGURA 6.18: Sobrecarga de uso en descansillo corto de rampas.

- Tramos inclinados de rampa larga:

$$\begin{aligned}
 & \frac{5\text{KN}}{\text{m}^2} * 2\text{m ancho} * 9.375\text{m largo} * \frac{1}{22,75\text{m perimetro}} * \frac{100\text{kg}}{\text{KN}} \\
 & = \frac{412\text{Kg}}{\text{m}} = 0,412\text{t/m}
 \end{aligned}$$

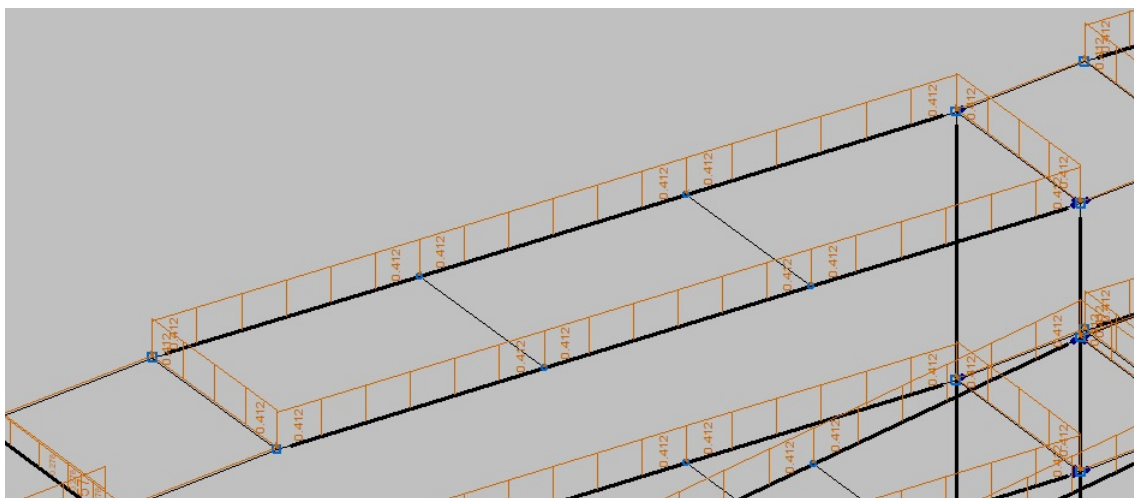


FIGURA 6.19: Sobrecarga de uso en tramos largos rampas.

- Tramos inclinados de rampa corta:

$$\begin{aligned}
 & \frac{5\text{KN}}{\text{m}^2} * 2\text{m ancho} * 7,8125\text{m largo} * \frac{1}{19,625\text{m perimetro}} * \frac{100\text{kg}}{\text{KN}} \\
 & = \frac{398\text{Kg}}{\text{m}} = 0,398\text{t/m}
 \end{aligned}$$

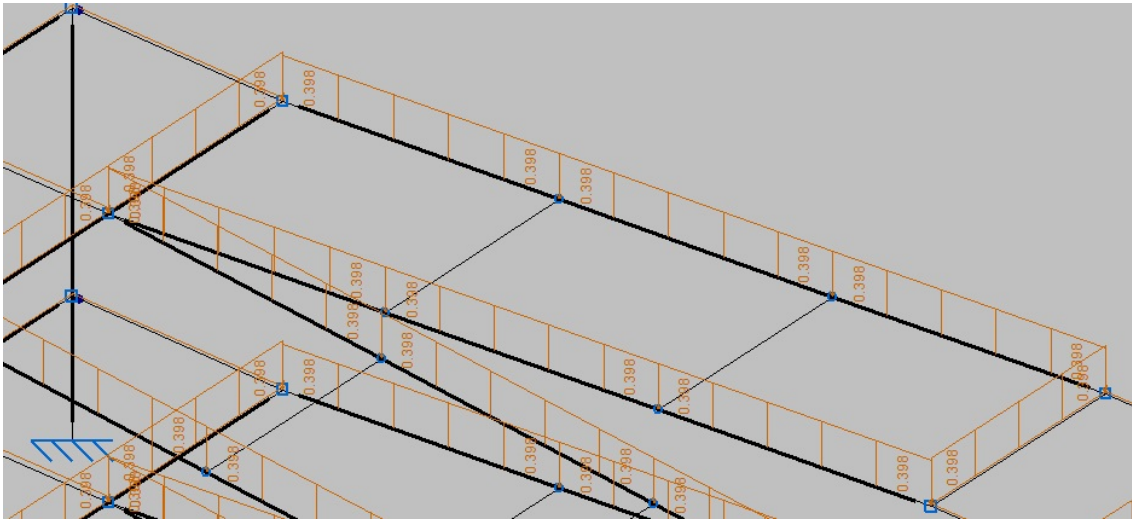


FIGURA 6.20: Sobrecarga de uso en tramos cortos rampas.

- Sobrecarga de uso en escaleras:
  - o Tramos de descansillo:

$$\frac{5\text{KN}}{\text{m}^2} * 2\text{m} * 1,4\text{m} * \left(\frac{1}{6,8\text{m perimetro}}\right) = \frac{2,05\text{KN}}{\text{m}} = 0,0205\text{t/m}$$

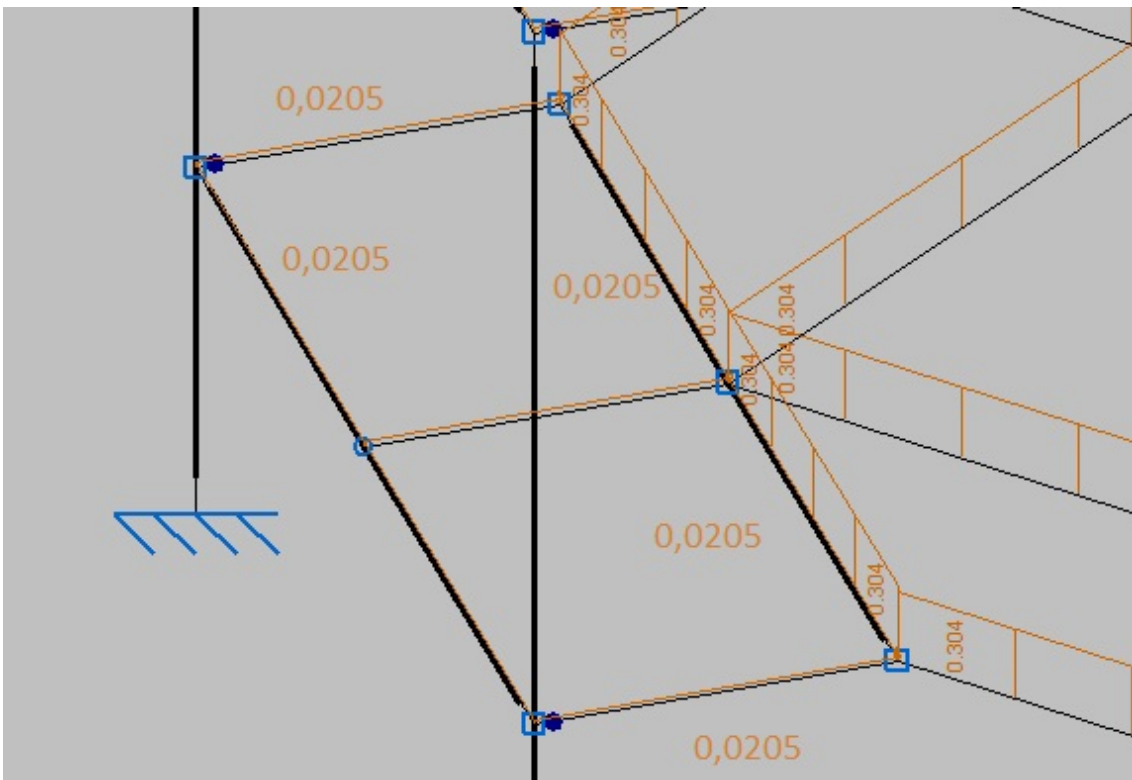


FIGURA 6.21: Sobrecarga de uso en descansillos escaleras.

- o Tramos inclinados en cuesta alto:

$$\begin{aligned}
 & \frac{5KN}{m^3} * 2m \text{ ancho} * 3,1m \text{ largo} * \frac{1}{10,2m \text{ perimetro}} * \frac{100kg}{KN} \\
 & = \frac{303,92Kg}{m} = 0,30392t/m
 \end{aligned}$$

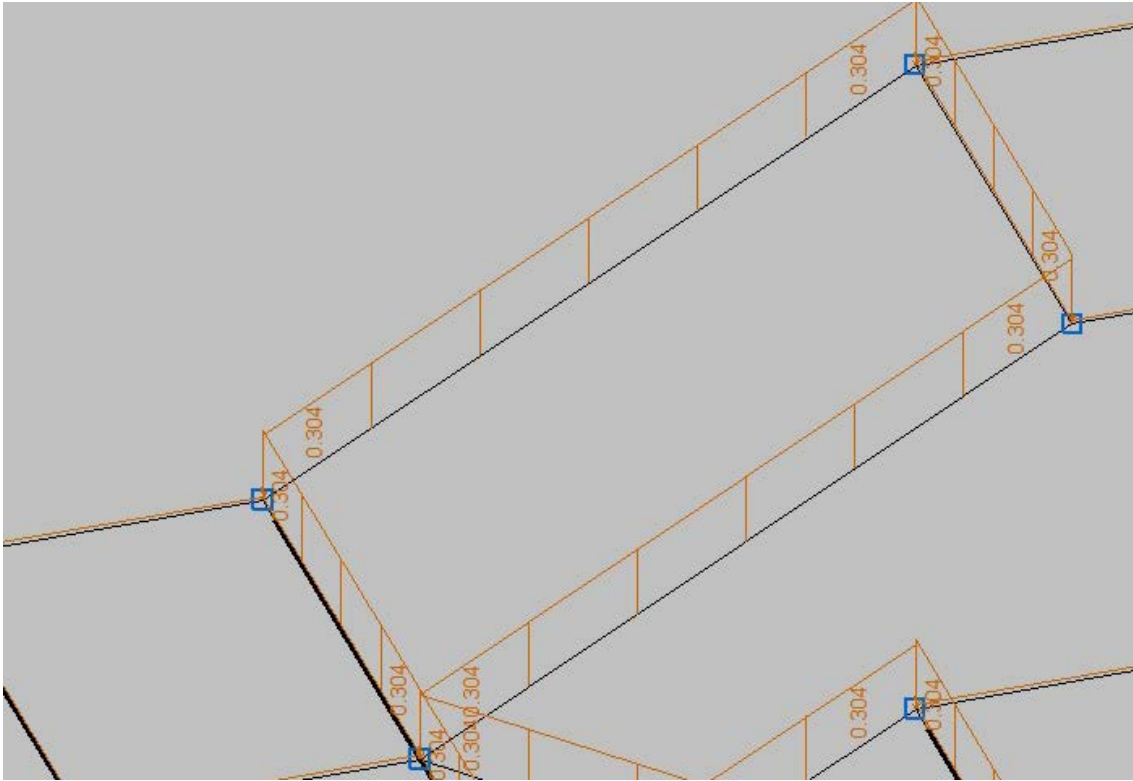


FIGURA 6.22: Sobrecarga de uso en tramos altos escaleras.

○ Tramos inclinados en cuesta bajo:

$$\begin{aligned}
 & \frac{5KN}{m^3} * 2m \text{ ancho} * 2,7m \text{ largo} * \frac{1}{9,4m \text{ perimetro}} * \frac{100kg}{KN} = \frac{287,23Kg}{m} \\
 & = 0,28723t/m
 \end{aligned}$$

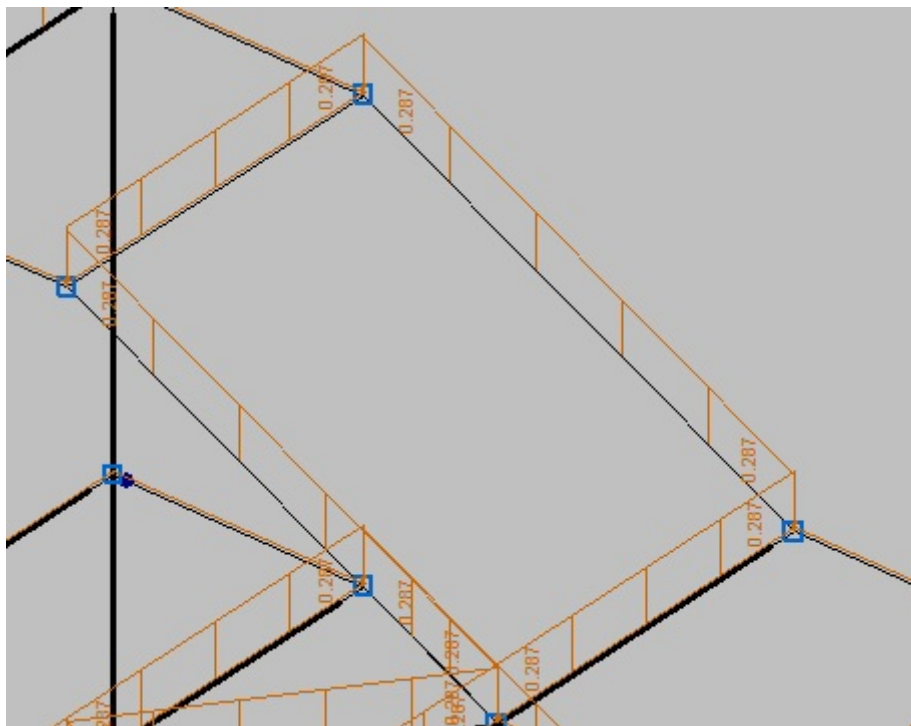


FIGURA 6.23: Sobrecarga de uso en tramos bajos escaleras.

### 7.3.2. Viento.

Lo primero que debemos hacer es comprobar si la carga del viento se asimila o no a una carga estática equivalente o se deben tener en cuenta los efectos aeroelásticos. Para ello, comprobamos el apartado 4.2.9 de la IAP-11 el cual nos indica que no será necesario comprobar los efectos aeroelásticos en puentes y pasarelas que cumplan las dos siguientes condiciones simultáneamente:

- Luz inferior a 80m.
- Frecuencia fundamental de flexión mayor a 2 Hz.

La luz de nuestro proyecto es menor a 80 metros, por lo que la primera condición la cumple.

En cuanto a la segunda condición, de acuerdo al apartado 4.2.9.3 de la IAP-11 se va a realizar el cálculo de la frecuencia fundamental de la flexión vertical.

Frecuencia fundamental de flexión:

$$f_b = 0,28\sqrt{g/v}$$

Siendo:

- **v**: Flecha máxima de la estructura (m) bajo la acción de la carga permanente actuando en la misma dirección y sentido que el modo de vibración esperado.
- **g**: Aceleración de la gravedad, igual a 9,8 m/s<sup>2</sup>.

La flecha máxima en pasarelas según la recomendación RPM-95 para el proyecto de puentes metálicos sobre carreteras, la flecha máxima será  $L/1200$ , es decir,  $22,6\text{m}/1200=18,83\text{mm}$ .

Por lo que la frecuencia fundamental de flexión será:

$$f_b = 0,28\sqrt{g/v} = 0,28\sqrt{9,8/0,01883} = 6,3877 \text{ Hz} > 2\text{Hz}$$

Como cumple ambas condiciones, el viento no producirá fenómenos vibratorios importantes y podemos asimilar la acción del viento en el cálculo de la estructura a una acción estática equivalente, por lo que seguimos el procedimiento de la IAP-11.

#### 7.3.2.1. Velocidad básica del viento.

La velocidad básica fundamental del viento  $v_{b,0}$  es la velocidad media a lo largo de un periodo de 10 minutos, con un periodo de retorno  $T$  de 50 años, medida con independencia de la dirección del viento y de la época del año en una zona plana y desprotegida frente al viento, equivalente a un entorno de puente tipo II a una altura de 10 m sobre el suelo.

A partir de la velocidad básica del viento, se obtendrá la velocidad básica  $v_b$  mediante la expresión:

$$v_b = C_{dir}C_{season}v_{b,0}$$

Donde:

- $v_b$  = Velocidad básica del viento para un periodo de retorno de 50 años [m/s]
- $C_{dir}$  = Factor direccional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1,0.
- $C_{season}$  = Factor estacional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1,0
- $v_{b,0}$  = Velocidad básica fundamental del viento [m/s] (según el mapa de isotacas, figura 6.24)

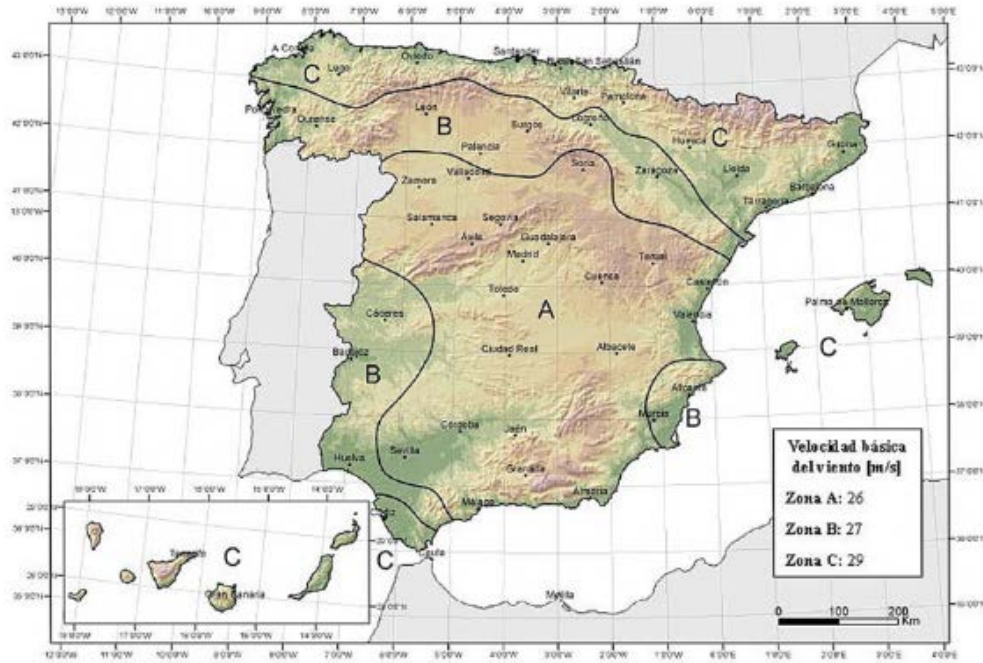


FIGURA 6.24: Mapa de isotacas.

Al encontrarnos en Villamediana de Iregua, en la rioja, corresponde la zona B, por lo que la velocidad del viento será:

$$v_b = 1 * 1 * \frac{27m}{s} = 27m/s$$

Para un periodo de retorno diferente de 50 años, la velocidad básica del viento  $v_b(T)$  será:

$$v_b(T) = v_b C_{prob}$$

Donde:

- $v_b(T)$  Velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno T
- T Periodo de retorno [años]
- $C_{prob}$  Factor de probabilidad, obtenido de la siguiente fórmula:

$$C_{prob} = \left\{ \frac{1 - K \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right]}{1 - K \ln [-\ln(0,98)]} \right\}^n$$

Ecuación 6.1: Calculo del factor de probabilidad.

Tomando para los parámetros K y n los valores siguientes: K = 0.2 y n = 0.5.

Para situaciones persistentes, a falta de estudios específicos, se considerará un periodo de retorno de 100 años ( $C_{prob} = 1,04$ )

Para el caso del proyecto, para un periodo de retorno de 100 años, obtenemos una velocidad básica de viento  $v_b(100)=28,08$  m/s.

### 7.3.2.2. Velocidad media del viento.

La velocidad media del viento  $v_m(z)$  a una altura  $z$  sobre el terreno dependerá de la rugosidad del terreno, de la topografía y de la velocidad básica del viento  $v_b$ , y se determinará según la expresión siguiente:

$$v_m(Z) = C_r(Z)C_o v_b(T)$$

Donde:

$v_b(T)$  Velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno T.

$C_o$  Factor de topografía, que se tomará habitualmente igual a 1,0. En valles en los que se pueda producir un encauzamiento del viento actuante sobre el puente, se tomará para  $c_o$  un valor de 1,1. Cuando existan obstáculos naturales susceptibles de perturbar apreciablemente el flujo del viento sobre el puente, el valor de  $c_o$  se determinará mediante un estudio específico.

$C_r(Z)$  Factor de rugosidad obtenido de la siguiente fórmula:

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{para } z \geq z_{min}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{para } z < z_{min}$$

*Ecuación 6.2: Factor de rugosidad.*

Siendo:

Z Altura del punto de aplicación del empuje del viento respecto del terreno o respecto del nivel mínimo del agua bajo el puente [m].

$k_f$  Factor del terreno.

$z_0$  Longitud de la rugosidad.

$Z_{min}$  Altura mínima.

A efectos de calcular los parámetros anteriores, se considerarán los cinco tipos de entorno siguientes:

- Tipo 0: mar o zona costera expuesta al mar abierto.
- Tipo I: lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos.
- Tipo II: zona rural con vegetación baja y obstáculos aislados, (árboles, construcciones pequeñas, etc.), con separaciones de al menos 20 veces la altura de los obstáculos.
- Tipo III: zona suburbana, forestal o industrial con construcciones y obstáculos aislados con una separación máxima de 20 veces la altura de los obstáculos.
- Tipo IV: zona urbana en la que al menos el 15% de la superficie esté edificada y la altura media de los edificios exceda de 15 m.

TIPO DE ENTORNO	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{min}$ [m]
0	0,156	0,003	1
I	0,170	0,01	1
II	0,190	0,05	2
III	0,216	0,30	5
IV	0,235	1,00	10

FIGURA 6.24: Tipos de entorno.

En base a la FIGURA anterior, el tipo de entorno del proyecto es tipo III, por lo que el valor de las variables será:

$$\begin{aligned}
 K_r &= 0.216 \\
 Z_o \text{ [m]} &= 0,3 \\
 Z_{min} \text{ [m]} &= 5
 \end{aligned}$$

Como nuestra altura  $Z=5,5\text{m} > Z_{min}=5\text{m}$ , el coeficiente de rugosidad será:

$$C_r(5,5) = 0,216 * \ln\left(\frac{5,5}{0,3}\right) = 1,1256$$

Y, por lo tanto, la velocidad del viento será:

$$v_m(5,5) = 1,1256 * 1 * \frac{27\text{m}}{\text{s}} = 30,39\text{m/s}$$

### 7.3.2.3. Empuje del viento.

El empuje producido por el viento se calculará por separado para cada elemento del puente, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- El área expuesta al viento o las características aerodinámicas del elemento pueden resultar modificadas por la materialización de otras acciones actuando en la estructura (nieve, sobrecargas de uso, etc.).
- En situaciones transitorias, algunos elementos pueden presentar superficies de exposición al viento diferentes a las definitivas (por ejemplo, cajón abierto frente a cerrado). Además, los elementos auxiliares de construcción pueden añadir superficies adicionales a tener en cuenta.

El empuje del viento sobre cualquier elemento se calculará mediante la expresión:



$$F_w = \left[ \frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] C_e(Z) C_f A_{ref}$$

Siendo:

$F_w$  Empuje horizontal del viento [N]  
 $\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$  Presión de la velocidad básica del viento  $q_b$  [N/m<sup>2</sup>]  
 $\rho$  Densidad del aire igual a 1.25 kg/m<sup>3</sup>  
 $V_b(T)$  Velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno T  
 $C_r$  Coeficiente de fuerza del elemento considerado  
 $A_{ref}$  Área de referencia, que se obtendrá como la proyección del área sólida expuesta sobre el plano perpendicular a la dirección del viento [m<sup>2</sup>].  
 $C_e(z)$  Coeficiente de exposición en función de la altura z calculado según la fórmula siguiente:

$$C_e(Z) = k_r^2 \left[ C_0^2 \ln^2 \left( \frac{Z}{Z_0} \right) + 7k_l C_0 \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right) \right] \text{ cuando } Z \geq Z_{min}$$

$$C_e(Z) = C_e(Z_{min}) \text{ cuando } Z < Z_{min}$$

Donde:

$K_l$  Factor de turbulencia, que se tomará igual a 1,0.  
 $C_0, Z_0$  y  $Z_{min}$  Según se han definido anteriormente.

Como  $Z=5,5 > Z_{min}=5$ , el coeficiente de exposición será:

$$C_e(5,5) = 0,216^2 \left[ 1^2 \ln^2 \left( \frac{5,5}{0,3} \right) + 7 * 1 * 1 \ln \left( \frac{5,5}{0,3} \right) \right] = 1,3447$$

Teniendo en cuenta que la presión de la velocidad básica del viento es:

$$q_b = \left[ \frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] = \frac{1}{2} * 1,25 \frac{kg}{m^3} * \left( \frac{27m}{s} \right)^2 = 455,625 N/m^2$$

#### 7.3.2.4. Empuje del viento sobre el tablero.

##### 7.3.2.4.1. Viento transversal.

- Empuje horizontal.

Para el cálculo del empuje transversal del viento, debemos distinguir entre tableros de alma llena y tableros de celosía. Nuestro tablero es de tipo alma llena.

Además, para el cálculo, entendemos que el área de referencia  $A_{ref,x}$  es el producto de la longitud del tramo considerado por la altura equivalente  $h_{eq}$ .

Esta altura equivalente, será la obtenida de la suma entre el canto del tablero la altura de cualquier elemento no estructural totalmente opaco frente al viento.

En el caso del presente proyecto, como las barandillas no son totalmente opacas frente al viento ya que tienen huecos y rejillas, no se tendrán en cuenta en este cálculo.

El coeficiente de fuerza en la dirección x se determinara mediante la expresión:

$$C_{f,x} = 2,5 - 0,3(B/h_{eq})$$

Donde:

- B: anchura total del tablero (m).
- $h_{eq}$ : altura equivalente (m).

La anchura total del tablero es de 2m y la altura equivalente es de 0,2 metros. Por lo tanto, el coeficiente de fuerza será:

$$C_{f,x} = 2,5 - 0,3\left(\frac{2}{0,2}\right) = -0,5$$

La norma limita este valor a:

$$1,3 \leq C_{f,x} \leq 2,4$$

Por lo que usamos el menor valor que indica la norma, de 1,3, por lo que el valor del empuje del viento será:

$$\begin{aligned}
 F_w &= \left[ \frac{1}{2} p v_b^2(T) \right] C_e(Z) C_f A_{ref} = 455,625 * 1,3447 * 1,3 * (0,2 * 22,6) \\
 &= 3,6KN/m^2
 \end{aligned}$$

Para introducirlo en CYPE como valor lineal, lo multiplicamos por el ancho del tablero:

$$\frac{3,6KN}{m^2} * 0,2m = \frac{0,72KN}{m} = 0,072t/m$$

- Empuje vertical.

Se considerará un empuje vertical, dirección Z, sobre el tablero actuando en el sentido más desfavorable, igual a:

$$F_w = \left[ \frac{1}{2} p v_b^2(T) \right] C_e(Z) C_{f,z} A_{ref,z}$$

Donde:

- $F_{w,z}$  Empuje vertical del viento [N]
- $\frac{1}{2} p v_b^2(T)$  Presión de la velocidad básica del viento [N/m<sup>2</sup>]

- $C_e(z)$  Coeficiente de exposición.
- $C_{f,z}$  Coeficiente de fuerza en la dirección vertical Z, que se tomará igual a  $\pm 0.9$
- $A_{ref,z}$  Área en planta del tablero [m<sup>2</sup>]

$$\begin{aligned}
 F_w &= \left[ \frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] C_e(Z) C_{f,z} A_{ref,z} = 455,625 * 1,3447 * \pm 0,9 * (0,2 * 2) \\
 &= \pm 0,2205 \text{KN/m}^2
 \end{aligned}$$

Quedando el empuje vertical del viento transversal:

$$\pm \frac{0,2205 \text{KN}}{\text{m}^2} * 2\text{m} * 2,52\text{m} * \frac{1}{9,02\text{m}} = \pm \frac{0,1227 \text{KN}}{\text{m}} = 0,01227 \text{t/m}$$

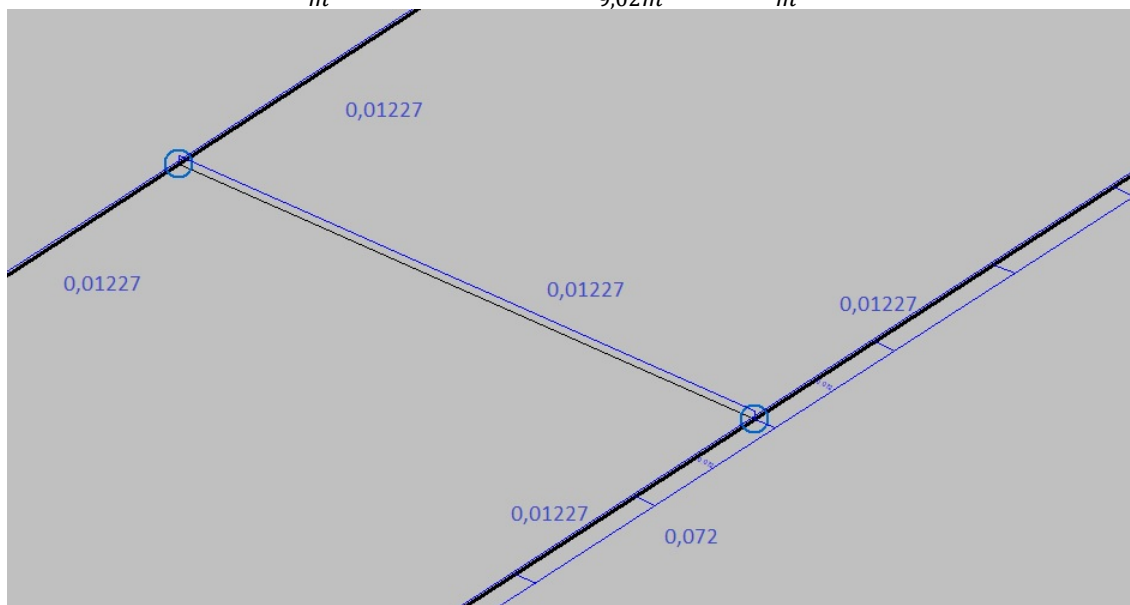


FIGURA 6.25: Viento transversal y longitudinal sobre el tablero

#### 7.3.2.4.2. Viento longitudinal.

Se considerará un empuje horizontal paralelo al eje del puente (dirección Y) sobre los elementos de desarrollo longitudinal (tablero, pretiles y barandillas).

Este empuje longitudinal será una fracción del empuje transversal producido por el viento transversal (dirección X), multiplicado por un coeficiente reductor. El valor de dicha fracción será:

- 25% para los elementos sólidos (tableros tipo cajón, losa o vigas, sistemas de contención no permeables, pantallas anti-ruido, sobrecarga de uso, etc.). Para el cálculo de este empuje longitudinal no se considerará la reducción debida a la inclinación de las almas en los tableros de alma llena.

- 50% para los elementos que presenten huecos (tableros tipo celosía, sistemas de contención permeables, barandillas y, en su caso, sobrecargas de uso).

El coeficiente reductor, será el definido por la expresión:

$$1 - \left[ \frac{7}{C_0 * \ln\left(\frac{Z}{Z_0}\right) + 7} \right] * \Phi[L/L(z)]$$

Donde:

- $C_0$  Factor de topografía = 1.0
- $\Phi[L/L(z)] = 0.230 + 0.182 * \ln\left(\frac{L}{L(z)}\right)$  Siendo  $0 \leq \Phi[L/L(z)] \leq 1$
- $L$  Longitud sobre la cual actúa el empuje longitudinal [m]. Se tomará igual a la longitud total del puente
- $L(z)$  Longitud integral de la turbulencia. Definida por:

$$L(z) = \begin{cases} 300(z_{min}/200)^\alpha & \text{para } z < z_{min} \\ 300(z/200)^\alpha & \text{para } z_{min} \leq z \leq 200 \\ 300 & \text{para } z > 200 \end{cases}$$

*Ecuación 6.3: Longitud integral de la turbulencia.*

- $Z$  Altura del punto de aplicación de viento respecto del terreno o de la cota mínima del nivel de agua bajo el puente [m]
- $Z_0, Z_{min}$  Coeficientes definidos en la tabla XXX
- $\alpha$  Coeficientes definidos en la tabla siguiente:

TIPO DE ENTORNO	$\alpha$
0	0,38
I	0,44
II	0,52
III	0,61
IV	0,67

FIGURA 6.26: Tipo de entorno.

El coeficiente reductor será:

$$1 - \left[ \frac{7}{1 * \ln\left(\frac{5,5}{0,3}\right) + 7} \right] * (0,230 + 0,182 * \ln\left(\frac{22,6}{300 * (5,5/200)^{0,61}}\right)) = 0,888$$

Y, por lo tanto, el empuje del viento longitudinal en el eje Y es:

$$F_w = 3,5 * 0,25 * 0,888 = 0,777 \text{KN/m}^2$$

Para introducir las cargas en el programa se necesita que la carga sea lineal, por lo que la multiplicamos por el espesor del tablero:

$$\frac{0,777 \text{KN}}{\text{m}^2} * 0,2 \text{m} = \frac{0,1554 \text{KN}}{\text{m}} = 0,01554 \text{t/m}$$

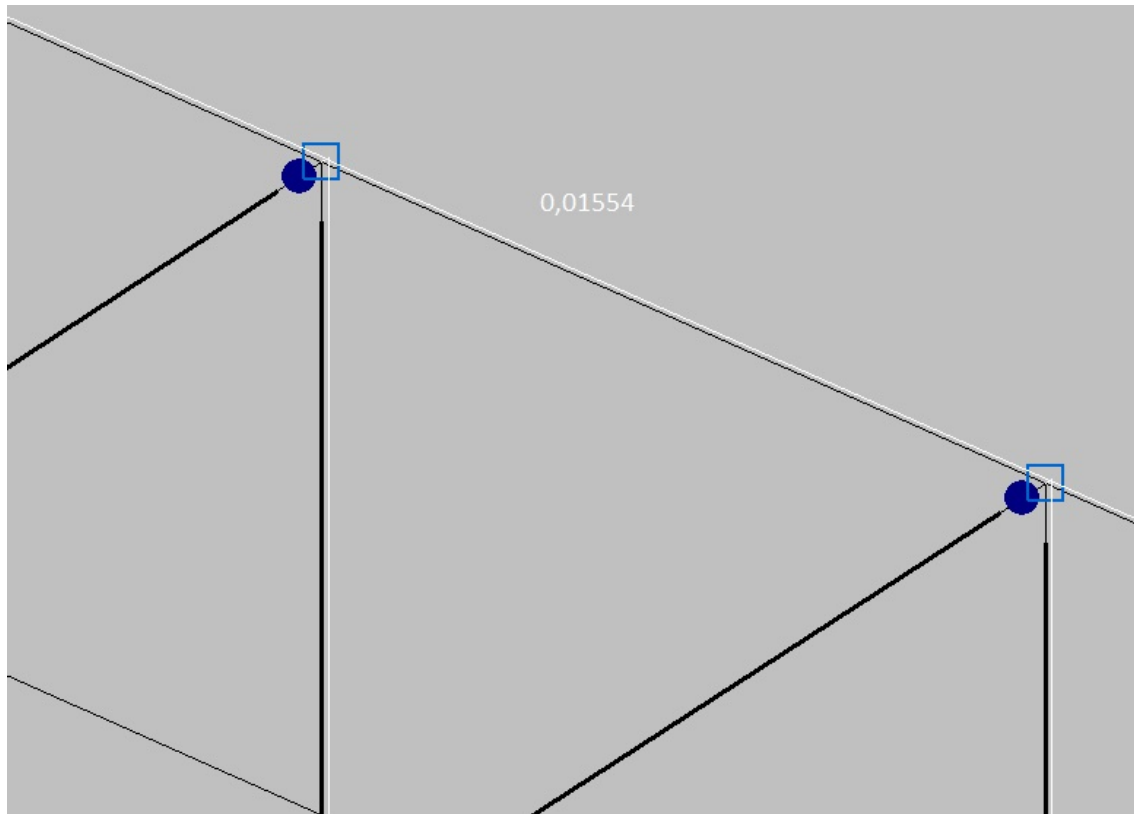


FIGURA 6.27: Viento longitudinal sobre el tablero.

#### 7.3.2.4.3. Empuje del viento sobre pilas.

El empuje se obtendrá a partir del área de referencia y el coeficiente de fuerza adecuado a la sección.

A modo de simplificar los cálculos, se ha optado por multiplicar el empuje calculado anteriormente para el tablero en la dirección del viento específica por 0,3m como hipótesis de anchura de las pilas, aunque estas pueden ser menores. Esto se realiza a modo de predimensionamiento.

Debemos considerar tanto el viento longitudinal como el viento transversal:

- Viento transversal:

$$3,6\text{KN/m}^2 * 0,3\text{m} = 1,08 \text{ KN/m} = 0,108\text{t/m}$$

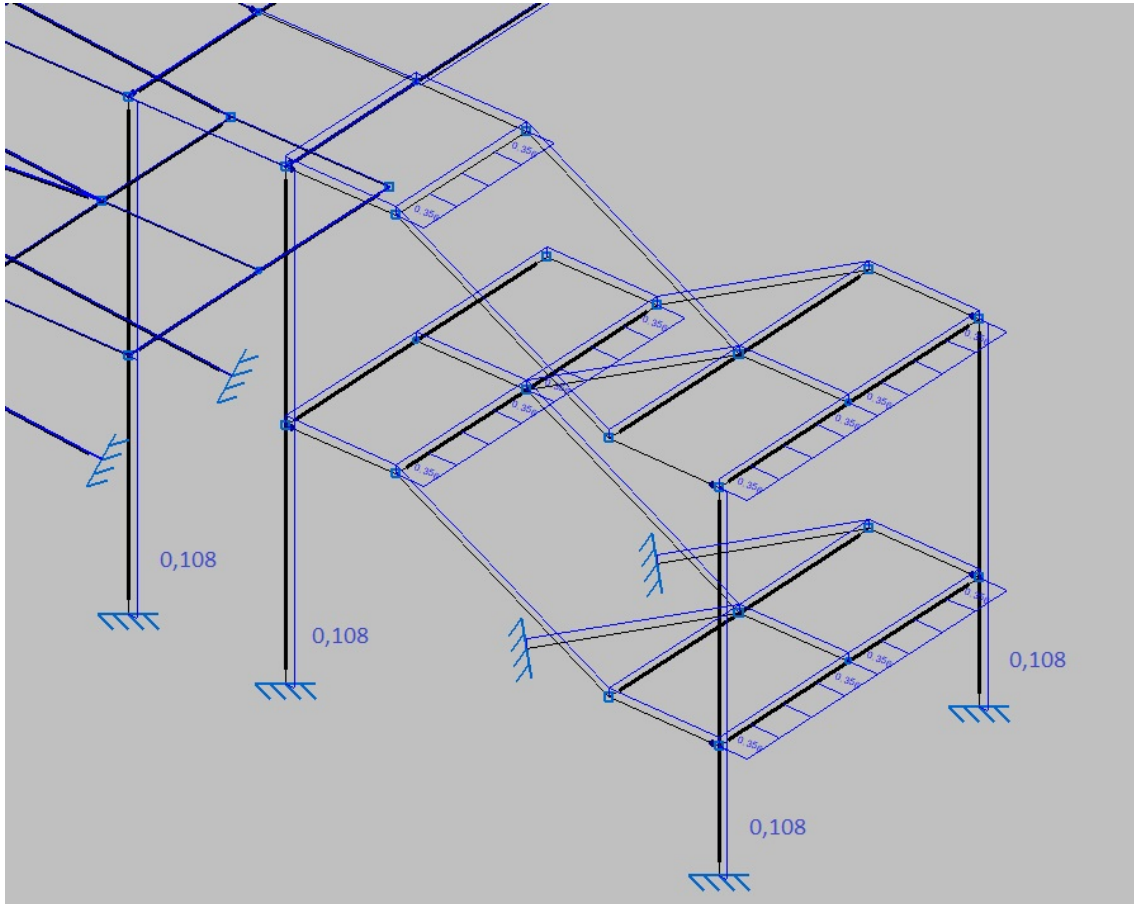


FIGURA 6.28: Viento transversal sobre pilas.

- Viento longitudinal:

$$0,777\text{KN/m}^2 * 0,3\text{m} = 0,2331 \text{ KN/m} = 0,02331\text{t/m}$$

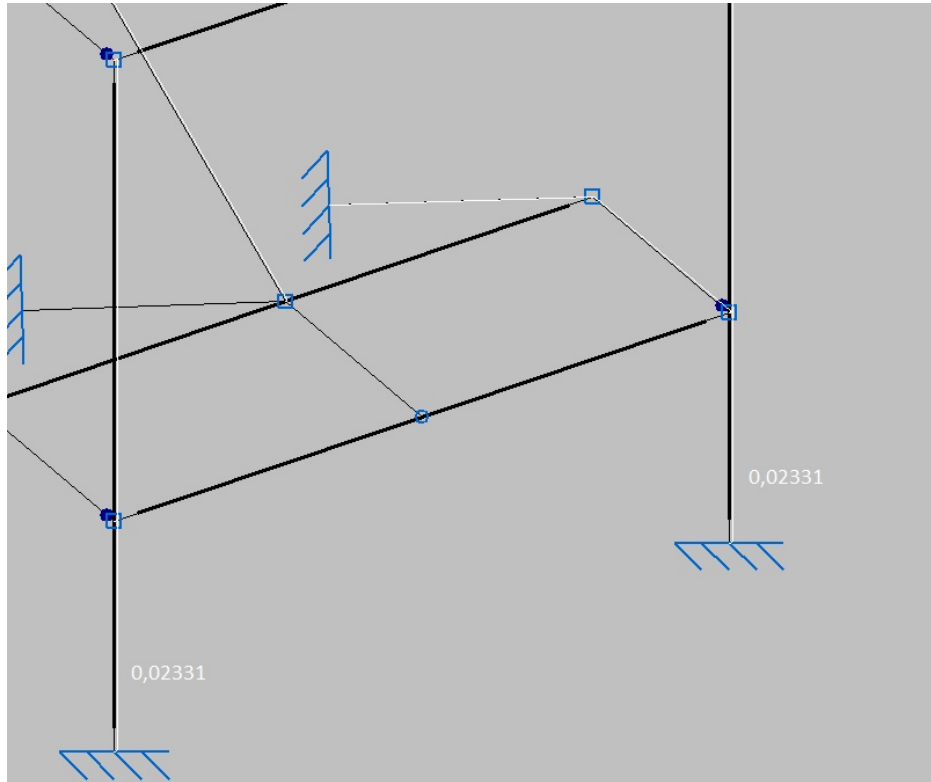


FIGURA 6.29: Viento longitudinal sobre pilas.

#### 7.3.2.4.4. Empuje del viento sobre rampas y escaleras.

Para determinar las cargas debidas al viento en las rampas y en las escaleras, se deberá tener en cuenta la inclinación de las mismas, ya que repercute en las cargas que soportan.

- Rampas: La inclinación de las rampas es del 8%, lo que se traduce en un ángulo de 4,574°.

- Viento transversal:

- Empuje horizontal:

$$\frac{0,72\text{KN}}{m} * \sin 4,574 = \frac{0,0574\text{KN}}{m} = 0,00574\text{t/m}$$

- Empuje vertical:

$$\pm \frac{0,1227\text{KN}}{m} * \cos 4,574 = \frac{0,1223\text{KN}}{m} = 0,01223\text{t/m}$$



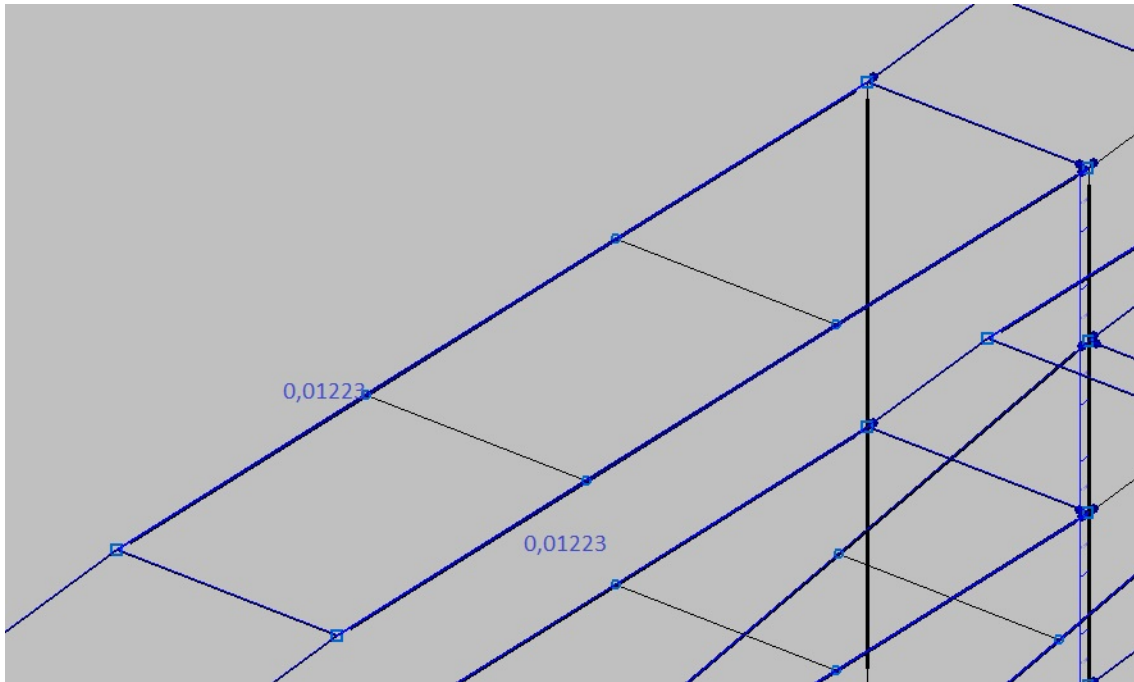


FIGURA 6.30: Viento transversal en rampas.

- Viento longitudinal:

$$\frac{0,1554KN}{m} = 0,01554t/m$$

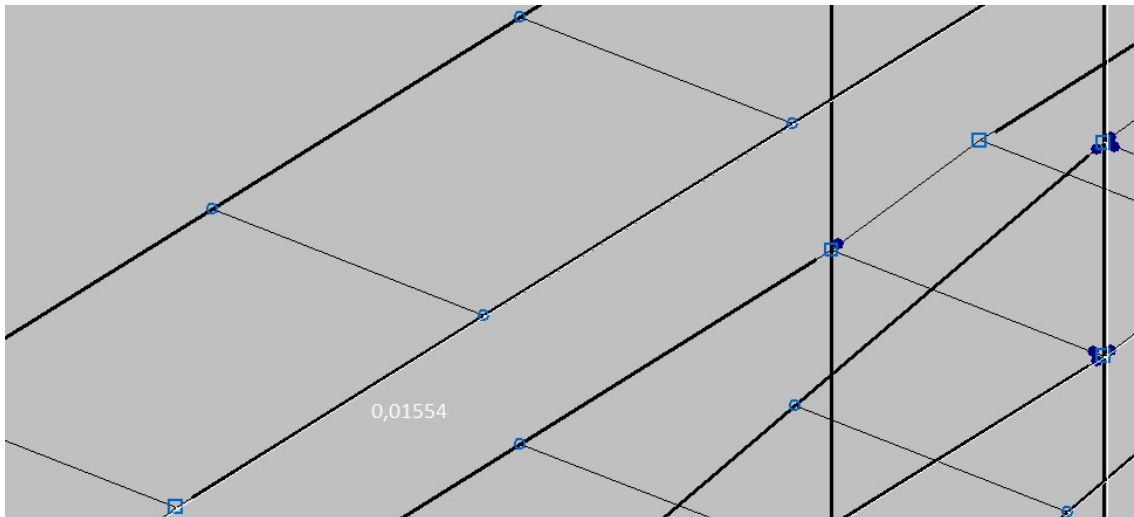


FIGURA 6.31: Viento longitudinal en rampas.

- Escaleras: El Angulo que forman las escaleras es de  $27,5^\circ$  en el tramo corto y de  $29^\circ$  en el tramo largo.
  - Viento longitudinal tramo corto.
    - Empuje horizontal:  

$$\frac{0,72KN}{m} * \sin 27,5 = 0,332KN/m$$
    - Empuje vertical:  

$$\pm 0,1227KN/m * \cos 27,5 = 0,1088KN/m$$

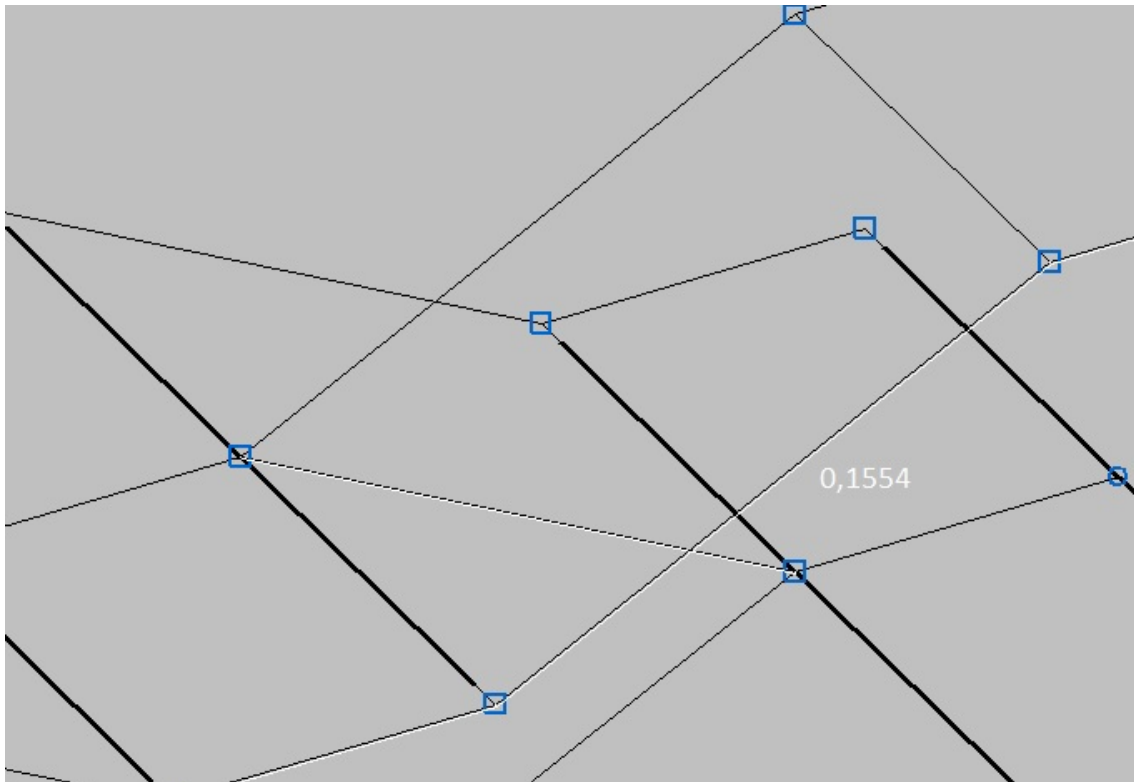


FIGURA 6.31: Viento longitudinal tramo corto de escaleras.

- Viento transversal tramo corto.  

$$0,1554KN/m$$

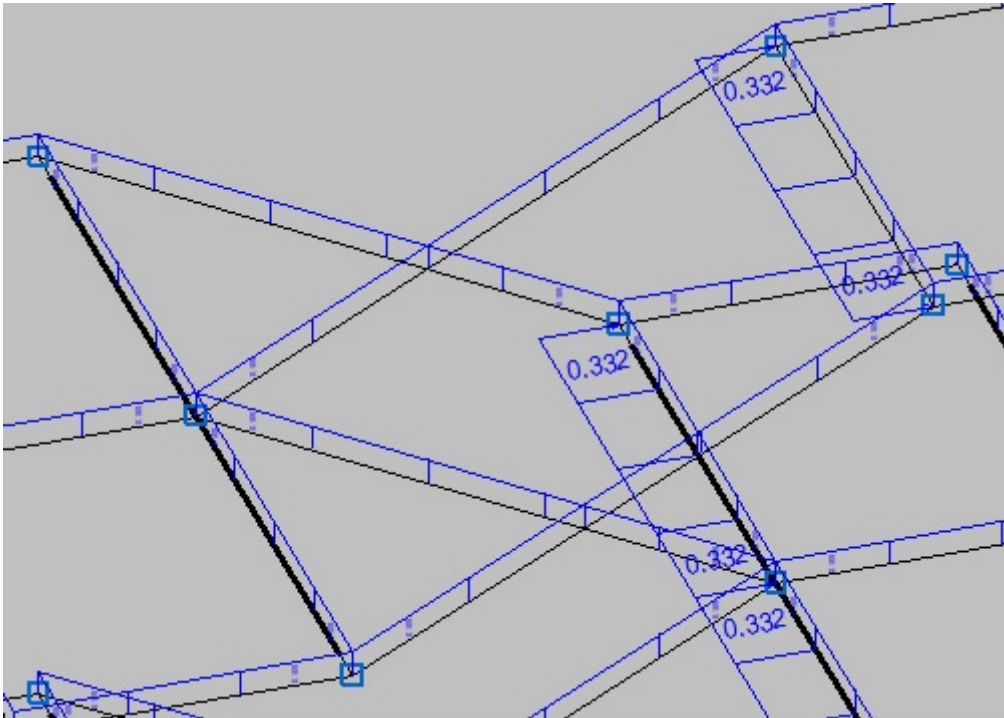


FIGURA 6.32: Viento transversal tramo corto de escaleras.

- Viento longitudinal tramo largo.

- Empuje horizontal.

$$\frac{0,72KN}{m} * \sin 29 = 0,356KN/m$$

- Empuje vertical.

$$\pm 0,1227KN/m * \cos 29 = 0,1073KN/m$$

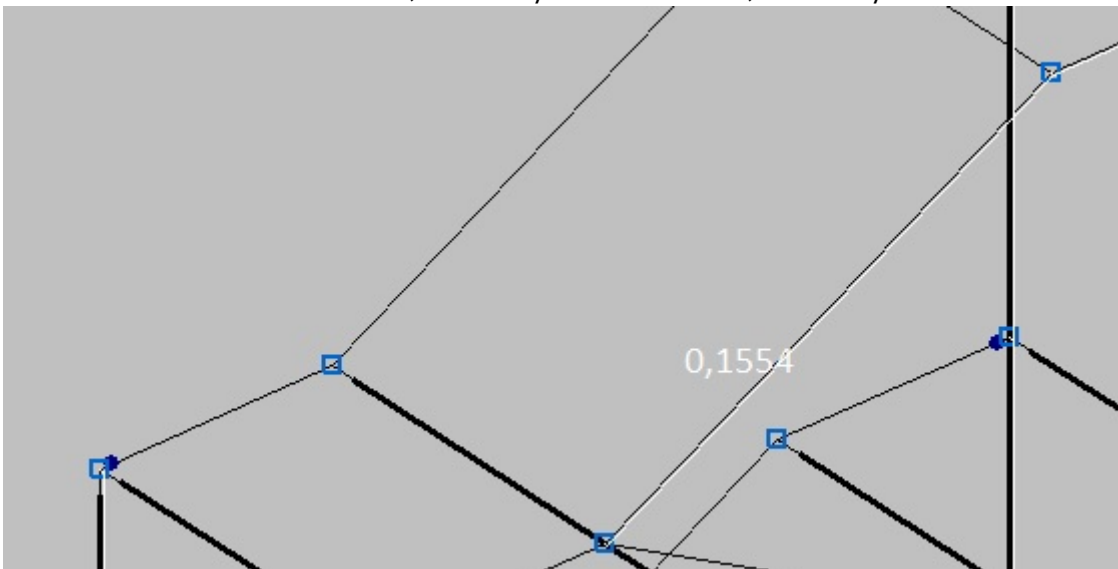


FIGURA 6.33: Viento longitudinal tramo largo de escaleras.

- Viento transversal tramo largo.

0,1554KN/m

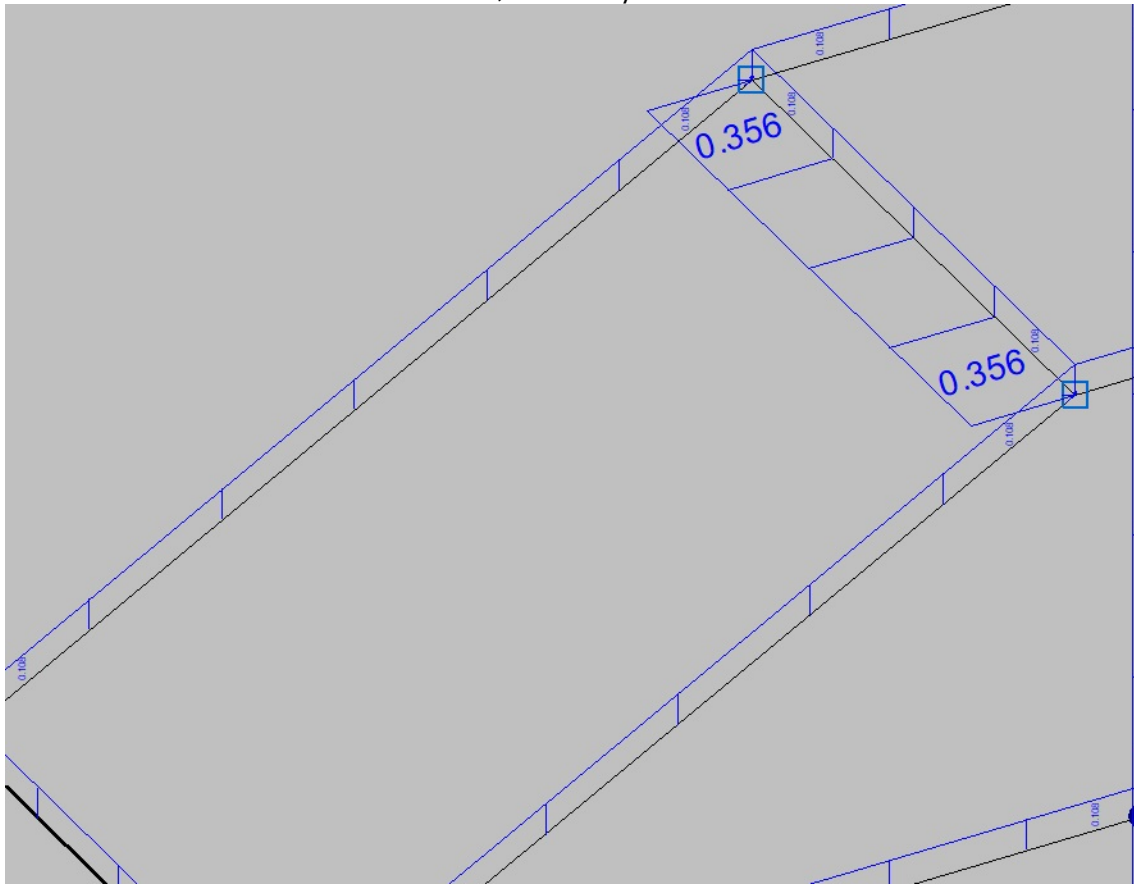


FIGURA 6.34: Viento transversal tramo largo de escaleras.

### 7.3.3. Acciones térmicas.

#### 7.3.3.1. Acción térmica sobre tableros.

Según indica la norma IAP-11, para evaluar la acción térmica sobre el tablero, debemos distinguir entre tres tipos de tablero:

- Tipo 1: Tableros de acero con sección transversal en cajón, viga armada o celosía.
- Tipo 2: Tableros mixtos compuestos por acero estructural y hormigón armado o pretensado (conectados de forma que ambos materiales trabajen de forma solidaria).
- Tipo 3: Tableros de hormigón armado o pretensado, sean losas, vigas o cajones.

Los valores representativos de la acción térmica se evaluarán considerando la componente uniforme de temperatura y las componentes de la diferencia de temperatura vertical y horizontal.

En nuestro caso, nuestro tablero es de tipo 1, ya que el forjado se calcula por separado.

#### 7.3.3.1.1. Componente uniforme de la temperatura del tablero.

- Temperatura máxima y mínima del aire.

Para calcular los efectos de la componente uniforme de temperatura se partirá del valor de la temperatura del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente.

El valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra para un periodo de retorno de 50 años, y en función del clima del lugar y de la altitud es de 40 a 42°C, tal y como se puede ver en la FIGURA 6.35.

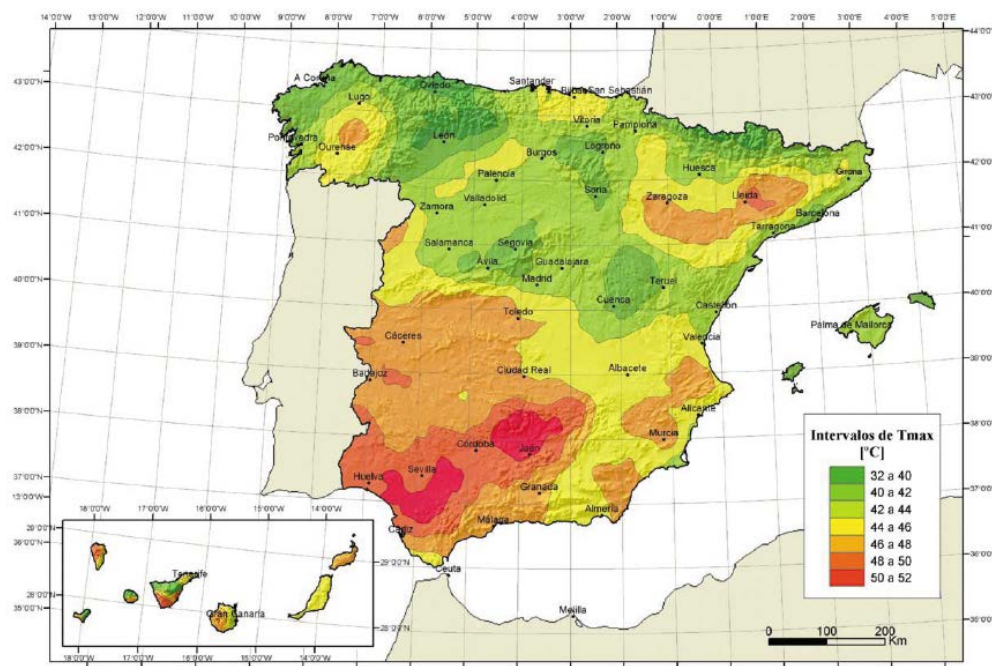


FIGURA 6.35: Isotermas de la temperatura máxima anual del aire (°C).

Como valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra se tomará, para un periodo de retorno de 50 años, el que se deduce de la FIGURA 6.36 en función de la altitud del emplazamiento y de la zona climática invernal que se deduce de la FIGURA 6.37.



FIGURA 6.36: Zonas climáticas de invierno.

ALTITUD [m]	ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

FIGURA 6.37: Temperatura mínima anual del aire (°C).

Tal y como podemos ver, Villamediana de Iregua se encuentra en la zona 2 y a una altura de 440 metros de altura. Con estos datos podemos decir que la temperatura mínima del aire a la sombra es de unos -15°C.

Para periodos de retorno diferentes a 50 años debemos usar las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 T_{max,p} &= T_{max}\{k_1 - k_2 * \ln[-\ln(1 - \rho)]\} \\
 T_{min,p} &= T_{min}\{k_3 + k_4 * \ln[-\ln(1 - \rho)]\}
 \end{aligned}$$

Siendo  $\rho$  el inverso del periodo de retorno y considerando  $k_1 = 0,781$ ,  $k_2 = 0,056$ ,  $k_3 = 0,393$  y  $k_4 = -0,156$ .

Sustituyendo en las formulas anteriores para un periodo de retorno de 100 años, queda que:

$$\begin{aligned}
 T_{max,100} &= 43,62^{\circ}C \\
 T_{min,100} &= -16,66^{\circ}C
 \end{aligned}$$

- Componente uniforme de la temperatura.

La componente uniforme de la temperatura tendrá unos valores máximos y mínimos determinados por las siguientes expresiones:

$$\begin{aligned}
 T_{e,min} &= T_{min} + \Delta T_{e,min} \\
 T_{e,max} &= T_{max} + \Delta T_{e,max}
 \end{aligned}$$

Donde  $T_{min}$  y  $T_{max}$  tienen los valores calculados anteriormente para un periodo de retorno de 100 años.

$\Delta T_{e,min}$  y  $\Delta T_{e,max}$  vienen indicados en la tabla xxx en función del tipo de tablero.

TIPO DE TABLERO	$\Delta T_{e,min}$ [°C]	$\Delta T_{e,max}$ [°C]
Tipo 1: Tablero de acero	-3	+16
Tipo 2: Tablero mixto	+4	+4
Tipo 3: Tablero de hormigón	+8	+2

FIGURA 6.38: Valores de  $\Delta T_{e,min}$  y  $\Delta T_{e,max}$  para el cálculo de la componente uniforme de la temperatura.

Teniendo en cuenta que nuestro tablero es de tipo 1, los componentes uniformes de la temperatura serán:

$$\begin{aligned}
 T_{e,min} &= T_{min} + \Delta T_{e,min} = -16,66 - 3 = -19,66^{\circ}C \\
 T_{e,max} &= T_{max} + \Delta T_{e,max} = 43,62 + 16 = 59,62^{\circ}C
 \end{aligned}$$

Para la determinación de los efectos de la componente uniforme de la temperatura, debemos usar los valores del coeficiente de dilatación termínica lineal que aparecen en la FIGURA 6.38, de la cual obtenemos un valor de dilatación térmica lineal de  $16 * 10^{-6} \text{ }^{\circ}C^{-1}$ .

MATERIAL	$\alpha_T$ ( $\times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )
Aceros inoxidable	16
Aceros estructural, hierro dulce o fundición <sup>(1)</sup>	12
Hormigón <sup>(2)</sup>	10

<sup>(1)</sup> En estructuras mixtas, el coeficiente de dilatación lineal del acero estructural puede tomarse igual al del hormigón:

$$\alpha_T = 10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

<sup>(2)</sup> En el caso de hormigón con áridos ligeros:  $\alpha_T = 7 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

FIGURA 6.39: Valores del coeficiente de dilatación térmica lineal.

- Rango de la componente uniforme de temperatura.

La variación de la componente uniforme de la temperatura ocasionará, en una estructura sin coacción al movimiento, un cambio en la longitud del elemento.

A partir de los valores característicos máximo y mínimo de la componente uniforme de temperatura y de la temperatura inicial (en caso de no poder determinarse se puede tomar un valor de  $15^\circ\text{C}$ ), se obtendrán los rangos de variación térmica que permitan determinar la contracción y la dilatación máximas del tablero.

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de la temperatura en contracción será:

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min} = 15 - (-19,66) = -34,66^\circ\text{C}$$

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de la temperatura en dilatación será:

$$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 59,62 - 15 = 44,62^\circ\text{C}$$

El dimensionamiento de los aparatos de apoyo y juntas de dilatación se realizará considerando como máxima variación de contracción de la componente uniforme de la temperatura del puente el valor de  $(\Delta T_{N,con} + 15) \text{ } ^\circ\text{C}$ , y como máxima variación de dilatación de la componente uniforme de la temperatura el valor de  $(\Delta T_{N,exp} + 15) \text{ } ^\circ\text{C}$ .

### 7.3.3.1.2. Componente de la diferencia de la temperatura.

- Diferencia vertical. Para puentes de tipo 1 y tipo 3.

A lo largo de un periodo de tiempo determinado, el calentamiento y enfriamiento de la cara superior del tablero da lugar a una variación de temperatura en la altura de la sección transversal que tendrá un valor de máximo calentamiento (cara superior más caliente) y un valor de máximo enfriamiento (cara superior más fría).

Vamos a calcular la diferencia de temperatura entre estas fibras externas de la sección del tablero. Los valores del gradiente de la temperatura en el canto de la sección transversal vienen dados en la tabla xxx.



TIPO DE TABLERO	FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE	FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA
	$\Delta T_{fil,heat} [^{\circ}C]$	$\Delta T_{fil,cool} [^{\circ}C]$
Tipo 1: Tablero de acero	18	13
Tipo 3: Tablero de hormigón		
— Sección cajón	10	5
— Sección de vigas	15	8
— Sección losa	15	8

FIGURA 6.40: Componente lineal de la diferencia vertical de la temperatura para tableros tipo 1 y tipo 3.

Los valores de la tabla anterior corresponden a un espesor de pavimento de 50mm, ya que están muy influenciados por el espesor y tipo de pavimento. En espesores diferentes será necesario aplicar un coeficiente corrector dado en la tabla xxx siguiente:

ESESOR DEL PAVIMENTO	TABLERO TIPO 1		TABLERO TIPO 3	
	FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE	FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA	FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE	FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA
	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$
Sin impermeabilización ni pavimento	0,7	0,9	0,8	1,1
Con impermeabilización y sin pavimento <sup>(1)</sup>	1,6	0,6	1,5	1,0
50 mm	1,0	1,0	1,0	1,0
100 mm	0,7	1,2	0,7	1,0
150 mm	0,7	1,2	0,5	1,0

<sup>(1)</sup> Estos valores representan valores límite superiores para superficies de color oscuro.

FIGURA 6.41: Coeficiente de fluencia del tipo y espesor de pavimento.

– Diferencia horizontal.

La diferencia de soleamiento entre un lado y otro de la sección transversal del tablero puede dar lugar a una diferencia horizontal de temperatura. Este hecho se produce en tableros que presentan una orientación próxima a la este-oeste, con mayor soleamiento general en la cara sur, pero también se produce en puentes con orientación próxima a la norte-sur, con un mayor soleamiento en el lado este al amanecer con un máximo en los meses de verano, y en el lado oeste al atardecer con un máximo en los meses de invierno.

Nuestro tablero se encuentra posicionado con una orientación aproximada de norte-sur, pero debido a sus características geométricas no será necesario tener en cuenta la diferencia horizontal de la temperatura.

### 7.3.3.1.3. Simultaneidad de la componente uniforme y de la diferencia de temperatura.

Si debido al esquema estructural, es necesario tener en cuenta la actuación simultánea de la variación de la componente uniforme,  $\Delta T_{N,exp}$  o  $\Delta T_{N,con}$ , y la diferencia de temperatura,  $\Delta T_{M,heat}$  o  $\Delta T_{M,cool}$ , ambas componentes se combinarán de acuerdo con las expresiones siguientes:

$$\Delta T_M + \omega_N \Delta T_N$$

$$\omega_M \Delta T_M + \Delta T_N$$

Con  $\omega_N=0,35$  y  $\omega_M=0,75$ .

Estas expresiones dan lugar a ocho posibles formas de considerar la concomitancia de las distintas componentes de la acción térmica, de las que se elegirán las que den lugar a los efectos más desfavorables para el elemento en estudio.

1.  $18+0,35 \cdot 44,62=33,617^{\circ}\text{C}$
2.  $18+0,35 \cdot -34,66=5,869^{\circ}\text{C}$
3.  $13+0,35 \cdot 44,62=28,617^{\circ}\text{C}$
4.  $13+0,35 \cdot -34,66=0,869^{\circ}\text{C}$
5.  $0,75 \cdot 18+44,62=58,12^{\circ}\text{C}$
6.  $0,75 \cdot 18+-34,66=-21,16^{\circ}\text{C}$
7.  $0,75 \cdot 13+44,62=54,37^{\circ}\text{C}$
8.  $0,75 \cdot 13+-34,66=-24,91^{\circ}\text{C}$

Se eligen como hipótesis más desfavorables la 5ª y la 8ª.

### 7.3.4. Nieve.

De acuerdo con la instrucción IAP-11, en general, sólo será necesario considerar la sobrecarga de nieve en puentes situados en zonas de alta montaña o durante la construcción. Dado que la situación de la pasarela no va a ser en una zona montañosa, vamos a proceder al cálculo durante el proceso constructivo, aunque debería ser suficientemente breve como para no ser necesario tener en cuenta este factor.

#### 7.3.4.1. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal.

En la tabla xxx aparecen los valores característicos de sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal para cada una de las zonas climáticas descritas en la FIGURA 6.42.

ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b)							
ALTITUD [M]	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2200	-	8,0	-	-	-	-	-

FIGURA 6.42: Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal.

Para una altitud de unos 400 metros en la zona 2, la sobrecarga por nieve es de 0,6 KN/m<sup>2</sup>.

#### 7.3.4.2. Sobrecarga de nieve en tableros.

Como valor característico de la sobrecarga de nieve sobre tableros  $q_k$ , se adoptará el definido por la siguiente expresión:

$$q_k = 0,8S_k = 0,8 * 0,6 = 0,48KN/m^2$$

Con este valor de sobrecarga, realizamos los cálculos para poder introducirla en las diferentes subestructuras que componen el proyecto, tanto el tablero, como las rampas y las escaleras.

Nieve en tablero:

$$\frac{0,48KN}{m^2} * 2,51m * 2m * \frac{1}{9,02m} = \frac{0,2671KN}{m} = 0,02674t/m$$

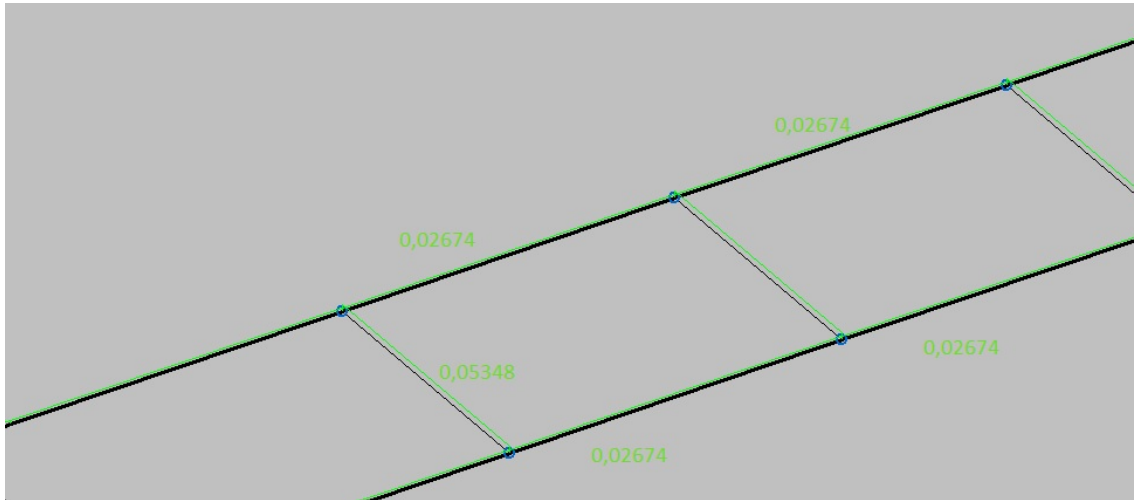


FIGURA 6.43: Nieve en el tablero.

Nieve en rampas:

Descansillo largo:

$$\frac{0,48KN}{m^2} * 2m * 2m * \frac{1}{8m} = \frac{0,24KN}{m} = 0,024t/m$$

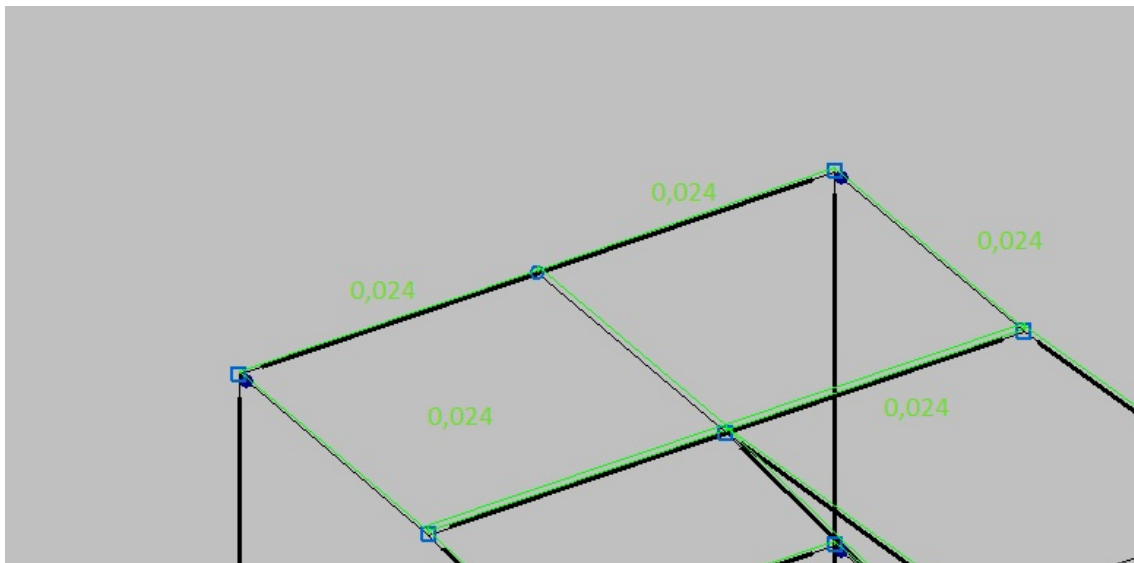


FIGURA 6.44: Nieve en descansillos largos de las rampas.

Descansillo corto:

$$\frac{0,48KN}{m^2} * 2m * 1,5m * \frac{1}{7m} = \frac{0,205KN}{m} = 0,0205t/m$$

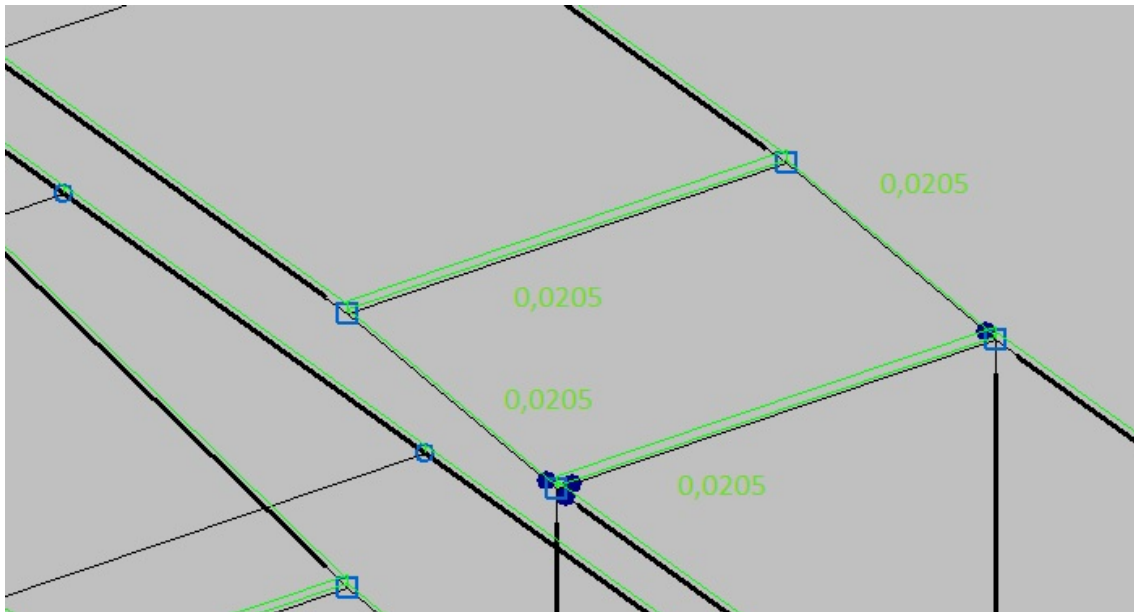


FIGURA 6.45: Nieve en descansillos cortos de las rampas.

Rampa larga:

$$\frac{0,48KN}{m^2} * 9,375m * 2m * \frac{1}{22,75m} = \frac{0,3956KN}{m} = 0,03956t/m$$

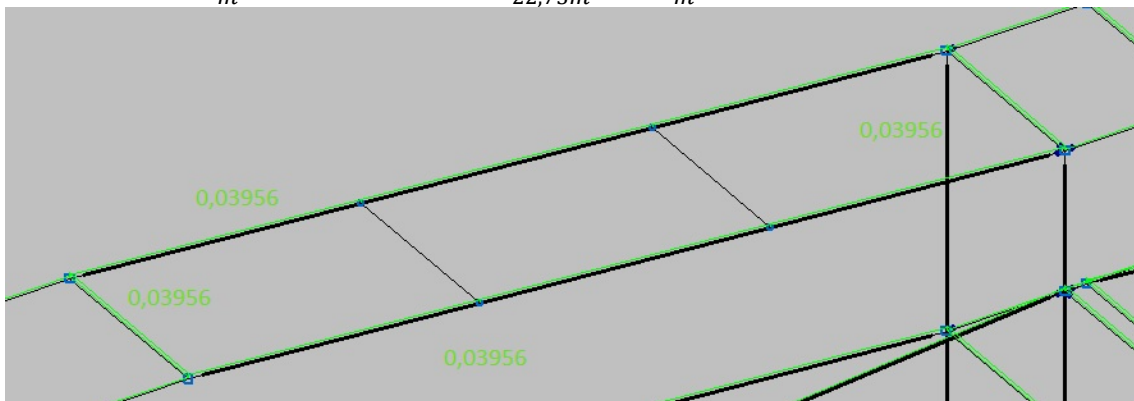


FIGURA 6.46: Nieve en tramos largos de las rampas.

Rampa corta:

$$\frac{0,48KN}{m^2} * 2m * 7,8125m \text{ largo} * \frac{1}{19,625m \text{ perimetro}} = \frac{0,3822KN}{m} = 0,03822t/m$$

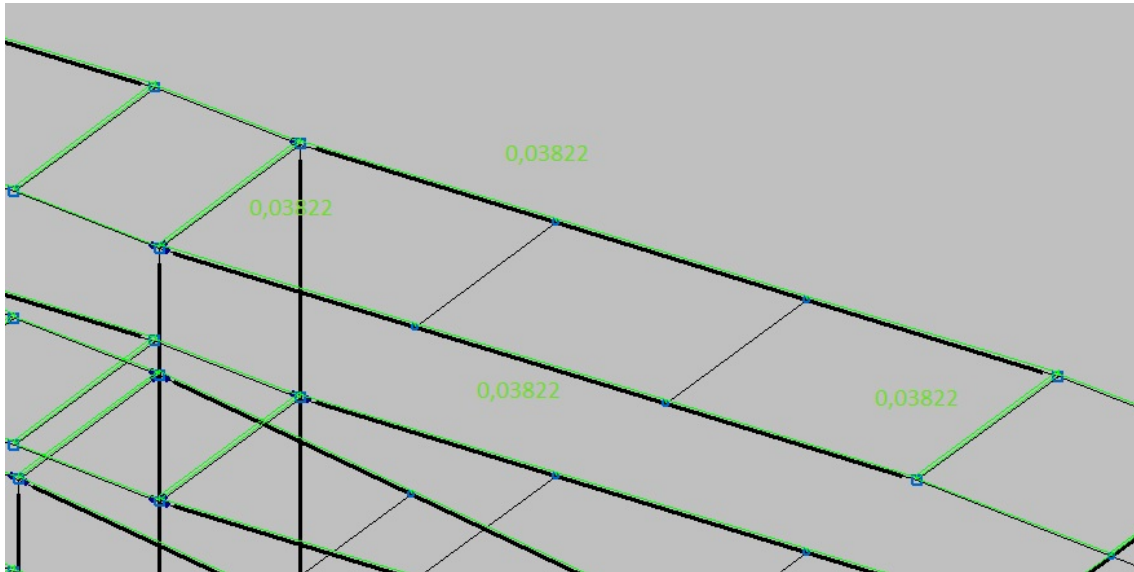


FIGURA 6.47: Nieve en tramos cortos de las rampas.

Nieve en escaleras:  
 Descansillos:

$$\frac{0,48\text{KN}}{\text{m}^2} * 2\text{m} * 1,4\text{m} * \frac{1}{6,8\text{m}} = \frac{0,1976\text{KN}}{\text{m}} = 0,01976\text{t/m}$$

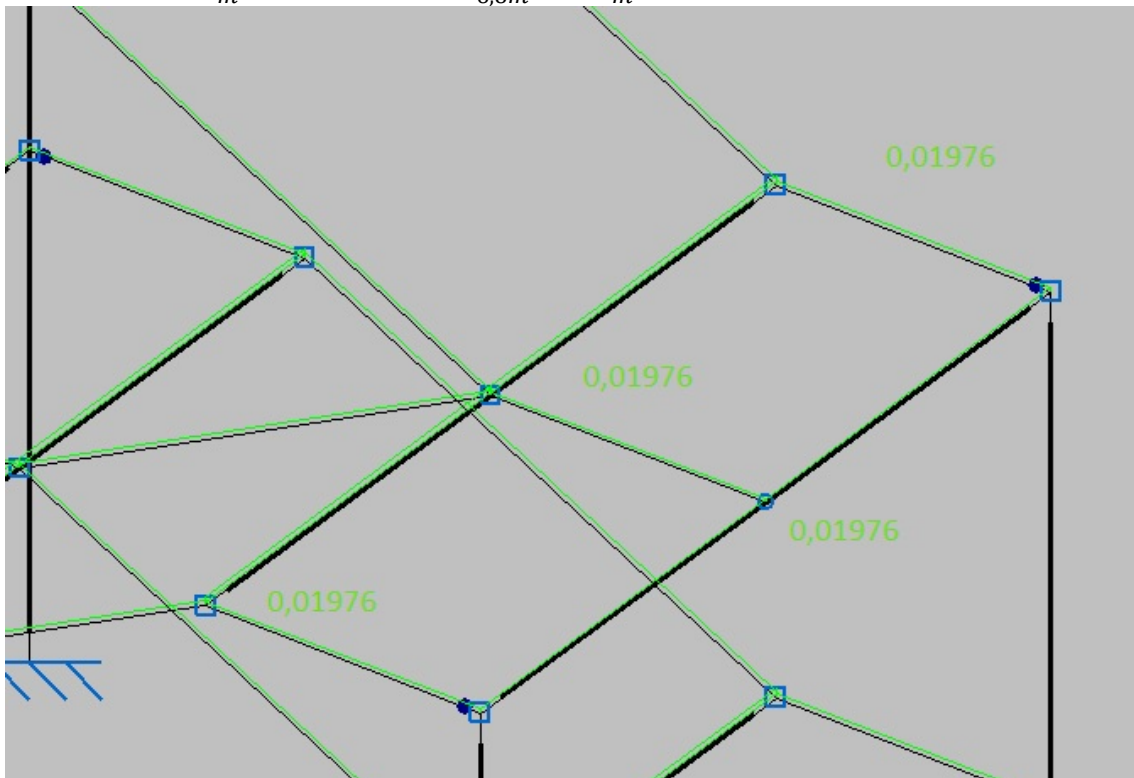


FIGURA 6.48: Nieve en descansillos de las escaleras.

Tramo largo:

$$\frac{0,48KN}{m^2} * 2m * 3,1m * \frac{1}{10,2m} = \frac{0,292KN}{m} = 0,0292t/m$$

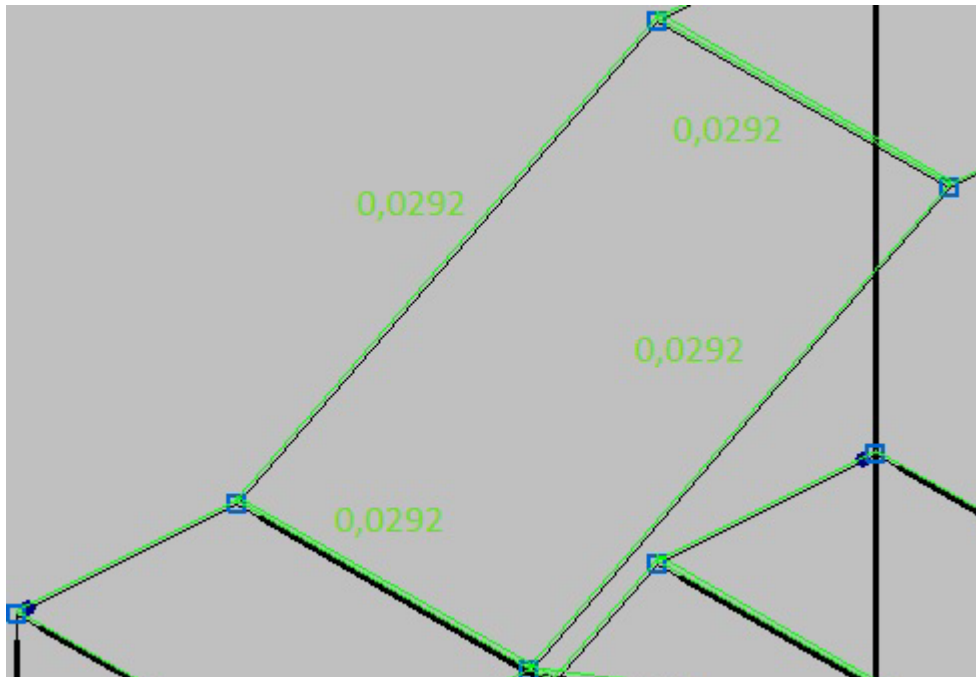


FIGURA 6.49: Nieve en tramos altos de las escaleras.

Tramo corto:

$$\frac{0,48KN}{m^2} * 2m * 2,7m \text{ largo} * \frac{1}{9,4m \text{ perimetro}} = \frac{0,2757KN}{m} = 0,02757t/m$$

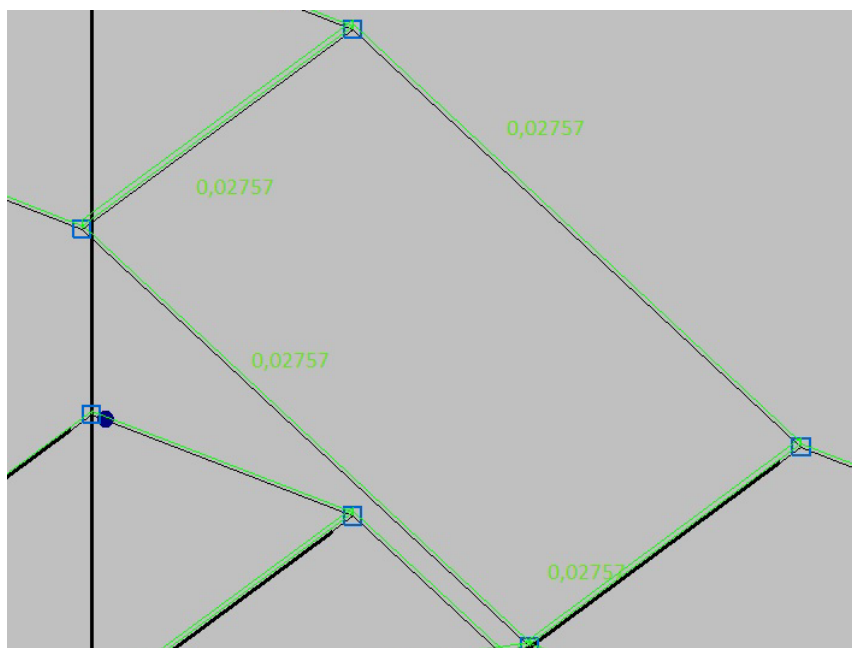


FIGURA 6.50: Nieve en tramos bajos de las escaleras.

## 7.4. Acciones accidentales.

### 7.4.1. Impactos.

#### 7.4.1.1. Impactos de vehículos de carretera contra un elemento estructural o pasarela.

Tal y como se redacta en el anejo de obra de contención, todos las posibles de impacto de un vehículo contra los elementos de sustanciación de la estructura se previenen mediante la colocación de una barrera o quitamiedos, por lo que no es necesario su cálculo.

Esto también se aplica a las rampas y escaleras, que quedan protegidas también detrás de la barrera ya calculada.

Además, como el galibo del proyecto es superior al galibo vertical mínimo, tal y como se establece en la norma de carreteras 3.1-IC de la instrucción de carreteras, no será necesario considerar el impacto de un vehículo contra el tablero.

#### 7.4.1.2. Impacto de vehículos ferroviarios.

Debido a la inexistencia de redes ferroviarias en las inmediaciones del proyecto, se descarta la necesidad de tener en cuenta este tipo de impactos. Por lo tanto, se descarta la necesidad de este tipo de cálculo.

### 7.4.2. Acción sísmica.

Tal y como se establece en el anejo geológico, la zona del proyecto está exenta de efectos sísmicos, por lo que no será necesario este tipo de cálculos.



## 8. JUNTAS.

Tal y como se ha explicado con anterioridad, los cálculos estructurales del presente anejo se han realizado teniendo en cuenta la independencia de las distintas partes de la estructura. De este modo, el comportamiento de cada parte frente a las diferentes solicitaciones será independiente en cada una de las partes.

Para asegurar esta independencia entre las diferentes partes, se considera necesaria la ejecución de diferentes juntas de dilatación en la unión de dichas partes:

- Unión del tablero con los accesos a las rampas.
- Unión del tablero con las escaleras.

Estas juntas estarán compuestas de polietileno debido a la resistencia y flexibilidad que nos proporciona este material.

## 9. ACABADO Y MANTENIMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

Los materiales empleados en la realización de la estructura son:

- Acero.
- Hormigón.
- Resina.

Estos deberán tener un acabado que garantice la durabilidad y facilite su mantenimiento durante la vida útil de la estructura.

### 9.1. Acero.

Una de las acciones más agresiva y que afecta de un modo importante a todas las estructuras es el fuego. A pesar de ser una acción de carácter accidental, es muy importante tenerla en cuenta. Frente a esta acción, la estructura ha de ser capaz de mantener sus características resistentes al menos durante el tiempo suficiente como para que sea evacuada en su totalidad evitando la pérdida de vidas humanas.

Aunque la acción más corriente es la oxidación, que da lugar a la corrosión o lenta pérdida de naturaleza y de dimensiones del propio material. Esta corrosión viene producida por la reacción del oxígeno del aire con el hierro dando lugar a los óxidos de hierro que constituyen compuestos químicamente más estables.

De forma general, la oxidación se produce por reacciones electroquímicas por lo que para paliar dichas reacciones, basta con introducir una capa dieléctrica entre el acero y el ambiente que le rodea, en general, un recubrimiento de pintura o un galvanizado.

En el caso de este proyecto, se va a realizar un pintado con una capa de imprimación anticorrosiva y un posterior pintado, cuyo color variará dependiendo de si es viga, pilar o barandilla.

#### **Capa de imprimación.**

Esta capa de imprimación tiene una doble finalidad: inhibir la oxidación y, por consiguiente, la corrosión, y la de proporcionar una superficie que ofrezca las condiciones propicias para ser pintada con otro acabado.

Esta pintura contiene óxidos metálicos, además de componentes químicos básicos. Esto crea una capa protegiendo al acero de su oxidación. No solo se adhiere a la superficie, sino que reacciona químicamente con la superficie metálica modificándola y proporcionándole protección frente a la corrosión.

#### **Capa de acabado.**

Esta capa se aplica sobre la anterior con el objetivo de evitar que el oxígeno penetre hasta el hierro y proteger a la capa de imprimación de una destrucción prematura. Además proporciona el color a la estructura.

De este modo, todo el acero de la estructura quedará protegido frente a la corrosión. Además de la pintura protectora, se deberán realizar inspecciones periódicas de las zonas más sensibles a la corrosión (bases y lugares donde el agua pueda estancarse) para prevenir este fenómeno.

## 9.2. Hormigón.

El mayor inconveniente del hormigón es su escasa resistencia a tracción, ya que pueden aparecer grietas si esta resistencia es superada. En el caso del proyecto, al ser exclusivamente hormigón impreso a modo de pavimento, no debería existir este problema.

El pavimento de hormigón impreso lleva a modo de recubrimiento una resina especial que proporciona una impermeabilización, resistencia a las heladas y a la abrasión. Además proporciona protección frente a resbalones, por lo que es un material idóneo.

Esta resina necesita un mantenimiento aproximadamente cada dos años, en la que se deberá realizar un nuevo sellado de la superficie en caso de que sea necesario. Este mantenimiento puede ser debido a la pérdida de color y brillo de la superficie, por lo que será un mantenimiento a nivel estético, o debido a la pérdida total de la resina en algunas zonas, por lo que será necesario la realización de una nueva impermeabilización con resina para proteger el hormigón de los agentes climatológicos y de la abrasión por el paso de peatones.

## 10. PRUEBAS DE CARGA.

Todo puente proyectado de acuerdo con la IAP-11 debe ser sometido a pruebas de carga antes de su puesta en servicio.

La prueba de carga de recepción de una estructura es un conjunto de operaciones consistente en la reproducción de uno o varios estados de carga sobre la misma, antes de su puesta en servicio, con objeto de confirmar que el proyecto y construcción de la obra se han llevado a cabo de forma satisfactoria.

Con este objeto es necesario comprobar que, para unas situaciones de carga representativas de las acciones a que va a estar sometida durante su vida en servicio, el comportamiento de la estructura se ajusta a las previsiones de proyecto.

La Instrucción establece dos tipos de pruebas de carga:

- Pruebas de carga estática: serán obligatorias para aquellas obras en que alguno de sus vanos tenga una luz igual o superior a 12m (medida entre ejes de apoyos del tablero o, para estructuras tipo marco, entre paramentos vistos de hastiales)
- Pruebas de carga dinámica: serán preceptivas, y así quedará recogido en el proyecto, en puentes de luces superiores a 60m o en aquellos cuyo diseño sea inusual, se utilicen nuevos materiales o contengan zonas de tránsito peatonal en las que se prevea que las vibraciones pueden causar molestias a los usuarios.

### 10.1. Desarrollo de la prueba.

En el caso de pasarelas, la sobrecarga uniforme de cálculo podrá materializarse mediante cargas concentradas que produzcan en la estructura esfuerzos equivalentes a los de aquella.

Los estados de carga se definirán de forma que cargando convenientemente distintas zonas de la estructura, se alcancen los porcentajes deseados de los esfuerzos máximos producidos en las secciones críticas.

En el caso de puentes continuos, en general será suficiente con cargar parejas de vanos contiguos y de vanos alternos, de forma que en todas las secciones de apoyo y de centro de vano, se alcancen los porcentajes de esfuerzos indicados.

### 10.2. Informe de la prueba de carga.

Una vez finalizada la prueba de carga, se redactará el Informe de la prueba, en el que figurarán los siguientes aspectos:

- Fecha, hora de inicio y fin y asistentes a la prueba.
- Referencia al proyecto de la estructura y de la prueba de carga (clave, fecha, autor, etc.)
- Descripción de la obra y de su estado previo a la prueba.
- Descripción detallada de los vehículos utilizados y los distintos estados de carga.
- Descripción de las magnitudes, equipo instrumental de toma de datos y número y situación de los puntos de medida.
- Información sobre el desarrollo de la prueba (hora de comienzo, de cada estado de carga, tiempo transcurrido entre carga y descarga, número de escalones, etc.)

- Registros de las magnitudes medidas durante la prueba.
- Comparación con los valores teóricos previstos y valoración del cumplimiento de los criterios de aceptación.
- Cuestiones de interés observadas en las inspecciones de la obra antes, durante y después de la prueba.
- Varios: documentación fotográfica, condiciones meteorológicas, puntos de referencia para la nivelación si las hubiera, incidencias, etc.

### 10.3. Método de montaje.

Existen muchos métodos de montaje de puentes de acero pero los cinco más típicos son los que se muestran a continuación:

- Montaje a pie de obra

Este montaje implica el montaje del puente a partir de sus componentes o subconjuntos individuales en su posición final, generalmente sobre cimbras o alguna otra forma de apoyo temporal, haciendo las juntas en la obra y retirando las cimbras.

Debe proporcionarse un adecuado servicio de grúas que abarque toda la superficie del tablero.

- Lanzamiento

Este método supone el montaje de un puente sobre rodillos o patines en su alineación final pero al lado del obstáculo que se ha de cruzar, cuando se ha finalizado, se empuja o se tira hacia adelante para cruzar el obstáculo y se hace descansar sobre aparatos de apoyo en la orilla contraria.

- Elevación

Este método implica levantar una parte independiente o la totalidad de un puente cerca de su posición final.

La elevación puede ser una operación completa en si misma o parte de un esquema de montaje en voladizo.

- En voladizo

Este método implica construir un puente, normalmente continuo sobre varios tramos, progresivamente a partir de uno o ambos estribos, uniendo secciones al extremo de las partes ya montadas.

Un tramo de anclaje se iza o se monta in situ y, a continuación, se montan en voladizo las secciones a partir de aquí, o bien elevándolas desde el nivel del suelo o bien deslizándolas a lo largo del tablero y haciéndolas descender desde el extremo.

- Deslizamiento

Este método supone la construcción del puente desplazado lateralmente de la ubicación final y, a continuación, levantándolo lateralmente hasta su posición final.

### 10.3.1. Elección del método de montaje.

Debido a las características del proyecto y de la carretera sobre la que se va a realizar, el método de montaje elegido es el método de elevación. Este método permite la colocación completa del tramo del tablero de la pasarela en una sola fase, evitando largas interrupciones del tráfico. Además estas operaciones serán llevadas a cabo durante la noche, para disminuir aún menos el impacto sobre el tráfico.

La elevación del tramo se realizará mediante varias grúas desde los extremos permitiendo su colocación en los puntos de apoyo o pilas.

Es muy importante realizar la operación de elevación como mínimo desde los dos extremos, debido a que los cálculos realizados en ELU se han considerado como una viga biapoyada y, en caso de no realizarse de este modo, la estructura puede colapsar antes de su puesta en obra.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 6.1. – ESTRUCTURA METÁLICA.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	194
2. ESTRUCTURA.....	195
2.1. Tablero.....	195
2.1.1. Perfiles utilizados.....	195
2.1.2. Justificación de los perfiles utilizados.....	195
2.1.3. Comprobación de los perfiles utilizados.....	196
2.2. Escaleras.....	244
2.2.1. Perfiles utilizados.....	244
2.2.2. Justificación de los perfiles utilizados.....	244
2.2.3. Comprobación de los perfiles utilizados.....	244
2.3. Rampas.....	285
2.3.1. Perfiles utilizados.....	286
2.3.2. Justificación de los perfiles utilizados.....	286
2.3.3. Comprobación de los perfiles utilizados.....	286
3. UNIONES.....	390
3.1. Uniones en el tablero.....	390
3.1.1. Unión 1.....	390
3.1.2. Unión 2.....	395
3.1.3. Unión 4. Esta unión se ha realizado con CYPE Connect.....	408
3.1.5. Unión 5.....	412
3.1.6. Unión 6.....	415
3.1.7. Unión 7.....	422
3.1.8. Unión 8. Realizada con CYPE Connect.....	429
3.2. Uniones en las escaleras.....	433
3.2.1. Unión 1.....	433
3.2.2. Unión 2.....	438
3.2.3. Unión 3. Realizada con CYPE Connect.....	445
3.2.4. Unión 4. Realizada con CYPE Connect.....	449
3.2.5. Unión 6.....	454
3.3. Uniones en las rampas.....	460
3.3.1. Unión 1.....	460
3.3.2. Unión 2.....	465
3.3.3. Unión 3.....	471
3.3.4. Unión 4. Realizada con CYPE Connect.....	477



3.3.5. Unión 5.....	480
3.3.6. Unión 6.....	484
3.3.7. Unión 8.....	488
3.3.8. Unión 9.....	495
3.3.9. Unión 11. Realizada con CYPE Connect.....	502
3.4. Uniones especiales. ....	505
3.4.1. Unión 5 en escaleras y 13 en rampas. ....	505
3.4.2. Unión 7 en escaleras y 10 en rampas. ....	516
3.4.3. Unión 8 en escaleras y 12 en rampas. ....	523
3.4.4. Uniones 7 en rampas. ....	526

## 1. INTRODUCCIÓN.

En el siguiente apartado se van a definir los diferentes perfiles usados en cada una de las partes de la estructura, sus comprobaciones a los Estados Limite Últimos y las uniones entre ellos que conforman la estructura metálica. Para la definición de la estructura, así como de cada una de sus partes se ha usado el programa CYPE 3D y para algunas de las uniones CYPE Connect y las que no se han podido resolver con ninguno de estos dos métodos, se han resuelto a mano.

## 2. ESTRUCTURA.

En este apartado se define la estructura metálica, así como los perfiles que componen cada una de las diferentes partes de dicha estructura.

### 2.1. Tablero.

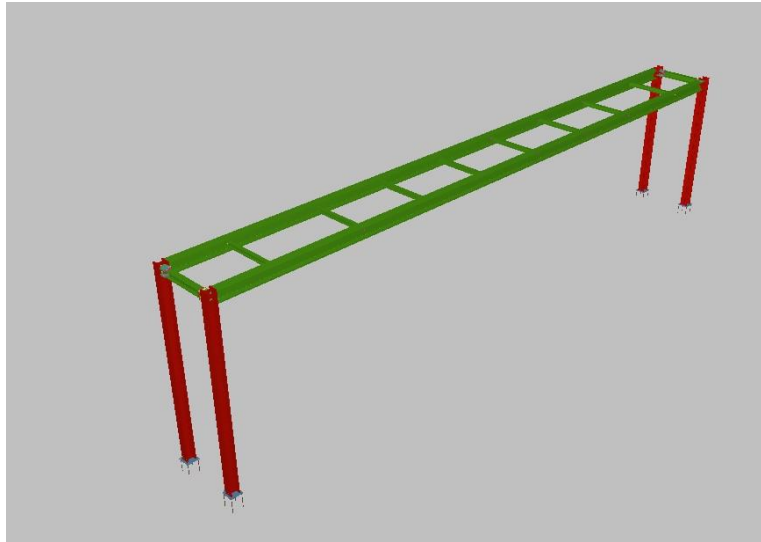


FIGURA 6.1.1: Estructura 3-D del tablero.

#### 2.1.1. Perfiles utilizados.

Zona	Tipo de perfil	Unidades	Longitud total (m)
<b>Pilares</b>	HEM 260	4	22
<b>Vigas principales</b>	HEM 300	2	45
<b>Vigas intermedias perpendiculares</b>	HEM 120	8	16
<b>Vigas intermedias de los extremos</b>	HEM 180	2	4

Tabla 6.1.1: Perfiles del tablero.

#### 2.1.2. Justificación de los perfiles utilizados.

Para la realización del tablero y de la obra en general, se ha decidido usar perfiles de la gama HE debido a la anchura de las alas, teniendo los dos momentos de inercia equilibrados y teniendo una carga crítica bastante superior a la de los perfiles IPE o IPN. Dentro de la serie HE se han elegido la serie pesada HEM debido a que estos son los perfiles más gruesos y resistentes de toda la serie HE, permitiendo realizar grandes luces con perfiles de grosor reducido.

### 2.1.3. Comprobación de los perfiles utilizados.

A continuación se adjuntan los listados de Estado Limite último correspondiente a los distintos perfiles utilizados en el programa CYPE. Dichos informes corresponden a la barra con mayor trabajo dentro de la estructura del tablero:

#### 2.1.3.1. Perfil HEM 300. Vigas principales del tablero.

Perfil: HE 300 M							
Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas				
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N12	N13	2.510	303.10	59200.00	19400.00	1408.00	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70		0.70	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>	1.757		1.757	2.510	2.510		
C <sub>m</sub>	1.000		1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	η = 0.4	x: 1.255 m η = 76.8	x: 0 m η = 2.2	x: 2.51 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.046 m η = 78.3	η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = <b>78.3</b>
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.28 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 303.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 10155.116 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 40516.154 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 13277.253 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 10155.116 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 59200.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 19400.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 1408.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 4386000.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.757 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.757 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 2.510 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 16.10 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> :** 13.98 cm

**$i_y$  ,  $i_z$** : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_z : \underline{8.00} \text{ cm}$$

**$y_0$  ,  $z_0$** : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$12.48 \leq 160.38 \quad \checkmark$$

Donde:

**$h_w$** : Altura del alma.

$$h_w : \underline{262.00} \text{ mm}$$

**$t_w$** : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{21.00} \text{ mm}$$

**$A_w$** : Área del alma.

$$A_w : \underline{55.02} \text{ cm}^2$$

**$A_{fc,ef}$** : Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{120.90} \text{ cm}^2$$

**$k$** : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

**$E$** : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**$f_{yf}$** : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

**$N_{c,Ed}$** : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{3.135} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{779.783} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{303.10} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{746.507} \text{ t}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{303.10} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{M1}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.98}$$

$$\chi_T : \underline{0.96}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.50}$$

$$\phi_z : \underline{0.54}$$

$$\phi_T : \underline{0.56}$$

**$\alpha$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**$\bar{\lambda}$ :** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.14}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.25}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.28}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{10155.116} \text{ t}$$

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{40516.154} \text{ t}$$

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{13277.253} \text{ t}$$

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{10155.116} \text{ t}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.768} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.255 m del nudo N12, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{80.584} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{104.914} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{4078.00} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.



$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.30}$$

**M<sub>cr</sub>**: Momento crítico elástico de pandeo lateral.

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M<sub>cr</sub>** se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} : \frac{1229.85}{7} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**M<sub>LTv</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \underline{869.684} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>LTw</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} : \underline{869.597} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**W<sub>el,y</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{3482.35} \text{ cm}^3$$

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \frac{19400.0}{0} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \frac{214067}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{214067}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ }^2$$

**L<sub>c</sub><sup>+</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{2.510} \text{ m}$$

**L<sub>c</sub><sup>-</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{2.510} \text{ m}$$

**C<sub>1</sub>**: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

**i<sub>f,z</sub>**: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.63} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.63} \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.022} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.010} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N12, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.090} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{49.216} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{1913.00} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.109} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{148.40} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{99.91} \text{ cm}^2$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

$$h : \underline{340.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{21.00} \text{ mm}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

#### **Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{8.7}{6} < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{8.76}$$

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{65.92}$$

**ε**: Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \frac{2395.5}{1} \text{ kp/cm}^2$$

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

#### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.071} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \frac{368.48}{4} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{248.08} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{303.10} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{262.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{21.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.955 \leq \frac{74.200}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.955} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{148.401} \text{ t}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{0.071}{t} \leq \frac{184.242}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.071} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{368.484} \text{ t}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.783} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.779} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.667} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.046 m del nudo N12, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{3.119} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{80.582} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{0.557} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{779.78}{3} \text{ t}$$

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{104.91}{4} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{49.216 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A:** Área de la sección bruta.

$$A : \underline{303.10 \text{ cm}^2}$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{0 \text{ cm}^3}$$

$$W_{pl,z} : \underline{0 \text{ cm}^3}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.6 \text{ kp/cm}^2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.3 \text{ kp/cm}^2}$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.85}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.98}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.14}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.25}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$\frac{0.955}{t} \leq \frac{74.200}{t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.955}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{148.401}{t}$$

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.1.3.2. Perfil HEM 260: Pilares del tablero.

Perfil: HE 260 M							
Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas				
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N95	N6	2.500	219.60	31310.00	10450.00	719.00	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70		0.70	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>	1.750		1.750	2.500	2.500		
C <sub>m</sub>	1.000		1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N95/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumpl e	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.1 m η = 3.3	x: 2.4 m η = 3.7	x: 2.4 m η = 33.8	η = 1.7	η = 2.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.4 m η = 40.5	η < 0.1	η = 1.0	η = 1.7	η = 2.9	<b>CUMPL E η = 40.5</b>

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción
- N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión
- M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y
- M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z
- V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z
- V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y
- M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : **0.31** ✓



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**Clase :** 1

**A :** 219.60 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub> :** 6193.632 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 21600.162 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 7209.252 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 6193.632 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 31310.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 10450.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 719.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 1728000.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.750 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.750 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 2.500 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 13.79 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 11.94 cm

**i<sub>z</sub> :** 6.90 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$12.50 \leq 162.11 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{225.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{18.00} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{40.50} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{87.10} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.031} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.100 m del nudo N95, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{17.796} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{564.963} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**Clas**

$$e : \underline{1}$$

$$A : \underline{219.60} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>MO</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2701.33} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{533.498} \text{ t}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{219.60} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2701.33} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.96}$$

$$\chi_T : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.51}$$

$$\phi_z : \underline{0.56}$$

$$\phi_T : \underline{0.57}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.17}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.29}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.31}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\begin{array}{r}
 \underline{6193.63} \\
 \mathbf{N_{cr}} : \quad \underline{2} \quad \text{t} \\
 \underline{21600.1} \\
 \mathbf{N_{cr,y}} : \quad \underline{62} \quad \text{t} \\
 \underline{7209.25} \\
 \mathbf{N_{cr,z}} : \quad \underline{2} \quad \text{t} \\
 \underline{6193.63} \\
 \mathbf{N_{cr,T}} : \quad \underline{2} \quad \text{t}
 \end{array}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.400 m del nudo N95, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{2.427} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{64.935} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,y}} : \underline{2524.00} \quad \text{cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2572.69} \quad \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{2701.33} \quad \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{MO}} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.33}$$

**M<sub>cr</sub>**: Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$\mathbf{M}_{cr} : \underline{611.748} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M<sub>cr</sub>** se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

**M<sub>LTv</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$\mathbf{M}_{LTv} : \underline{457.947} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>LTw</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$\mathbf{M}_{LTw} : \underline{405.610} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**W<sub>el,y</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$\mathbf{W}_{el,y} : \underline{2159.31} \text{ cm}^3$$

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \frac{10450.0}{0} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{719.00} \text{ cm}^4$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \frac{214067}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \frac{825688}{2} \text{ kp/cm}^2$$

**L<sub>c</sub><sup>+</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$\mathbf{L}_c^+ : \underline{2.500} \text{ m}$$

**L<sub>c</sub><sup>-</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$\mathbf{L}_c^- : \underline{2.500} \text{ m}$$

**C<sub>1</sub>**: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$\mathbf{C}_1 : \underline{1.00}$$

**i<sub>f,z</sub><sup>+</sup>**: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$\mathbf{i}_{f,z}^+ : \underline{7.45} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_{f,z}^- : \underline{7.45} \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.338} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.400 m del nudo N95, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub>**: 10.358 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**M<sub>c,Rd</sub>**: 30.666 t·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase**: 1

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,z</sub>**: 1192.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>**: 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>**: 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub>**: 1.05

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**η**: 0.017 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>**: 1.782 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

**V<sub>c,Rd</sub>**: 107.502 t

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>**: 72.38 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

**h**: 290.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>**: 18.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>**: 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$ : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**8.89 < 65.92** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$ : 8.89

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : 65.92

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$ : 0.94

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$ : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.028 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 7.573 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$ : 266.025 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 179.10 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A**: 219.60 cm<sup>2</sup>  
**d**: Altura del alma. **d**: 225.00 mm  
**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma. **t<sub>w</sub>**: 18.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>**: 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>**: 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>  
**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>Mo</sub>**: 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$1.782 \text{ t} \leq 53.751 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>**: 1.782 t

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>**: 107.502 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$7.573 \text{ t} \leq 133.013 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>**: 7.573 t

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>**: 266.025 t



**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.405} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.270} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.402} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sub>ésimos</sub> se producen en un punto situado a una distancia de 2.400 m del nudo N95, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo p <sub>ésimo</sub> .	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>16.930</u> t
<b>M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo p <sub>ésimos</sub> , según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> : <u>2.412</u> t·m <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : <u>10.358</u> t·m
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>1</u>
<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.	<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : <u>564.963</u> t
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> : <u>64.935</u> t·m <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>30.666</u> t·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> : <u>219.60</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>W<sub>pl,y</sub></b> : <u>2524.00</u> cm <sup>3</sup> <b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>1192.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>2572.69</u> kp/cm <sup>2</sup>

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>2701.33</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub></b> : <u>1.05</u>

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>, k<sub>y,LT</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.89}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\begin{aligned}
 C_{m,y} &: \underline{1.00} \\
 C_{m,z} &: \underline{1.00} \\
 C_{m,LT} &: \underline{1.00}
 \end{aligned}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned}
 \chi_y &: \underline{1.00} \\
 \chi_z &: \underline{0.96}
 \end{aligned}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.17}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.29}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$7.573 \text{ t} \leq 132.512 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{7.573} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{265.025} \text{ t}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.032} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{3.286} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{221.23}{2572.6} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{9}{2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.782} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.031} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{107.097} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{107.502} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{13.94} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{221.23}{2572.69} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{9}{2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.33}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.573} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.031} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{265.025} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{266.025} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{13.94} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{221.23} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

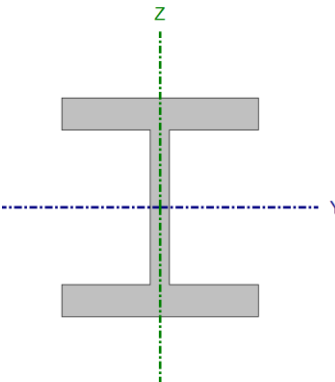
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

2.1.3.3. Perfil HEM 120. Vigas intermedias perpendiculares del tablero.

Perfil: HE 120 M							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N76	N139	2.000	66.40	2018.00	702.80	91.66
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	β	0.70	0.70	1.00	1.00		
	L <sub>K</sub>	1.400	1.400	2.000	2.000		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>
N76/N139	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.2 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	η = 21.4	x: 1 m η = 6.0	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0 m η = 2.8	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.2 m η < 0.1	N.P. <sup>(4)</sup>	x: 1 m η = 27.3	x: 0.2 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 27.3

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción
- N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión
- M<sub>Y</sub>: Resistencia a flexión eje Y
- M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión eje Z
- V<sub>Z</sub>: Resistencia a corte Z
- V<sub>Y</sub>: Resistencia a corte Y
- M<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>t</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M<sub>t</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- <sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- <sup>(4)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- <sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- <sup>(6)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.49 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 66.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 757.575 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 2175.280 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 757.575 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 2166.551 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 2018.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 702.80 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 91.66 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 24790.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.400 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.400 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 2.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 6.40 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> :** 5.51 cm

$i_y$  ,  $i_z$ : Radios de giro de la sección  
 bruta, respecto a los ejes  
 principales de inercia Y y Z.

$$i_z : \underline{3.25} \text{ cm}$$

$y_o$  ,  $z_o$ : Coordenadas del centro de  
 torsión en la dirección de los ejes  
 principales Y y Z, respectivamente,  
 relativas al centro de gravedad de  
 la sección.

$$y_o : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_o : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros,  
 basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$7.84 \leq 161.76 \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{98.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.50} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{12.25} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{26.46} \text{ cm}^2$$

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.182} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.214} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la  
 combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot$   
 Nieve.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 31.044 t

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 170.827 t

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clas**

**e** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 66.40 cm<sup>2</sup>  
kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 <sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 <sup>2</sup> kp/cm

**γ<sub>Mo</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>Mo</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 145.281 t

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 66.40 cm<sup>2</sup>  
kp/cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 <sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 <sup>2</sup> kp/cm

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 0.97

**χ<sub>z</sub>** : 0.85

**χ<sub>T</sub>** : 0.96

Siendo:

**φ<sub>y</sub>** : 0.56

**φ<sub>z</sub>** : 0.69

**φ<sub>T</sub>** : 0.56

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub>** : 0.34

**α<sub>z</sub>** : 0.49

**α<sub>T</sub>** : 0.49



$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : 0.29$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.49$$

$$\bar{\lambda}_T : 0.29$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : 757.575 \text{ t}$$

$$N_{cr,y} : 0 \text{ t}$$

$$N_{cr,z} : 757.575 \text{ t}$$

$$N_{cr,T} : 1 \text{ t}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.057 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.060 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.000 m del nudo N76, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.517 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 9.020 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 350.60 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} : \underline{8.569} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{350.60} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.95}$$

Siendo:

$$\phi_{LT} : \underline{0.61}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.41}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{56.211} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \underline{53.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} : \underline{18.716} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$$W_{el,y} : \underline{288.29} \text{ cm}^3$$

**$W_{el,y}$** : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

**$I_z$** : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**$I_t$** : Momento de inercia a torsión uniforme.

**E**: Módulo de elasticidad.

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**$L_c^+$** : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

**$L_c^-$** : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

**$C_1$** : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

**$i_{f,z}$** : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$I_z : \underline{702.80} \text{ cm}^4$$

$$I_t : \underline{91.66} \text{ cm}^4$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$$L_c^+ : \underline{2.000} \text{ m}$$

$$L_c^- : \underline{2.000} \text{ m}$$

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$$i_{f,z}^+ : \underline{3.51} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{3.51} \text{ cm}$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N76, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

**$V_{Ed}$** : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.033} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{37.022} \text{ t}$$

Donde:

**$A_v$** : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.93} \text{ cm}^2$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

$$h : \underline{140.00} \text{ mm}$$

**$t_w$** : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.50} \text{ mm}$$

**$f_{yd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**$f_y$** : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$4.48 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{4.48}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.827 \text{ t} \leq 18.511 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N76, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal}.$$

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.827} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{37.022} \text{ t}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.239} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.249} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.273} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.000 m del nudo N76, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{31.044} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.517} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{170.82}{7} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{9.020} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{4.415} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{66.40} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{350.60} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{171.60} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.08}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

$$\chi_z : \underline{0.85}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.95}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.29}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.49}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N76, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$$0.827 \text{ t} \leq 18.511 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.827} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{37.022} \text{ t}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

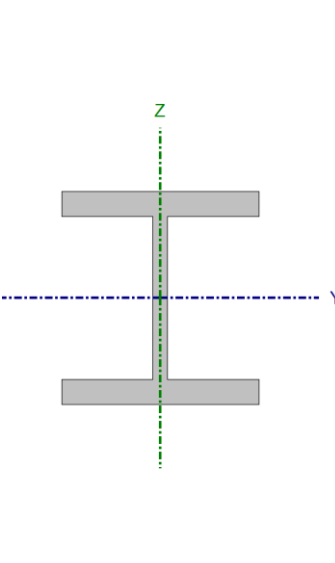
### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.1.3.3. Perfil HEM 180. Vigas de los extremos perpendiculares del tablero.

Perfil: HE 180 M							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N6	N16	2.000	113.30	7483.00	2580.00	203.30
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	0.70	1.00	1.00		
	L <sub>K</sub>	1.400	1.400	2.000	2.000		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>
N6/N16	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumplido	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumplido	η = 3.5	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.866 m η = 21.1	x: 0.134 m η = 13.5	x: 1.866 m η = 7.0	η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.866 m η = 25.7	η < 0.1	η = 0.8	x: 1.866 m η = 7.0	η = 0.7	<b>CUMPL E</b> η = 25.7

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción
- N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión
- M<sub>Y</sub>: Resistencia a flexión eje Y
- M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión eje Z
- V<sub>Z</sub>: Resistencia a corte Z
- V<sub>Y</sub>: Resistencia a corte Y
- M<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>t</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M<sub>t</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

$\bar{\lambda}$ : **0.33** ✓

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.

**A**: 113.30 cm<sup>2</sup>



$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{2781.081} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{8066.213} \text{ t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{2781.081} \text{ t}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{3075.196} \text{ t}$$

Donde:

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{7483.00} \text{ cm}^4$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{2580.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{203.30} \text{ cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{199300.00} \text{ cm}^6$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$L_{ky}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{1.400} \text{ m}$$

$L_{kz}$ : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.400} \text{ m}$$

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{2.000} \text{ m}$$

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{9.42} \text{ cm}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{8.13} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.77} \text{ cm}$$

$y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$10.48 \leq 167.05 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{22.04} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{44.64} \text{ cm}^2$$

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.035} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{10.342} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.211} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.866 m del nudo N6, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{4.797} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.36}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \frac{184.31}{3} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

**M<sub>LTv</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \frac{151.24}{5} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>LTw</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} : \frac{105.33}{8} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**W<sub>el,y</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{748.30} \text{ cm}^3$$

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \frac{2580.0}{0} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{203.30} \text{ cm}^4$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{214067}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \frac{825688}{2} \text{ kp/cm}^2$$

**L<sub>c</sub><sup>+</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{2.000} \text{ m}$$

**L<sub>c</sub><sup>-</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{2.000} \text{ m}$$

**C<sub>1</sub>**: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

**i<sub>r,z</sub><sup>+</sup>**: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{r,z}^+ : \underline{5.16} \text{ cm}$$

$$i_{r,z}^- : \underline{5.16} \text{ cm}$$

### **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.135} \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.134 m del nudo N6, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.475} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**$W_{pl,z}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.070} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.866 m del nudo N6, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

**$V_{Ed}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.070} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{57.958} \text{ t}$$

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.02} \text{ cm}^2$$

Siendo:

**$h$ :** Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

**$t_w$ :** Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$7.17 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{7.17}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.914} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{135.552} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{91.26} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ : 14.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$3.014 \text{ t} \leq 28.979 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 3.014 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$ : 57.958 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.914 \text{ t} \leq 67.776 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 0.914 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$ : 135.552 t

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.257} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.200} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.866 m del nudo N6, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{10.342} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^- : \underline{4.759} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.131} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-4.114} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{465.70} \text{ kp/cm}^2$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$$

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{21.888} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .



$$3.014 \text{ t} \leq 28.890 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{3.014} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{57.779} \text{ t}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.010} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.258} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{84.71} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.070} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.866 m del nudo N6, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.070} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.010} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{57.779} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{57.958} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{11.43} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{84.71} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot \text{PP} + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.914} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.010} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{135.134} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{135.552} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{11.43} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$W_T$  : 84.71 cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$  : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  
 $\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del  
material.

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>  
 $\gamma_{MO}$  : 1.05

## 2.2. Escaleras.

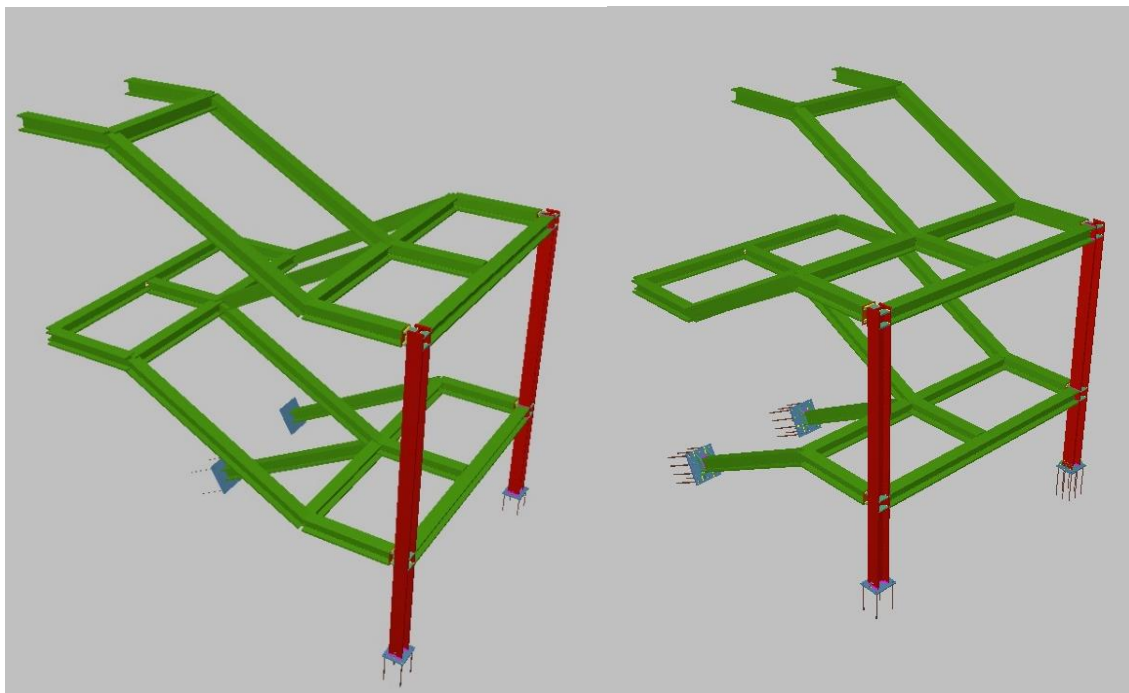


FIGURA 6.1.2: Estructura 3-D de las escaleras.

### 2.2.1. Perfiles utilizados.

Zona	Tipo de perfil	Unidades	Longitud total (m)
Pilares	HEM 180	4	16,5
Descansillo	HEM 180	36	82,8
Rampa larga	HEM 180	8	24,7
Rampa corta	HEM 180	8	21,7

Tabla 6.1.2: Perfiles de las escaleras.

### 2.2.2. Justificación de los perfiles utilizados.

Al igual que para el tablero, todos los perfiles usados son de la gama HEM y, como se puede observar en la tabla anterior, esto permite tener unos perfiles relativamente pequeños.

### 2.2.3. Comprobación de los perfiles utilizados.

En este apartado se adjuntan el informe del Estado Limite Ultimo obtenido en CYPE de las distintas barras y partes de la estructura de las escaleras. Como en el caso anterior, se ha escogido la barra más desfavorable de cada una de las partes.

### 2.2.3.1. Perfil HEM 180. Pilares.

Perfil: HE 180 M							
Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas				
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N113	N73	1.250	113.30	7483.00	2580.00	203.30	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.70	0.70	1.00	1.00			
L <sub>K</sub>	0.875	0.875	1.250	1.250			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>
N113/N73	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumplido	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 5.9	x: 0 m η = 9.4	x: 0 m η = 35.2	η = 2.2	η = 3.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 49.9	η < 0.1	η = 5.2	η = 2.3	η = 3.0	<b>CUMPL E</b> η = 49.9
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.25 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 4924.143 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 20649.506 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 7119.568 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 4924.143 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 7483.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 2580.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 203.30 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 199300.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 0.875 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 0.875 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 1.250 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 9.42 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 8.13 cm

**i<sub>z</sub> :** 4.77 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z,

**y<sub>0</sub> :** 0.00 mm

respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**z<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$10.48 \leq 167.05 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{22.04} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{44.64} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.057} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.059} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N113, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{16.748} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

Siendo:

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**λ̄:** Esbeltez reducida.

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**Clase:** 1

**A:** 113.30 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>:** 2572.69 <sup>kp/cm</sup> <sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** 2701.33 <sup>kp/cm</sup> <sup>2</sup>  
**γ<sub>M0</sub>:** 1.05

**N<sub>b,Rd</sub>:** 284.177 t

**A:** 113.30 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>:** 2572.69 <sup>kp/cm</sup> <sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** 2701.33 <sup>kp/cm</sup> <sup>2</sup>  
**γ<sub>M1</sub>:** 1.05

**χ<sub>y</sub>:** 1.00  
**χ<sub>z</sub>:** 1.00  
**χ<sub>T</sub>:** 0.97

**φ<sub>y</sub>:** 0.49  
**φ<sub>z</sub>:** 0.52  
**φ<sub>T</sub>:** 0.54

**α<sub>y</sub>:** 0.34  
**α<sub>z</sub>:** 0.49  
**α<sub>T</sub>:** 0.49

**λ̄<sub>y</sub>:** 0.12  
**λ̄<sub>z</sub>:** 0.21  
**λ̄<sub>T</sub>:** 0.25

**N<sub>cr</sub>:** 4924.14 t  
**N<sub>cr,y</sub>:** 20649.5 t  
06 t



$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.  
 $N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\begin{array}{r}
 \underline{7119.56} \\
 N_{cr,z} : \quad \underline{8} \quad t \\
 \underline{4924.14} \\
 N_{cr,T} : \quad \underline{3} \quad t
 \end{array}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.094} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N113, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.127} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{22.727} \quad t \cdot m$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{883.40} \quad \text{cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.26}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{362.325} \quad t \cdot m$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

**M<sub>LTv</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \underline{241.992} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>LTw</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} : \underline{269.665} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**W<sub>el,y</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{748.30} \text{ cm}^3$$

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{2580.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{203.30} \text{ cm}^4$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

**L<sub>c</sub><sup>+</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.250} \text{ m}$$

**L<sub>c</sub><sup>-</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.250} \text{ m}$$

**C<sub>1</sub>**: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

**i<sub>f,z</sub><sup>+</sup>**: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{5.16} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{5.16} \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.352} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N113, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.856} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N113, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+1.5·Vientotransversal.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.183} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>C,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{C,Rd} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase :** 1

**$W_{pl,z}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$W_{pl,z}$  :** 425.20 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$  :** 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$f_y$  :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M0}$  :** 1.05

### **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**$\eta$  :** 0.022 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

**$V_{Ed}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**$V_{Ed}$  :** 1.293 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

**$V_{c,Rd}$  :** 57.958 t

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

**$A_v$  :** 39.02 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$h$ :** Canto de la sección.

**$h$  :** 200.00 mm

**$t_w$ :** Espesor del alma.

**$t_w$  :** 14.50 mm

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$  :** 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$f_y$  :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M0}$  :** 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$7.17 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{7.17}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.014} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{135.552} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{91.26} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$ : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**1.293 t ≤ 28.979 t** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 1.293 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$ : 57.958 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**4.014 t ≤ 67.776 t** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 4.014 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$ : 135.552 t

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.499 ✓

$$\eta : \underline{0.356} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.478} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N113, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{15.475} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \underline{2.127} \text{ t}\cdot\text{m}$
	$M_{z,Ed}^+ : \underline{3.856} \text{ t}\cdot\text{m}$
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$
	$M_{pl,Rd,z} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$
<b>Resistencia a pandeo</b> : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> : <u>113.30</u> cm <sup>2</sup>
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$
	$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{0.99}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.81}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.12}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.21}$$

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

$$4.014 \text{ t} \leq 66.445 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{4.014} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd,y} : \underline{132.889} \text{ t}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.052} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.066} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.258} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \frac{9}{2}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2} \\
 \gamma_{MO} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO} &: 1.05
 \end{aligned}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{1.293} \text{ t}$$

$$M_{T,Ed} : \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.061} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{56.819} \text{ t}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 V_{pl,Rd} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{pl,Rd} &: \underline{57.958} \text{ t} \\
 \tau_{T,Ed} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{T,Ed} &: \underline{72.24} \text{ kp/cm}^2
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 W_T &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & W_T &: \underline{84.71} \text{ cm}^3 \\
 f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2 \\
 \gamma_{MO} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{4.014} \text{ t}$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed} : \underline{0.061} \text{ t}\cdot\text{m}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : \underline{132.889} \text{ t}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd} : \underline{135.552} \text{ t}$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed} : \underline{72.24} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T : \underline{84.71} \text{ cm}^3$

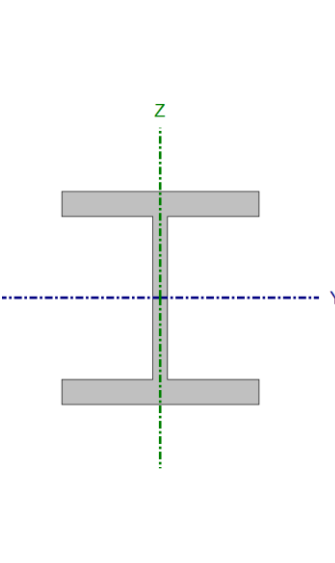
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO} : \underline{1.05}$

2.2.3.2. Perfil HEM 180. Descansillo.

Perfil: HE 180 M							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N151	N72	2.000	113.30	7483.00	2580.00	203.30
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
$\beta$	0.70	0.70	1.00	1.00			
L <sub>K</sub>	1.400	1.400	2.000	2.000			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>
N151/N72	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 45.1$	x: 2 m $\eta = 40.3$	x: 2 m $\eta = 11.2$	$\eta = 3.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 83.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.5$	x: 2 m $\eta = 11.3$	$\eta = 3.2$	<b>CUMPLE</b> <b>E</b> <b><math>\eta = 83.7</math></b>
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : **0.33** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 2781.081 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 8066.213 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 2781.081 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 3075.196 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 7483.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 2580.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 203.30 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 199300.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.400 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.400 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 2.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 9.42 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 8.13 cm

**i<sub>z</sub> :** 4.77 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z,

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$10.48 \leq 167.05 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{22.04} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{44.64} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.570} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clas**

**e :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 2572.69 <sup>2</sup>  $\frac{\text{kp}}{\text{cm}}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 <sup>2</sup>  $\frac{\text{kp}}{\text{cm}}$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub> :** 271.924 t

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 2572.69 <sup>2</sup>  $\frac{\text{kp}}{\text{cm}}$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 <sup>2</sup>  $\frac{\text{kp}}{\text{cm}}$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub> :** 1.05

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub> :** 1.00

**χ<sub>z</sub> :** 0.93

**χ<sub>T</sub> :** 0.94

Siendo:

**φ<sub>y</sub> :** 0.52

**φ<sub>z</sub> :** 0.59

**φ<sub>T</sub> :** 0.58

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub> :** 0.34

**α<sub>z</sub> :** 0.49

**α<sub>T</sub> :** 0.49

**λ̄:** Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>y</sub> :** 0.19

**λ̄<sub>z</sub> :** 0.33

**λ̄<sub>T</sub> :** 0.32

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub> :** 2781.08

**N<sub>cr</sub> :** 1 t

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 8066.21

**N<sub>cr,y</sub> :** 3 t

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$\frac{2781.08}{1}$ t
$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$\frac{3075.19}{6}$ t

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.451 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N151, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^+ : 10.258$  t·m

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^- : 0.000$  t·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd} : 22.727$  t·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase**  $e : 1$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} : 883.40$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \frac{2572.6}{9}$  kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \frac{2701.3}{3}$  kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO} : 1.05$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}_{LT} : 0.36$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.  $M_{cr} : \frac{184.31}{3}$  t·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} : \frac{151.24}{5} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} : \frac{105.33}{8} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \frac{748.30}{1} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \frac{2580.0}{0} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \frac{203.30}{1} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{214067}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \frac{825688}{1} \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \frac{2.000}{1} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \frac{2.000}{1} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \frac{1.00}{1}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \frac{5.16}{1} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \frac{5.16}{1} \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.403} \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed} : \underline{4.413} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.112} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.487} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{57.958} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.02} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$



$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$   
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} : 1.05$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{7.1}{7} < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w : 7.17$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x} : 65.92$

$\epsilon$ : Factor de reducción.  $\epsilon : 0.94$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref} : \frac{2395.5}{1} \text{ kp/cm}^2$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.032 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot N$   
 leve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 4.323 \text{ t}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,R} = 135.55$$

$$d : \underline{2} \text{ t}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{91.26} \text{ cm}^2$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

**d**: Altura del alma.

$$d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

#### **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$\frac{4.719}{t} \leq \frac{28.979}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.719} \text{ t}$$

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{57.958} \text{ t}$$

#### **Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$\frac{4.323}{t} \leq \frac{67.776}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.323} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{135.552} \text{ t}$$

### Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.837} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.682} \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.806} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N151, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.570} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{10.172} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{4.234} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{291.48}{\underline{6}} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

### Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{\underline{9}^2} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & 2701.3 \text{ kp/cm} \\
 \gamma_{M1} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \frac{3}{2} \\
 & & \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.93}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.93}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.19}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.33}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$\frac{4.719}{t} \leq \frac{28.819}{t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{4.719} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{57.639} \text{ t}$$

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.258} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{9}{2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.113} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N72, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.487} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{57.612} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \frac{57.958}{3} \text{ t} \quad \text{kp/cm}^2$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \frac{22.11}{2}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3 \quad \text{kp/cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{9}{2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.323} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \frac{134.74}{3} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \frac{135.55}{2} \text{ t} \quad \text{kp/cm}^2$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \frac{22.11}{2}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{84.71} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.
 
$$f_{yd} = \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 
$$f_y = \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.
 
$$\gamma_{MO} = 1.05$$

### 2.2.3.2. Perfil HEM 180. Rampas

Perfil: HE 180 M						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N140	N138	2.706	113.30	7483.00	2580.00	203.30
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
$\beta$	0.70	0.70	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>	1.894	1.894	2.706	2.706		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N140/N138	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumpl e	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.123 m $\eta = 11.4$	x: 2.706 m $\eta = 55.5$	x: 2.706 m $\eta = 12.8$	x: 2.706 m $\eta = 8.1$	$\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.706 m $\eta = 79.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 6.7$	x: 2.706 m $\eta = 8.3$	$\eta = 0.5$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 79.4$

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción
- N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión
- M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y
- M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z
- V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z
- V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y
- M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y$	$N M_z V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.45} \quad \checkmark$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**$N_{cr}$ :** Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{1519.198} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{4406.262} \text{ t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{1519.198} \text{ t}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{2537.415} \text{ t}$$

Donde:

**$I_y$ :** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \underline{7483.00} \text{ cm}^4$$

**$I_z$ :** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \underline{2580.00} \text{ cm}^4$$

**$I_t$ :** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{203.30} \text{ cm}^4$$

**$I_w$ :** Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{199300.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

**$L_{ky}$ :** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{1.894} \text{ m}$$

**$L_{kz}$ :** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{1.894} \text{ m}$$

**$L_{kt}$ :** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{2.706} \text{ m}$$

**$i_0$ :** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{9.42} \text{ cm}$$



Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y$ :	<u>8.13</u>	cm
	$i_z$ :	<u>4.77</u>	cm
$y_o, z_o$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_o$ :	<u>0.00</u>	mm
	$z_o$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$10.48 \leq 167.05 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>152.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>14.50</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>22.04</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$ :	<u>44.64</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>2140673</u>	kp/cm <sup>2</sup>
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>2701.33</u>	kp/cm <sup>2</sup>

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.100} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.114} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.123 m del nudo N140, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{29.061} \text{ t}$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clas**

**e** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 <sup>2</sup> kp/cm

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 <sup>2</sup> kp/cm

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{253.932} \text{ t}$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 <sup>2</sup> kp/cm

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 <sup>2</sup> kp/cm

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 0.98

**χ<sub>z</sub>** : 0.87

**χ<sub>T</sub>** : 0.92

Siendo:

**φ<sub>y</sub>** : 0.55

**φ<sub>z</sub>** : 0.66

	$\phi_T :$	<u>0.60</u>
$\alpha :$ Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y :$	<u>0.34</u>
	$\alpha_z :$	<u>0.49</u>
	$\alpha_T :$	<u>0.49</u>
$\bar{\lambda} :$ Esbeltez reducida.	$\bar{\lambda}_y :$	<u>0.26</u>
	$\bar{\lambda}_z :$	<u>0.45</u>
	$\bar{\lambda}_T :$	<u>0.35</u>
$N_{cr} :$ Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	<u>1519.19</u>	
	$N_{cr} :$	<u>8</u> t
$N_{cr,y} :$ Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	<u>4406.26</u>	
	$N_{cr,y} :$	<u>2</u> t
$N_{cr,z} :$ Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	<u>1519.19</u>	
	$N_{cr,z} :$	<u>8</u> t
$N_{cr,T} :$ Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	<u>2537.41</u>	
	$N_{cr,T} :$	<u>5</u> t

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.523} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.555} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+ :$  Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N138, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^- :$  Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{11.886} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase } e : \underline{1}$$

$W_{pl,y} :$  Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd} :$  Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\frac{2572.6}{9}} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2 \\
 \gamma_{M0} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{M0} &: 1.05
 \end{aligned}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} : \underline{21.435} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.  $W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2 \\
 \gamma_{M1} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{M1} &: 1.05
 \end{aligned}$$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 \phi_{LT} &: \underline{0.62} \\
 \alpha_{LT} &: \text{Coeficiente de imperfección elástica.} & \alpha_{LT} &: \underline{0.21} \\
 \bar{\lambda}_{LT} &: \underline{0.44}
 \end{aligned}$$

$$M_{cr} : \text{Momento crítico elástico de pandeo lateral.} \quad M_{cr} : \frac{125.72}{5} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \frac{111.78}{5} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**$M_{LTW}$** : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} : \underline{57.542} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**$W_{el,y}$** : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{748.30} \text{ cm}^3$$

**$I_z$** : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$2580.0$$

$$I_z : \underline{0} \text{ cm}^4$$

**$I_t$** : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{203.30} \text{ cm}^4$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{214067}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \frac{825688}{2} \text{ kp/cm}^2$$

**$L_c^+$** : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{2.706} \text{ m}$$

**$L_c^-$** : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{2.706} \text{ m}$$

**$C_1$** : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

**$i_{f,z}$** : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z^+} : \underline{5.16} \text{ cm}$$

$$i_{f,z^-} : \underline{5.16} \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.128} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N138, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

**$M_{Ed}^+$** : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.402} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**$M_{Ed}^-$** : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  **$M_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : \underline{1}$$

$$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6 \text{ kp/cm}}{9^2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.081} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N138, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot N$  iieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.675} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{57.958} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.02} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6 \text{ kp/cm}}{9^2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{7.1}{7} < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{7.17}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \frac{2395.5 \text{ kp/cm}^2}{1}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3 \text{ kp/cm}^2}{3}$$

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot N$   
 ive.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.632} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \frac{135.55}{2} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{91.26} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$   
 $\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO} : 1.05$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{2.726}{t} \leq \frac{28.979}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 2.726 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 57.958 \text{ t}$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{0.632}{t} \leq \frac{67.776}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.632 \text{ t}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : 135.552 \text{ t}$



**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.747} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.736} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.794} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N138, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{28.046} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{11.886} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{1.402} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{291.48}{6} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.03}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.98}$$

$$\chi_z : \underline{0.87}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.94}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.26}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.45}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$\frac{2.726}{t} \leq \frac{28.190}{t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{2.726} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{56.380} \text{ t}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.067} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.085} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.258} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3/\text{kp/cm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{9}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.083} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N138, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.675} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.085} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{56.380} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \frac{57.958}{2572.6} \text{ kp/cm}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{99.75}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3/\text{kp/cm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{9}^2$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2 \\
 \gamma_{MO} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO} &: 1.05
 \end{aligned}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.632} \text{ t}$$

$$M_{T,Ed}: \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.085} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \frac{131.86}{1} \text{ t}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 V_{pl,Rd} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{pl,Rd} &: \frac{135.55}{2} \text{ t} \\
 \tau_{T,Ed} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{T,Ed} &: \frac{99.75}{2} \text{ kp/cm}^2
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 W_T &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & W_T &: \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3 \\
 f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2 \\
 \gamma_{MO} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO} &: 1.05
 \end{aligned}$$

### 2.3. Rampas.

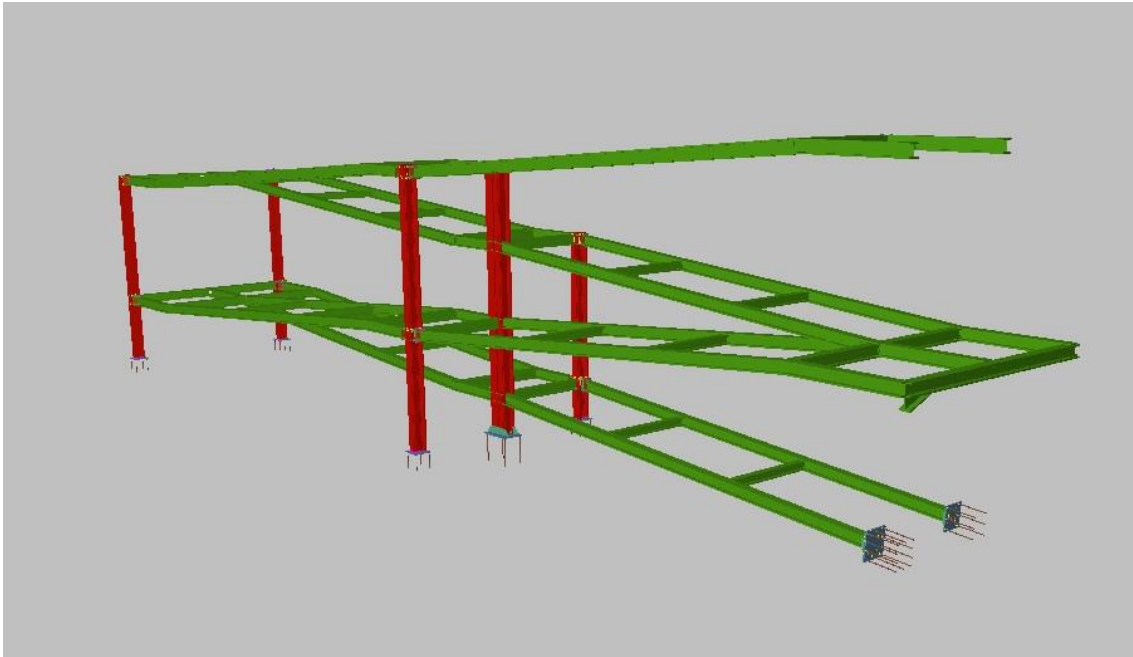


FIGURA 6.1.3: Estructura 3-D de la rampa larga.

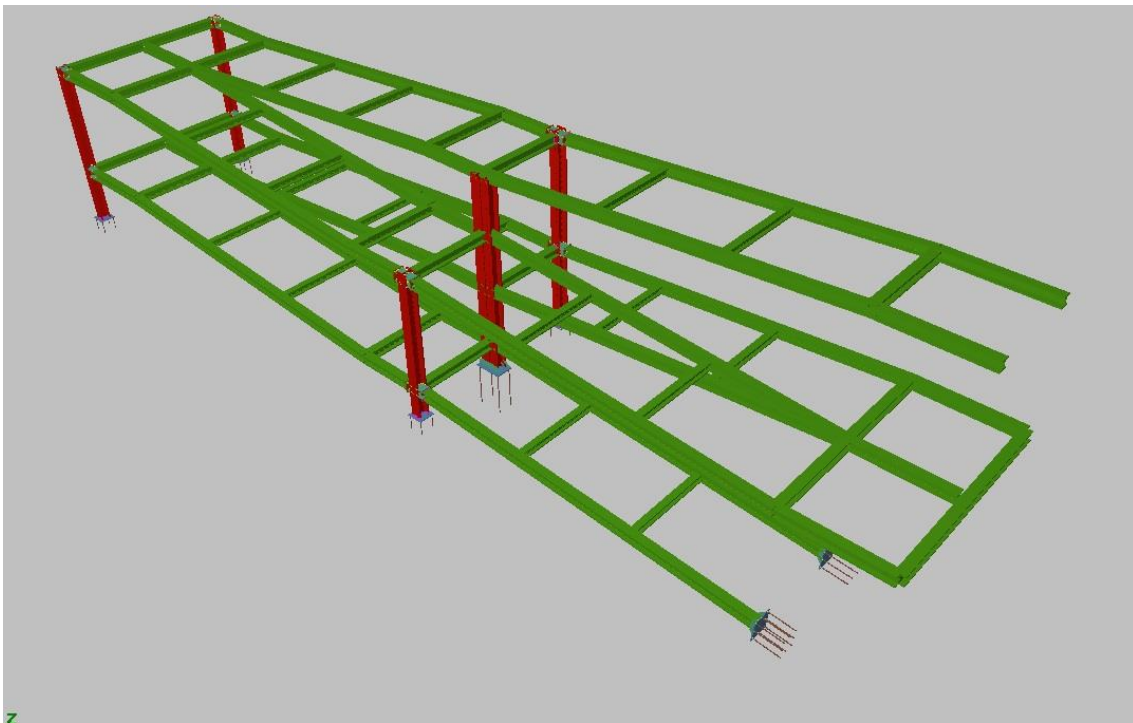


FIGURA 6.1.4: Estructura 3-D de la rampa corta.

### 2.3.1. Perfiles utilizados.

Zona	Tipo de perfil	Unidades	Longitud total (m)
<b>Pilares intermedios centrales</b>	HEM 220 doble en cajón	2	9,625
<b>Pilares centrales exteriores</b>	HEM 220	4	16,5
<b>Pilares extremos</b>	HEM 200	4	16,5
<b>Rampas Bajas</b>	HEM 180	16	125,4
<b>Rampas altas</b>	HEM 180	16	150,5
<b>Vigas perpendiculares rampas</b>	HEB 140	32	64
<b>Descansillos largos</b>	HEB 180	48	96
<b>Descansillos cortos</b>	HEB 180	30	52
<b>Descansillo con cartela</b>	HEB 180 con cartelas	2	4

*Tabla 6.1.3: Perfiles de las rampas.*

### 2.3.2. Justificación de los perfiles utilizados.

Como se ha dicho anteriormente, todos los perfiles son HEB. Los pilares centrales de las rampas han sido resueltos mediante dos perfiles HEB 220 en forma de cajón debido a los enormes esfuerzos a los que se somete esta sección por tener una zona de rampa a cada lado.

Los perfiles HEB 180 con cartelas han sido necesarios para evitar aumentar la sección de los dos descansillos y de ese modo mantener la simetría, ya que resultaría inviable aumentar el tamaño de todos los perfiles solo con este fin.

### 2.3.3. Comprobación de los perfiles utilizados.

A continuación se describen las barras más desfavorables en Estado Limite Ultimo de cada sección. Esto ha sido posible gracias al programa CYPE:

2.3.3.1. Perfil HEM 220 doble en doble cajón soldado. Pilares centrales rampas.

**Perfil: HE 220 M , Doble en cajón soldado (Cordón continuo)**  
**Material: Acero (S275)**

Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N97	N88	1.250	298.80	29200.00	48177.77	630.60

Notas:  
(1) Inercia respecto al eje indicado  
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.50	0.50	0.50	0.50
L <sub>K</sub>	0.625	0.625	0.625	0.625
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	0.700	1.000
C <sub>1</sub>	-		1.000	

Notación:  
β: Coeficiente de pandeo  
L<sub>K</sub>: Longitud de pandeo (m)  
C<sub>m</sub>: Coeficiente de momentos  
C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N97/N88	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.25 m η = 49.2	x: 1.25 m η = 57.5	x: 1.25 m η = 0.4	x: 1.25 m η = 34.9	η = 0.1	η = 25.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.25 m η = 92.7	η < 0.1	η = 0.3	η = 0.1	η = 25.6	<b>CUMPLE</b> E η = 92.7

Notación:  
 $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida  
N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción  
N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión  
M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y  
M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z  
V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z  
V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y  
M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y fuerza cortante Z combinados  
M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados  
NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión  
M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
x: Distancia al origen de la barra  
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : **0.07** ✓

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clas e** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 149.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/c

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

La tensión crítica elástica de pandeo  $\sigma_{cr}$  es el valor de la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

$$N_{cr} = \frac{78966.4}{94} \text{ t}$$

$$\sigma_{cr} = \frac{528557. \text{ kp/c}}{52 \text{ m}^2}$$

Donde:

$\sigma_{cr,y}$ : Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Y.

$$\sigma_{cr,y} = \frac{528557. \text{ kp/c}}{52 \text{ m}^2}$$

$\sigma_{cr,z}$ : Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Z.

$$\sigma_{cr,z} = \frac{872079. \text{ kp/c}}{58 \text{ m}^2}$$

$\sigma_{cr,T}$ : Tensión crítica elástica de pandeo por torsión de la sección compuesta.

$$\sigma_{cr,T} = \frac{\infty}{29200.0}$$

$I_y$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y = \frac{0}{48177.7} \text{ cm}^4$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z = \frac{7}{48177.7} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t = \frac{630.60}{48177.7} \text{ cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w = \frac{0.00}{48177.7} \text{ cm}^6$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E = \frac{214067 \text{ kp/c}}{3 \text{ m}^2}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G = \frac{825688 \text{ kp/c}}{\text{m}^2}$$

$\lambda_y$ : Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Y, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

$$\lambda_y = \frac{6.3}{\text{m}}$$

$\lambda_z$ : Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Z, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

$$\lambda_z = \frac{4.9}{\text{m}}$$

$L_{kt}$ : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} = \frac{0.000}{\text{m}}$$

$i_o$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_o = \frac{16.09}{\text{cm}}$$

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y = \frac{9.89}{\text{cm}}$$

$$i_z = \frac{12.70}{\text{cm}}$$

$y_o, z_o$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_o = \frac{0.00}{\text{mm}}$$

$$z_o = \frac{0.00}{\text{mm}}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$12.13 \leq 167.42 \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w = \frac{188.00}{\text{mm}}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w = \frac{15.50}{\text{mm}}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w = \frac{29.14}{\text{cm}^2}$$

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} = \frac{58.76}{\text{cm}^2}$$

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k = \frac{0.30}{\text{cm}^2}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E = \frac{2140673 \text{ kp/cm}^2}{\text{cm}^2}$$

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} = \frac{2701.33 \text{ kp/cm}^2}{\text{cm}^2}$$



Siendo:

### Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.492} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{188.969} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{384.360} \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{149.40} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.575} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{221.014} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{384.360} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{149.40} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{MO}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda} \leq 0.2$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.07}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{149.40} \text{ cm}^2$$

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**$N_{cr}$ :** Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{78966.494} \text{ t}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

Para flexión positiva:

**$M_{Ed}^+$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

**$M_{Ed}^-$ :** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.134} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  **$M_{c,Rd}$**  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{36.506} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,y</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1419.0} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.6} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.3} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>MO</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.349} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{6.086} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{17.458} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,z</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{678.60} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot N$   
 ieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.054} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{73.421} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{49.43} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{15.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\frac{2572.6}{9}} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\frac{2701.3}{3}} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{8.7}{7} < \underline{65.92} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{8.77}$$

$\lambda_{\text{máx}}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{\text{máx}}$  : 65.92

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$  : 0.94

Siendo:

$f_{\text{ref}}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{\text{ref}}$  :  $\frac{2395.5 \text{ kp/cm}}{1^2}$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  :  $\frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2}$

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.255 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$1.35 \cdot \text{PP} + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{\text{Ed}}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{\text{Ed}}$  : 45.595 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{\text{c,Rd}}$  viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$  : 178.627 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 120.26 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 149.40 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 188.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 15.50 mm

$f_{y_d}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{y_d}$  : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{\text{MO}}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{\text{MO}}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.054 \text{ t} \leq 36.710 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 0.054 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$ : 73.421 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$45.595 \text{ t} \leq 89.314 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 45.595 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$ : 178.627 t

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.927} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.787} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.926} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N88, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{221.014} \text{ t}$
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{0.121} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed} : \underline{6.086} \text{ t}\cdot\text{m}$
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{384.360} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{36.506} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{17.458} \text{ t}\cdot\text{m}$
<b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> : <u>149.40</u> cm <sup>2</sup>
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{1419.00} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{678.60} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.07}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$45.595 \text{ t} \leq 89.214 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{45.595} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{178.429} \text{ t}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.005} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.801} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{121.27} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.6} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$



**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.054} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.005} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{73.338} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{73.421} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.17} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{121.27 \text{ cm}^3}{2572.6} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{9} \text{ t}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3 \text{ kp}}{3} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.256} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{45.595} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  
El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Ed} : \underline{0.005} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{178.429} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{178.627} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.13} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{121.27} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

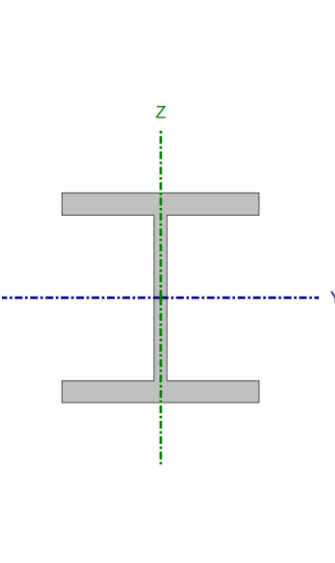
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

2.3.3.2. Perfil HEM 220. Pilares centrales exteriores.

Perfil: HE 220 M							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N51	N31	3.000	149.40	14600.00	5012.00	315.30
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β		0.70	0.70	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>		2.100	2.100	3.000	3.000		
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>	
N51/N31	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumplido	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.11 m η = 3.4	x: 2.9 m η = 1.2	x: 2.9 m η = 40.1	η = 0.3	η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.9 m η = 43.9	η < 0.1	η = 1.1	η = 0.3	η = 2.3

Notación:

$\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida  
 N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción  
 N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión  
 M<sub>Y</sub>: Resistencia a flexión eje Y  
 M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión eje Z  
 V<sub>Z</sub>: Resistencia a corte Z  
 V<sub>Y</sub>: Resistencia a corte Y  
 M<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados  
 M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados  
 NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados  
 NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión  
 M<sub>t</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 M<sub>t</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 x: Distancia al origen de la barra  
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : **0.41** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 149.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 2401.168 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 6994.623 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 2401.168 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 3007.360 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 14600.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 5012.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 315.30 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 572700.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 2.100 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 2.100 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 3.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 11.46 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 9.89 cm

**i<sub>z</sub> :** 5.79 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$12.13 \leq 167.42 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{188.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{15.50} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{29.14} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{58.76} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.034} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.110 m del nudo N51, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{11.548} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{384.360} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clas**

**e :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 149.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 2572.69 <sup>2</sup> kp/cm

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 <sup>2</sup> kp/cm

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub> :** 342.863 t

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 149.40 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 2572.69 <sup>2</sup> kp/cm

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 <sup>2</sup> kp/cm

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub> :** 1.05

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub> :** 0.99

**χ<sub>z</sub> :** 0.89

**χ<sub>T</sub> :** 0.91

Siendo:

**φ<sub>y</sub> :** 0.54

**φ<sub>z</sub> :** 0.64

**φ<sub>T</sub> :** 0.61

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub> :** 0.34

**α<sub>z</sub> :** 0.49

**α<sub>T</sub> :** 0.49

**λ̄:** Esbeltez reducida.

**λ̄<sub>y</sub> :** 0.24

**λ̄<sub>z</sub> :** 0.41

**λ̄<sub>T</sub> :** 0.37

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub> :** 2401.16 t

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr</sub> :** 8 t

**N<sub>cr,y</sub> :** 6994.62 t

**N<sub>cr,y</sub> :** 3 t

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$\frac{2401.16}{8}$ t
$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$\frac{3007.36}{0}$ t

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.011 ✓

$\eta$  : 0.012 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.900 m del nudo N51, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^+$  : 0.401 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.900 m del nudo N51, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas}$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^-$  : 0.003 t·m

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$M_{c,Rd}$  : 36.506 t·m

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase**  
 $e$  : 1

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$  :  $\frac{1419.0}{0}$  cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  :  $\frac{2572.6}{9}$  kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  :  $\frac{2701.3}{3}$  kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd} : \underline{34.495} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{0} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.6} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$\phi_{LT} : \underline{0.62}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.43}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{207.96} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \underline{175.01} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} : \underline{112.33} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{1216.6} \text{ cm}^3$$



$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$5012.0$
$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_z : \frac{0}{0} \text{ cm}^4$
$E$ : Módulo de elasticidad.	$I_t : \frac{315.30}{214067} \text{ cm}^4$
$G$ : Módulo de elasticidad transversal.	$E : \frac{3}{3} \text{ kp/cm}^2$
$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	$G : \frac{825688}{825688} \text{ kp/cm}^2$
$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	$L_c^+ : \frac{3.000}{3.000} \text{ m}$
$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	$L_c^- : \frac{3.000}{3.000} \text{ m}$
$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	$C_1 : \frac{1.00}{1.00}$
	$i_{f,z}^+ : \frac{6.27}{6.27} \text{ cm}$
	$i_{f,z}^- : \frac{6.27}{6.27} \text{ cm}$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.401} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.900 m del nudo N51, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$M_{Ed}^+ : \underline{6.998} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{17.458} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{678.60} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal}$ .

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.234} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{73.421} \text{ t}$$

Donde:

$$A_v : \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{49.43} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$h : \text{Canto de la sección.} \quad h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{15.50} \text{ mm}$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$8.77 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w : \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{8.77}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\varepsilon : \text{Factor de reducción.} \quad \varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_{ref}: & \text{ Límite elástico de referencia.} & f_{ref}: & \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2 \\
 f_y: & \text{ Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y: & \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2
 \end{aligned}$$

### Resistencia a corte $V$ (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.023} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot N$   
 ieve.

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{4.079} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \frac{178.62}{7} \text{ t}$$

Donde:

$$A_v: \text{ Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{120.26} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 A: & \text{ Área de la sección bruta.} & A: & \underline{149.40} \text{ cm}^2 \\
 d: & \text{ Altura del alma.} & d: & \underline{188.00} \text{ mm} \\
 t_w: & \text{ Espesor del alma.} & t_w: & \underline{15.50} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$f_{yd}: \text{ Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y: & \text{ Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y: & \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2 \\
 \gamma_{MO}: & \text{ Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO}: & \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.234 \text{ t} \leq 36.710 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.234} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{73.421} \text{ t}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$4.079 \text{ t} \leq 89.314 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.079} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{178.627} \text{ t}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.432} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.274} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.439} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.900 m del nudo N51, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{11.106} \text{ t}$   
 $M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed} : \underline{0.086} \text{ t}\cdot\text{m}$   
 $M_{z,Ed} : \underline{6.998} \text{ t}\cdot\text{m}$   
**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** :  $\underline{1}$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : \underline{384.36} \text{ t}$   
 $M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{36.506} \text{ t}\cdot\text{m}$   
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{17.458} \text{ t}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.  $A : \underline{149.40} \text{ cm}^2$   
 $W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : \underline{1419.0} \text{ cm}^3$   
 $W_{pl,z} : \underline{678.60} \text{ cm}^3$   
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \underline{2572.6} \text{ kp/cm}^2$   
 $f_{yd} : \underline{9} \text{ }^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{2701.3} \text{ kp/cm}^2$   
 $\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : \underline{3} \text{ }^2$   
 $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  $C_{m,y} : \underline{1.00}$   
 $C_{m,z} : \underline{1.00}$   
 $C_{m,LT} : \underline{1.00}$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $\chi_y : \underline{0.99}$   
 $\chi_z : \underline{0.89}$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\chi_{LT} : 0.94$$

$$\bar{\lambda}_y : 0.24$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.41$$

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$\frac{4.079}{t} \leq \frac{88.926}{t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,y} : 4.079 \text{ t}$$

$$V_{c,Rd,y} : 177.852 \text{ t}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.011 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.020 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : 1.801 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \frac{121.27}{2572.6} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \frac{9}{2}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2} \\
 \gamma_{MO} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal}$ .

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.234} \text{ t}$$

$$M_{T,Ed} : \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.013} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{73.214} \text{ t}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 V_{pl,Rd} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{pl,Rd} &: \underline{73.421} \text{ t} \\
 \tau_{T,Ed} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{T,Ed} &: \underline{10.41} \text{ kp/cm}^2
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 W_T &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & W_T &: \underline{121.27} \text{ cm}^3 \\
 f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2 \\
 \gamma_{MO} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.079} \text{ t}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.020} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \frac{177.85}{2} \text{ t}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \frac{178.62}{7} \text{ t}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{16.09} \text{ }^2 \text{ kp/cm}$$

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{121.27}{2572.6} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{9}{2}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$



### 2.3.3.3. Perfil HEM 200. Pilares extremos.

Perfil: HE 200 M						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N115	N104	1.250	131.30	10640.00	3651.00	259.40
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>	0.875	0.875	1.250	1.250		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>
N115/N104	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumpl e	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 4.9	x: 1.15 m η = 4.4	x: 0 m η = 26.1	η = 2.5	η = 2.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 32.9	η < 0.1	η = 2.2	η = 2.6	η = 2.1	<b>CUMPL E η = 32.9</b>
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

#### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : **0.24** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 131.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 6269.973 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 29361.319 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 10075.016 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 6269.973 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 10640.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 3651.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 259.40 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 346300.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 0.875 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 0.875 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 1.250 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 10.43 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 9.00 cm

**i<sub>z</sub> :** 5.27 cm

**y<sub>o</sub> , z<sub>o</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**z<sub>o</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$11.33 \leq 167.29 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{170.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{15.00} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{25.50} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{51.50} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N115, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{16.387} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{337.794} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**Clas**

$$e : \underline{1}$$

$$A : \underline{131.30} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2701.33} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{331.291} \text{ t}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{131.30} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2701.33} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$$\chi_T : \underline{0.98}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.49}$$

$$\phi_z : \underline{0.51}$$

$$\phi_T : \underline{0.54}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.11}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.19}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.24}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\begin{array}{r}
 6269.97 \\
 \mathbf{N_{cr}} : \quad \underline{\quad 3 \quad} \quad \text{t} \\
 29361.3 \\
 \mathbf{N_{cr,y}} : \quad \underline{\quad 19 \quad} \quad \text{t} \\
 10075.0 \\
 \mathbf{N_{cr,z}} : \quad \underline{\quad 16 \quad} \quad \text{t} \\
 6269.97 \\
 \mathbf{N_{cr,T}} : \quad \underline{\quad 3 \quad} \quad \text{t}
 \end{array}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.044} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.150 m del nudo N115, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{1.276} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{29.200} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,y}} : \underline{1135.0} \quad \text{cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2572.6} \quad \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{2701.3} \quad \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{MO}} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.24}$$

**M<sub>cr</sub>**: Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{537.07} \underline{5} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral **M<sub>cr</sub>** se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

**M<sub>LTv</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \underline{325.17} \underline{3} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>LTw</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} : \underline{427.44} \underline{9} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**W<sub>el,y</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{967.27} \text{ cm}^3$$

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{3651.0} \underline{0} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{259.40} \text{ cm}^4$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{214067} \underline{3} \text{ kp/cm}^2$$

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \underline{2} \text{ kp/cm}^2$$

**L<sub>c</sub><sup>+</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.250} \text{ m}$$

**L<sub>c</sub><sup>-</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.250} \text{ m}$$

**C<sub>1</sub>**: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

**i<sub>f,z</sub><sup>+</sup>**: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{5.72} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{5.72} \text{ cm}$$

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.261} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N115, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.643} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N115, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.163} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{13.975} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{543.20} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.684} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{66.172} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{44.55} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{15.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{m0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{m0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{8.0}{0} < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{8.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \frac{2395.5}{1} \text{ kp/cm}^2$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$



**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.281} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{157.149} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{105.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{131.30} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{170.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{15.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{1.684}{t} \leq \frac{33.086}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.684} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 66.172 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

**3.281 t ≤ 78.575 t** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 3.281 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 157.149 t

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.329 ✓

$\eta$  : 0.225 ✓

$\eta$  : 0.325 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N115, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 15.733 t

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$  : 0.643 t·m

$M_{z,Ed}^+$  : 3.643 t·m

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$  : 337.794 t

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$  : 29.200 t·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 13.975 t·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

<b>A:</b> Área de la sección bruta.	<b>A :</b> <u>131.30</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>:</b> Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>W<sub>pl,y</sub> :</b> <u>1135.00</u> cm <sup>3</sup>
	<b>W<sub>pl,z</sub> :</b> <u>543.20</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub>:</b> Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub> :</b> <u>2572.69</u> kp/cm <sup>2</sup>

Siendo:

<b>f<sub>y</sub>:</b> Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub> :</b> <u>2701.33</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>m1</sub>:</b> Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>m1</sub> :</b> <u>1.05</u>

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>, k<sub>y,LT</sub>:** Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.79}$$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>, C<sub>m,LT</sub>:** Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>:** Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

**χ<sub>LT</sub>:** Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

**λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub>:** Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.11}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.19}$$

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>:** Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

$$\frac{1.684}{t} \leq \frac{32.802}{t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.684} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{65.604} \text{ t}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.022} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.034} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.541} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{103.76} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.684} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.033} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{65.604} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{66.172} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{31.75} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{103.76} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.6} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.3} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.281} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.034} \text{ t} \cdot \text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{155.752} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{157.149} \text{ t}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{32.88} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{103.76} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

Siendo:

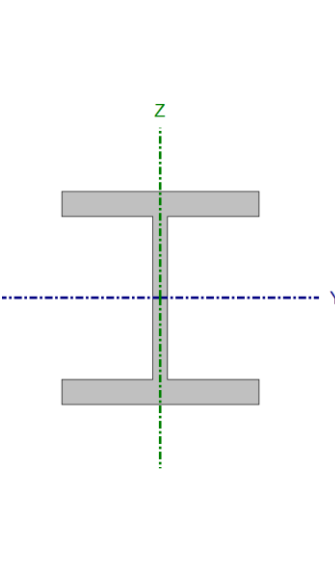
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$  : 1.05

2.3.3.4. Perfil HEM 180. Descansillos largos.

Perfil: HE 180 M								
Material: Acero (S275)								
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
	N38	N36	2.000	113.30	7483.00	2580.00	203.30	
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.70	0.70	1.00	1.00				
L <sub>K</sub>	1.400	1.400	2.000	2.000				
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000				
C <sub>1</sub>	-		1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N38/N36	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.2 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	η = 0.5	x: 2 m η = 80.3	x: 2 m η = 3.8	x: 0 m η = 16.3	η = 0.2	x: 0.2 m η < 0.1	x: 0.2 m η < 0.1	x: 2 m η = 83.4	x: 0.2 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 83.4

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción
- N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión
- M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y
- M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z
- V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z
- V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y
- M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (3) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.33 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 2781.081 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 8066.213 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 2781.081 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 3075.196 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 7483.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 2580.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 203.30 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 199300.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.400 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.400 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 2.000 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 9.42 cm



Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y$ :	<u>8.13</u>	cm
	$i_z$ :	<u>4.77</u>	cm
$y_o, z_o$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$y_o$ :	<u>0.00</u>	mm
	$z_o$ :	<u>0.00</u>	mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$10.48 \leq 167.05 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.	$h_w$ :	<u>152.00</u>	mm
$t_w$ : Espesor del alma.	$t_w$ :	<u>14.50</u>	mm
$A_w$ : Área del alma.	$A_w$ :	<u>22.04</u>	cm <sup>2</sup>
$A_{f_c,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.	$A_{f_c,ef}$ :	<u>44.64</u>	cm <sup>2</sup>
$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k$ :	<u>0.30</u>	
$E$ : Módulo de elasticidad.	$E$ :	<u>2140673</u>	kp/cm <sup>2</sup>
$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf}$ :	<u>2701.33</u>	kp/cm <sup>2</sup>

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : 1.486 \text{ t}$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd} : 291.486 \text{ t}$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : 271.924 \text{ t}$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

**χ<sub>y</sub>** : 1.00

**χ<sub>z</sub>** : 0.93

**χ<sub>T</sub>** : 0.94

Siendo:

**φ<sub>y</sub>** : 0.52

**φ<sub>z</sub>** : 0.59

**φ<sub>T</sub>** : 0.58

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

**α<sub>y</sub>** : 0.34

**α<sub>z</sub>** : 0.49

**α<sub>T</sub>** : 0.49

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : 0.19$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.33$$

$$\bar{\lambda}_T : 0.32$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 2781.081 \text{ t}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 8066.213 \text{ t}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 2781.081 \text{ t}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : 3075.196 \text{ t}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.803 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Us} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 18.250 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 22.727 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 883.40 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6 \text{ kp/cm}^2}{9}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3 \text{ kp/cm}^2}{3}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.36}$$

$M_{Cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{Cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{Cr} : \frac{184.31}{3} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} : \frac{151.24}{5} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} : \frac{105.33}{8} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{748.30} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \frac{2580.0}{0} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{203.30} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{214067}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \frac{825688}{2} \text{ kp/cm}^2$$

$L_{c^+}$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_{c^+} : \underline{2.000} \text{ m}$$

$L_{c^-}$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_{c^-} : \underline{2.000} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$ : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z^+} : \underline{5.16} \text{ cm}$$

$$i_{f,z^-} : \underline{5.16} \text{ cm}$$

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N36, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.414} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6 \text{ kp/cm}^2}{9}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3 \text{ kp/cm}^2}{3}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.163} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{9.469} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,R} : \underline{57.958 \text{ t}}$$

Donde:

$$A_v : \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{39.02 \text{ cm}^2}$$

Siendo:

$$h : \text{Canto de la sección.} \quad h : \underline{200.00 \text{ mm}}$$

$$t_w : \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{14.50 \text{ mm}}$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{\frac{2572.6 \text{ kp/cm}}{9^2}}$$

Siendo:

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{\frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2}}$$

$$\gamma_{M0} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{7.1}{7} < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w : \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{7.17}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\epsilon : \text{Factor de reducción.} \quad \epsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$f_{ref} : \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{ref} : \underline{\frac{2395.5 \text{ kp/cm}}{1^2}}$$

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{\frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2}}$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.207} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{135.55} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{91.26} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\frac{2572.6}{9}} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\frac{2701.3}{3}} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{9.401}{t} \leq \frac{28.979}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N38, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 9.401 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 57.958 t

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{0.207}{t} \leq \frac{67.776}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N38, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.207 t

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$  : 135.552 t

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.834} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.824} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.780} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N36, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$  : 1.485 t



$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{18.250} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.284} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{291.48}{6} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A:** Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.93}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.93}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.19}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.33}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

**Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N38, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$\frac{9.401}{t} \leq \frac{28.979}{t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{9.401}{t}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{57.958}{t}$$

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

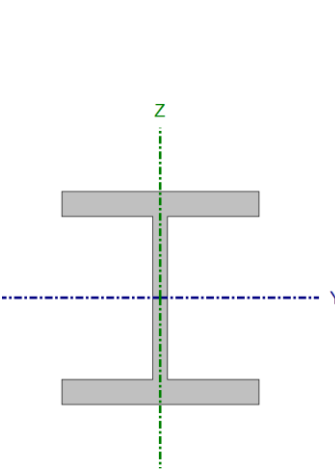
**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.3.3.5. Perfil HEM 180. Descansillos cortos.

Perfil: HE 180 M							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
		N61	N62	1.500	113.30	7483.00	2580.00
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.70	0.70	1.00	1.00		
	L <sub>k</sub>	1.050	1.050	1.500	1.500		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N61/N62	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 0.4$	$\eta = 8.3$	x: 0 m $\eta = 38.2$	x: 0 m $\eta = 0.8$	x: 1.274 m $\eta = 12.0$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 46.6$	x: 0 m $\eta < 0.1$	M <sub>t</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.6$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : 0.28 ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 3997.036 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 14339.935 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 4944.144 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 3997.036 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 7483.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 2580.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 203.30 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 199300.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.050 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.050 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 1.500 m

**i<sub>o</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>o</sub> :** 9.42 cm

Siendo:

$i_y, i_z$ : Radios de giro de la sección  
 bruta, respecto a los ejes  
 principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{8.13} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.77} \text{ cm}$$

$y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de  
 torsión en la dirección de los ejes  
 principales Y y Z,  
 respectivamente, relativas al  
 centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros,  
 basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$10.48 \leq 167.05 \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{22.04} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{44.64} \text{ cm}^2$$

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la  
 combinación de acciones  
 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+1.5·Vientotransversal.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.127} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A**: 113.30 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>**: 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>**: 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>  
**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub>**: 1.05

### Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

**η**: 0.080 ✓

**η**: 0.083 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub>**: 23.305 t

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>c,Rd</sub>**: 291.486 t

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase**: 1  
**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A**: 113.30 cm<sup>2</sup>  
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>**: 2572.69 m<sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>**: 2701.33 m<sup>2</sup> kp/c  
**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub>**: 1.05

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{280.120} \text{ t}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/c}$$

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/c}$$

**$\gamma_{M1}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.98}$$

$$\chi_T : \underline{0.96}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.50}$$

$$\phi_z : \underline{0.54}$$

$$\phi_T : \underline{0.56}$$

**$\alpha$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**$\bar{\lambda}$ :** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.15}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.25}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.28}$$

**$N_{cr}$ :** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{3997.03} \text{ t}$$

**$N_{cr,y}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{14339.9} \text{ t}$$

**$N_{cr,z}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{4944.14} \text{ t}$$

**$N_{cr,T}$ :** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{3997.03} \text{ t}$$

**Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.382} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N61, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{8.688} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo lateral**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbeltos  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : \underline{0.29}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \underline{275.202} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTv}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} : \underline{201.660} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} : \underline{187.267} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{748.30} \text{ cm}^3$$



<b>I<sub>z</sub></b> : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	<b>I<sub>z</sub></b> : <u>2580.00</u> cm <sup>4</sup>
<b>I<sub>t</sub></b> : Momento de inercia a torsión uniforme.	<b>I<sub>t</sub></b> : <u>203.30</u> cm <sup>4</sup>
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : <u>2140673</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>G</b> : Módulo de elasticidad transversal.	<b>G</b> : <u>825688</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>L<sub>c</sub><sup>+</sup></b> : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	<b>L<sub>c</sub><sup>+</sup></b> : <u>1.500</u> m
<b>L<sub>c</sub><sup>-</sup></b> : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	<b>L<sub>c</sub><sup>-</sup></b> : <u>1.500</u> m
<b>C<sub>1</sub></b> : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	<b>C<sub>1</sub></b> : <u>1.00</u>
<b>i<sub>f,z</sub><sup>+</sup></b> : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	<b>i<sub>f,z</sub><sup>+</sup></b> : <u>5.16</u> cm
	<b>i<sub>f,z</sub><sup>-</sup></b> : <u>5.16</u> cm

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.008} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N61, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+1.5·Vientolongitudinal.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.086} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.013} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,z}} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta$ : 0.120 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.274 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$ : 6.958 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$ : 57.958 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$ : 39.02 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$ : 200.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$ : 14.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

### Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**7.17 < 65.92** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w$  : 7.17

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x}$  : 65.92

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon$  : 0.94

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

### **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+1.5·Vientolongitudinal.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$  : 0.068 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 135.552 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$  : 91.26 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A$  : 113.30 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.  $d$  : 152.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w$  : 14.50 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd}$  : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$6.681 \text{ t} \leq 28.979 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N61, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{6.681} \text{ t}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{57.958} \text{ t}$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.068 \text{ t} \leq 67.776 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N61, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{0.068} \text{ t}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{135.552} \text{ t}$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.466} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.464} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.410} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N61, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{23.305} \text{ t}$

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+ : \underline{8.685} \text{ t}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.  $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.040} \text{ t}\cdot\text{m}$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $\text{Clase} : \underline{1}$

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $N_{pl,Rd} : \frac{291.48}{6} \text{ t}$

$M_{pl,Rd,y}$ :  $M_{pl,Rd,y} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z}$ :  $M_{pl,Rd,z} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

**A**: Área de la sección bruta.  $A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$

$f_{yd} : \underline{\frac{2572.6}{9}} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{\frac{2701.3}{3}} \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$k_y : \underline{1.00}$

$k_z : \underline{0.99}$

$k_{y,LT} : \underline{0.85}$

$C_{m,y}, C_{m,z}, C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.  $C_{m,y} : \underline{1.00}$

$C_{m,z} : \underline{1.00}$

$C_{m,LT} : \underline{1.00}$

$\chi_y, \chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $\chi_y : \underline{1.00}$

$\chi_z : \underline{0.98}$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\alpha_y, \alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\chi_{LT} : \underline{1.00}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.15}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.25}$$

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N61, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$6.681 \text{ t} \leq 28.979 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \underline{6.681} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd,z} : \underline{57.958} \text{ t}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.3.3.6. Perfil HEM 180. Rampas.

Perfil: HE 180 M							
Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas				
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N61	N186	3.155	113.30	7483.00	2580.00	203.30	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.70	0.70	1.00	1.00			
L <sub>K</sub>	2.208	2.208	3.155	3.155			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>	
N61/N186	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumplido	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 3.155 m η = 0.4	x: 0 m η = 9.7	x: 3.155 m η = 80.2	x: 0 m η = 1.6	x: 0 m η = 6.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.155 m η = 89.2	η < 0.1	η = 0.7	x: 0 m η = 6.9	η < 0.1	<b>CUMPL E</b> η = 89.2

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción
- N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión
- M<sub>Y</sub>: Resistencia a flexión eje Y
- M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión eje Z
- V<sub>Z</sub>: Resistencia a corte Z
- V<sub>Y</sub>: Resistencia a corte Y
- M<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>t</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M<sub>t</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$  : **0.52** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{1117.604} \text{ t}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{3241.486} \text{ t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{1117.604} \text{ t}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{2366.267} \text{ t}$$

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \underline{7483.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \underline{2580.00} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{203.30} \text{ cm}^4$$

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{199300.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{2.208} \text{ m}$$

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{2.208} \text{ m}$$

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{3.155} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{9.42} \text{ cm}$$

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i}_y : \underline{8.13} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{4.77} \text{ cm}$$

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$



**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$10.48 \leq 167.05 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{152.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : \underline{22.04} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{44.64} \text{ cm}^2$$

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N186, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Cargasmuertas+1.5·Vientotransversal.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.174} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.081} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.097} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.75·Nieve.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{23.551} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión  $\mathbf{N}_{c,Rd}$  viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $\mathbf{N}_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N}_{b,Rd} : \underline{241.894} \text{ t}$$

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M1} : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.96}$$

$$\chi_z : \underline{0.83}$$

$$\chi_T : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.57}$$

$$\phi_z : \underline{0.72}$$

$$\phi_T : \underline{0.60}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.31}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.52}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.36}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1117.604} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{3241.486} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1117.604} \text{ t}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{2366.267} \text{ t}$$

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.747} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.802} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N186, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{16.966} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase:** 1

**$W_{pl,y}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$W_{pl,y}$ :** 883.40 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ :  $\frac{2572.6}{9}$  kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ :  $\frac{2701.3}{3}$  kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M0}$ :** 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

El momento flector resistente de cálculo  **$M_{b,Rd}$**  viene dado por:

**$M_{b,Rd}$ :** 21.164 t·m

Donde:

**$W_{pl,y}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$W_{pl,y}$ :** 883.40 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ :  $\frac{2572.6}{9}$  kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$ :  $\frac{2701.3}{3}$  kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{M1}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M1}$ :** 1.05

**$\chi_{LT}$ :** Factor de reducción por pandeo lateral.

**$\chi_{LT}$ :** 0.93

Siendo:

**$\phi_{LT}$ :** 0.64

**$\alpha_{LT}$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

**$\alpha_{LT}$ :** 0.21

**$\bar{\lambda}_{LT}$ :** 0.48

**$M_{cr}$ :** Momento crítico elástico de pandeo lateral.

**$M_{cr}$ :**  $\frac{104.80}{7}$  t·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral  **$M_{cr}$**  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

**M<sub>LTv</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$\mathbf{M}_{LTv} : \underline{95.878} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**M<sub>LTw</sub>**: Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$\mathbf{M}_{LTw} : \underline{42.331} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**W<sub>el,y</sub>**: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$\mathbf{W}_{el,y} : \underline{748.30} \text{ cm}^3$$

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$2580.0$$

$$\mathbf{I}_z : \underline{0} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{203.30} \text{ cm}^4$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \underline{214067} \text{ kp/cm}^2$$

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{E} : \underline{3} \text{ kp/cm}^2$$

**L<sub>c</sub><sup>+</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$\mathbf{G} : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$$\mathbf{L}_c^+ : \underline{3.155} \text{ m}$$

**L<sub>c</sub><sup>-</sup>**: Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$\mathbf{L}_c^- : \underline{3.155} \text{ m}$$

**C<sub>1</sub>**: Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$\mathbf{C}_1 : \underline{1.00}$$

**i<sub>f,z</sub><sup>+</sup>**: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$\mathbf{i}_{f,z}^+ : \underline{5.16} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_{f,z}^- : \underline{5.16} \text{ cm}$$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.016} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.05·Uso+1.5·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{Ed}^+ : \underline{0.178} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{M}_{c,Rd} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

**Clase:** 1

**$W_{pl,z}$ :** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$W_{pl,z}$ :** 425.20 cm<sup>3</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

2572.6 kp/cm  
 **$f_{yd}$ :** 9<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

2701.3 kp/cm  
 **$f_y$ :** 3<sup>2</sup>

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M0}$ :** 1.05

### Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

**$\eta$ :** 0.069 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N61, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot N$   
 ieve.

**$V_{Ed}$ :** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**$V_{Ed}$ :** 3.974 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  **$V_{c,Rd}$**  viene dado por:

**$V_{c,Rd}$ :** 57.958 t

Donde:

**$A_v$ :** Área transversal a cortante.

**$A_v$ :** 39.02 cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$h$ :** Canto de la sección.

**$h$ :** 200.00 mm

**$t_w$ :** Espesor del alma.

**$t_w$ :** 14.50 mm

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

2572.6 kp/cm  
 **$f_{yd}$ :** 9<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

2701.3 kp/cm  
 **$f_y$ :** 3<sup>2</sup>

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M0}$ :** 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{7.1}{7} < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{7.17}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \frac{2395.5 \text{ kp/cm}}{1^2}$$

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2}$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.053} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \frac{135.55}{2} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{91.26} \text{ cm}^2$$

Siendo:

**A:** Área de la sección bruta.  $A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$   
**d:** Altura del alma.  $d : \underline{152.00} \text{ mm}$   
**t<sub>w</sub>:** Espesor del alma.  $t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$   
**γ<sub>Mo</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$\frac{3.974}{t} \leq \frac{28.979}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{3.974} \text{ t}$

**V<sub>c,Rd</sub>:** Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{57.958} \text{ t}$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$\frac{0.053}{t} \leq \frac{67.776}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.05·Uso+1.5·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

**V<sub>Ed</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{0.053} \text{ t}$

**V<sub>c,Rd</sub>:** Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{135.552} \text{ t}$



**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.826} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.889} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.892} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N186, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{23.343} \text{ t}$

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed} : \underline{16.807} \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} : \underline{0.074} \text{ t}\cdot\text{m}$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.  $N_{pl,Rd} : \underline{291.486} \text{ t}$

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)  $M_{pl,Rd,z} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$

**A**: Área de la sección bruta.  $A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.  $W_{pl,y} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$   
 $f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

$k_y, k_z, k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.04}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

$C_{m,y}$ ,  $C_{m,z}$ ,  $C_{m,LT}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$\begin{aligned}
 C_{m,y} &: 1.00 \\
 C_{m,z} &: 1.00 \\
 C_{m,LT} &: 1.00
 \end{aligned}$$

$\chi_y$ ,  $\chi_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned}
 \chi_y &: 0.96 \\
 \chi_z &: 0.83
 \end{aligned}$$

$\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : 0.93$$

$\bar{\lambda}_y$ ,  $\bar{\lambda}_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 0.31$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.52$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$\frac{3.974}{t} \leq \frac{28.902}{t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : 3.974 \text{ t}$$

$V_{c,Rd,z}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : 57.803 \text{ t}$$

### Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.007 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.008 \text{ t} \cdot \text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.258} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3/\text{kp/cm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{9}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

### Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.069} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.974} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.008} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{57.803} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \frac{57.958}{\text{kp/cm}}$$

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{9.91}^2$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3/\text{kp/cm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{9}^2$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y: & \text{ Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y & : \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2} \\
 \gamma_{MO}: & \text{ Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO} & : 1.05
 \end{aligned}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.05 \cdot \text{Uso} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.7 \cdot \text{Nieve}$ .

$$V_{Ed}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.053} \text{ t}$$

$$M_{T,Ed}: \text{ Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \frac{135.27}{9} \text{ t}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 V_{pl,Rd}: & \text{ Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{pl,Rd} & : \frac{135.55}{2} \text{ t} \\
 \tau_{T,Ed}: & \text{ Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{T,Ed} & : \frac{7.47}{2} \text{ kp/cm}
 \end{aligned}$$

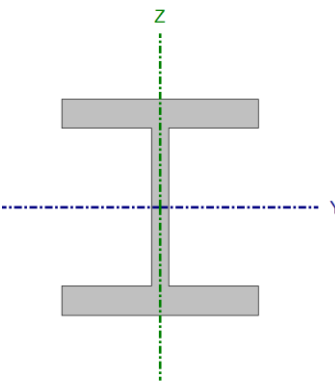
Siendo:

$$\begin{aligned}
 W_T: & \text{ Módulo de resistencia a torsión.} & W_T & : \frac{84.71}{2572.6} \text{ cm}^3 \\
 f_{yd}: & \text{ Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} & : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y: & \text{ Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y & : \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2} \\
 \gamma_{MO}: & \text{ Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{MO} & : 1.05
 \end{aligned}$$

2.3.3.7. Perfil HEM 140. Vigas de rampas intermedias.

Perfil: HE 140 M								
Material: Acero (S275)								
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
	N168	N167	2.000	80.60	3291.00	1144.00	120.00	
	Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
			Pandeo		Pandeo lateral			
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β		0.70	0.70	1.00	1.00		
	L <sub>K</sub>		1.400	1.400	2.000	2.000		
	C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000		
	C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N168/N167	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.2 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.4 m $\eta = 0.7$	x: 2 m $\eta = 18.0$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.6$	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	x: 2 m $\eta = 18.7$	x: 0.2 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPL E</b> <b>η = 18.7</b>

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción
- N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión
- M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión eje Y
- M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión eje Z
- V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z
- V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y
- M<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>t</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M<sub>t</sub>V<sub>y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
- N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : **0.42** ✓

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**$f_y$ :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$N_{cr}$ :** Axil crítico de pandeo elástico.

**Clase :** 1

**A :** 80.60 cm<sup>2</sup>

**$f_y$  :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**$N_{cr}$  :** 1233.162 t

El axil crítico de pandeo elástico  $N_{cr}$  es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**$N_{cr,y}$  :** 3547.495 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**$N_{cr,z}$  :** 1233.162 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**$N_{cr,T}$  :** 2322.209 t

Donde:

**$I_y$ :** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**$I_y$  :** 3291.00 cm<sup>4</sup>

**$I_z$ :** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**$I_z$  :** 1144.00 cm<sup>4</sup>

**$I_t$ :** Momento de inercia a torsión uniforme.

**$I_t$  :** 120.00 cm<sup>4</sup>

**$I_w$ :** Constante de alabeo de la sección.

**$I_w$  :** 54330.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**$L_{ky}$ :** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**$L_{ky}$  :** 1.400 m

**$L_{kz}$ :** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**$L_{kz}$  :** 1.400 m

**$L_{kt}$ :** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**$L_{kt}$  :** 2.000 m

**$i_0$ :** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**$i_0$  :** 7.42 cm

Siendo:

**$i_y$  ,  $i_z$ :** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**$i_y$  :** 6.39 cm

**$i_z$  :** 3.77 cm

**$y_0$  ,  $z_0$ :** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**$y_0$  :** 0.00 mm

**$z_0$  :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$8.92 \leq 162.89 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{116.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{13.00} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{15.08} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{32.12} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal}$ .

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.020} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{207.359} \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{80.60} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed} : \underline{0.026} \text{ t}$

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{207.359} \text{ t}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{80.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{183.842} \text{ t}$$

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{80.60} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$



$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\begin{aligned}\chi_y &: 0.98 \\ \chi_z &: 0.89 \\ \chi_T &: 0.95\end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}\phi_y &: 0.54 \\ \phi_z &: 0.64 \\ \phi_T &: 0.57\end{aligned}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\begin{aligned}\alpha_y &: 0.34 \\ \alpha_z &: 0.49 \\ \alpha_T &: 0.49\end{aligned}$$

$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_y &: 0.25 \\ \bar{\lambda}_z &: 0.42 \\ \bar{\lambda}_T &: 0.31\end{aligned}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 1233.162 \text{ t}$$

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 3547.495 \text{ t}$$

$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 1233.162 \text{ t}$$

$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : 2322.209 \text{ t}$$

### **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.007 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.400 m del nudo N168, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}.$$

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.095 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 12.704 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$$W_{pl,y} : 493.80 \text{ cm}^3$$

**$W_{pl,y}$** : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**$f_{yd}$** : Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$**  : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**$f_y$** : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**$f_y$**  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**$\gamma_{MO}$** : Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{MO}$**  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

**$\bar{\lambda}_{LT}$**  : 0.40

**$M_{cr}$** : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

**$M_{cr}$**  : 85.264 t·m

El momento crítico elástico de pandeo lateral  **$M_{cr}$**  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

**$M_{LTv}$** : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

**$M_{LTv}$**  : 77.376 t·m

**$M_{LTw}$** : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

**$M_{LTw}$**  : 35.818 t·m

Siendo:

**$W_{el,y}$** : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

**$W_{el,y}$**  : 411.38 cm<sup>3</sup>

**$I_z$** : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**$I_z$**  : 1144.00 cm<sup>4</sup>

**$I_t$** : Momento de inercia a torsión uniforme.

**$I_t$**  : 120.00 cm<sup>4</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**$L_c^+$** : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

**$L_c^+$**  : 2.000 m

**$L_c^-$** : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

**$L_c^-$**  : 2.000 m

**$C_1$** : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

**$C_1$**  : 1.00

**$i_{f,z}$** : Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

**$i_{f,z^+}$**  : 4.06 cm

**$i_{f,z^-}$**  : 4.06 cm

**Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.180} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.115} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{6.187} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{240.50} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\frac{2572.6}{9}} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\frac{2701.3}{3}} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N168, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed}$  : 0.128 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$V_{c,Rd}$  : 42.926 t

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 28.90 cm<sup>2</sup>

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 160.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 13.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

**5.54 < 65.92** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 5.54

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$  : 65.92

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$\epsilon$  : 0.94

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 2395.51 kp/cm<sup>2</sup>

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.557} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{97.320} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{65.52} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{80.60} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{116.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{13.00} \text{ mm}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$0.111 \text{ t} \leq 21.463 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N168, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.111} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{42.926} \text{ t}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{0.557}{t} \leq \frac{48.660}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N168, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.557} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{97.320} \text{ t}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.187} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.187} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N167, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.019} \text{ t}$$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.083} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{1.115} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \frac{207.35}{9} \text{ t}$$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{12.704} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{6.187} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.082} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{16.54} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}$$

$W_{y,com}$ : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{493.80} \text{ cm}^3$$

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{80.60} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$ : Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{12.119} \text{ t}\cdot\text{m}$$

### **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.200 m del nudo N168, para la combinación de acciones  $1.35\cdot PP + 1.35\cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5\cdot \text{Uso} + 0.9\cdot \text{Vientotransversal} + 0.75\cdot \text{Nieve}$ .

$$\frac{0.557}{t} \leq \frac{48.660}{t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \underline{0.557} \text{ t}$$

$V_{c,Rd,y}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \underline{97.320} \text{ t}$$

### **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

### **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

### **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

2.3.3.8. Perfil HEM 180 con cartelas. Descansillo.

Perfil: HE 180 M , Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 0.40 m.) Material: Acero (S275)								
Nudos	Longitud		Características mecánicas <sup>(1)</sup>					
	Inicia l	Final l	d (m)	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(3)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(4)</sup> (mm)
N49	N47	2.000	171.99	22620.33	3869.43	298.86	0.00	60.45
Notas: (1) Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N49) (2) Inercia respecto al eje indicado (3) Momento de inercia a torsión uniforme (4) Coordenadas del centro de gravedad								
			Pandeo		Pandeo lateral			
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β			0.70	0.70	1.00	1.00		
L <sub>K</sub>			1.400	1.400	2.000	2.000		
C <sub>m</sub>			1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>			-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>	
N49/N47	x: 0.145 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.145 m $\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	x: 0.532 m $\eta = 0.3$	x: 0.53 m $\eta = 0.1$	x: 0.53 m $\eta = 59.9$	x: 2 m $\eta = 7.3$	x: 0.482 m $\eta = 10.1$	x: 0.53 m $\eta = 0.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.532 m $\eta = 63.0$	$\eta < 0.1$	x: 0.532 m $\eta = 7.7$	x: 0.482 m $\eta = 10.3$	x: 0.532 m $\eta = 0.5$

Notación:

- $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez
- $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción
- N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión
- M<sub>Y</sub>: Resistencia a flexión eje Y
- M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión eje Z
- V<sub>Z</sub>: Resistencia a corte Z
- V<sub>Y</sub>: Resistencia a corte Y
- M<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
- M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
- NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión y axil combinados
- NM<sub>Y</sub>M<sub>Z</sub>V<sub>Y</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
- M<sub>t</sub>: Resistencia a torsión
- M<sub>t</sub>V<sub>Z</sub>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
- M<sub>t</sub>V<sub>Y</sub>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
- x: Distancia al origen de la barra
- η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida  $\bar{\lambda}$  de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\bar{\lambda}$ : **0.38** ✓



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase :** 1

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A :** 178.61 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 3390.429 t

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub> :** 32774.540 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub> :** 4172.260 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub> :** 3390.429 t

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 30404.83 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 3870.59 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 303.49 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 757385.54 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 825688 kp/cm<sup>2</sup>

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub> :** 1.400 m

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub> :** 1.400 m

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 2.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 13.85 cm

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 13.05 cm

**i<sub>z</sub> :** 4.66 cm

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z,

**y<sub>0</sub> :** 0.00 mm

respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**z<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**Abolladura del alma inducida por el ala comprimida** (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$21.97 \leq 241.82 \quad \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{318.54} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{14.50} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{46.19} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{44.64} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.532 m del nudo N49, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientotransversal} + 0.75 \cdot N$   
 ieve.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.749} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{291.48} \text{ t}$$

Donde:

$A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.6} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO}$  : 1.05

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta$  : 0.001 ✓

$\eta$  : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.530 m del nudo N49, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Vientolongitudinal+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.  $N_{c,Ed}$  : 0.211 t

La resistencia de cálculo a compresión  $N_{c,Rd}$  viene dada por:

$N_{c,Rd}$  : 291.486 t

Donde:

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

**Clase** : 1

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

**A** : 113.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 2572.69 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 2701.33 kp/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo  $N_{b,Rd}$  en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$  : 271.924 t

Donde:

**A:** Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

**χ:** Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.93}$$

$$\chi_T : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.52}$$

$$\phi_z : \underline{0.59}$$

$$\phi_T : \underline{0.58}$$

**α:** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

**λ̄:** Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.19}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.33}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.32}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{2781.081} \text{ t}$$

**N<sub>cr,y</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{8066.213} \text{ t}$$

**N<sub>cr,z</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{2781.081} \text{ t}$$

**N<sub>cr,T</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{3075.196} \text{ t}$$

### Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.599} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.530 m del nudo N49, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve.}$$

$M_{Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  
 El momento flector resistente de cálculo  $M_{c,Rd}$  viene dado por:

$$M_{Ed} : 13.620 \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd} : 22.727 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$Clase : 1$$

$W_{pl,y}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 883.40 \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces  $\bar{\lambda}_{LT} \leq 0.4$  se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\bar{\lambda}_{LT} : 0.36$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : \frac{184.31}{3} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} : \frac{151.24}{5} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} : \frac{105.33}{8} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 748.30 \text{ cm}^3$$

$I_z$ : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \frac{2580.0}{0} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 203.30 \text{ cm}^4$$

<b>E:</b> Módulo de elasticidad.	$E : \frac{214067}{3} \text{ kp/cm}^2$
<b>G:</b> Módulo de elasticidad transversal.	$G : \frac{825688}{2} \text{ kp/cm}^2$
<b>L<sub>c</sub><sup>+</sup>:</b> Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.	$L_{c^+} : 2.000 \text{ m}$
<b>L<sub>c</sub><sup>-</sup>:</b> Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.	$L_{c^-} : 2.000 \text{ m}$
<b>C<sub>1</sub>:</b> Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.	$C_1 : 1.00$
<b>i<sub>f,z</sub><sup>+</sup>:</b> Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.	$i_{f,z^+} : 5.16 \text{ cm}$
	$i_{f,z^-} : 5.16 \text{ cm}$

### Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.073} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Cargasmuertas+1.5·Uso+0.9·Vientotransversal+0.75·Nieve.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed^+} : \underline{0.796} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed^-} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**W<sub>pl,z</sub>:** Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{425.20} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>MO</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.101} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.482 m del nudo N49, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.264} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$  viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{52.339} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \frac{35.24}{2572.6} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{9}{2}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{Mo}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{7.1}{7} < \underline{65.92} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{7.17}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$\epsilon$ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{f_{ref}}: & \text{ Límite elástico de referencia.} & \mathbf{f_{ref}}: & \frac{2395.5 \text{ kp/cm}}{1^2} \\
 \mathbf{f_y}: & \text{ Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & \mathbf{f_y}: & \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2}
 \end{aligned}$$

### Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.530 m del nudo N49, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$\mathbf{V_{Ed}}: \text{ Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V_{Ed}}: \underline{0.624} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo  $\mathbf{V_{c,Rd}}$  viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}}: \frac{135.55}{2} \text{ t}$$

Donde:

$$\mathbf{A_v}: \text{ Área transversal a cortante.} \quad \mathbf{A_v}: \underline{91.26} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{A}: & \text{ Área de la sección bruta.} & \mathbf{A}: & \underline{113.30} \text{ cm}^2 \\
 \mathbf{d}: & \text{ Altura del alma.} & \mathbf{d}: & \underline{152.00} \text{ mm} \\
 \mathbf{t_w}: & \text{ Espesor del alma.} & \mathbf{t_w}: & \underline{14.50} \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{f_{yd}}: \text{ Resistencia de cálculo del acero.} \quad \mathbf{f_{yd}}: \frac{2572.6 \text{ kp/cm}}{9^2}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{f_y}: & \text{ Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & \mathbf{f_y}: & \frac{2701.3 \text{ kp/cm}}{3^2} \\
 \mathbf{\gamma_{MO}}: & \text{ Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \mathbf{\gamma_{MO}}: & \underline{1.05}
 \end{aligned}$$



**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{5.352}{t} \leq \frac{39.471}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.352} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{78.943} \text{ t}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$\frac{0.624}{t} \leq \frac{100.929}{t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.624} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{201.858} \text{ t}$$

**Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.611} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.630} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.532 m del nudo N49, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

Donde:

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.646} \text{ t}$$

**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{13.589} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.124} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a tracción.

$$291.48$$

$$N_{pl,Rd} : \underline{6} \text{ t}$$

**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{22.727} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{10.939} \text{ t}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo**: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

**M<sub>ef,Ed</sub>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{13.549} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

**σ<sub>com,Ed</sub>**: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{1533.7} \text{ kp/cm}^2$$

**W<sub>y,com</sub>**: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{883.40} \text{ cm}^3$$

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{113.30} \text{ cm}^2$$

**M<sub>b,Rd,y</sub>**: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{21.888} \text{ t}\cdot\text{m}$$

### Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$5.352 \text{ t} \leq 38.655 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

**V<sub>Ed,z</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{5.352} \text{ t}$$

**V<sub>c,Rd,z</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{77.310} \text{ t}$$

**Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.077} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.532 m del nudo N49, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.097} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo  $M_{T,Rd}$  viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.258} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{84.71} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.103} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.482 m del nudo N49, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.264} \text{ t}$$

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.094} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $V_{pl,T,Rd}$  viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{51.238} \text{ t}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{V}_{\text{pl,Rd}} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & \mathbf{V}_{\text{pl,Rd}} &: \underline{52.339} \text{ t} \\
 \tau_{\text{T,Ed}} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{\text{T,Ed}} &: \underline{77.33} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{W}_{\text{T}} &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & \mathbf{W}_{\text{T}} &: \underline{121.23} \text{ cm}^3 \\
 \mathbf{f}_{\text{yd}} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & \mathbf{f}_{\text{yd}} &: \frac{2572.6}{9} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{f}_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & \mathbf{f}_y &: \frac{2701.3}{3} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2} \\
 \gamma_{\text{MO}} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{\text{MO}} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

**Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.532 m del nudo N49, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot \text{PP} + 1.35 \cdot \text{Cargasmuertas} + 1.5 \cdot \text{Uso} + 0.9 \cdot \text{Vientolongitudinal} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$ .

$$\mathbf{V}_{\text{Ed}} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{V}_{\text{Ed}} : \underline{0.624} \text{ t}$$

$$\mathbf{M}_{\text{T,Ed}} : \text{Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{M}_{\text{T,Ed}} : \underline{0.097} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido  $\mathbf{V}_{\text{pl,T,Rd}}$  viene dado por:

$$\mathbf{V}_{\text{pl,T,Rd}} : \frac{131.29}{8} \text{ t}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{V}_{\text{pl,Rd}} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & \mathbf{V}_{\text{pl,Rd}} &: \frac{135.55}{2} \text{ t} \\
 \tau_{\text{T,Ed}} &: \text{Tensiones tangenciales por torsión.} & \tau_{\text{T,Ed}} &: \underline{114.72} \frac{\text{kp}}{\text{cm}^2}
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\mathbf{W}_{\text{T}} : \text{Módulo de resistencia a torsión.} \quad \mathbf{W}_{\text{T}} : \underline{84.71} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : \frac{2572.6}{9} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : \frac{2701.3}{3} \text{ kp/cm}^2$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO} : 1.05$

### 3. UNIONES.

Para realizar las distintas uniones de la estructura, se ha utilizado el software CYPE. La mayoría de estas se han podido resolver al realizar la estructura con CYPE 3D. Las restantes se han resuelto con CYPE Connect o a mano, tal y como se indicará en cada unión.

#### 3.1. Uniones en el tablero.

En el tablero se han podido distinguir 8 uniones diferentes. A continuación se muestran los distintos informes de cada una de estas uniones.

##### 3.1.1. Unión 1.

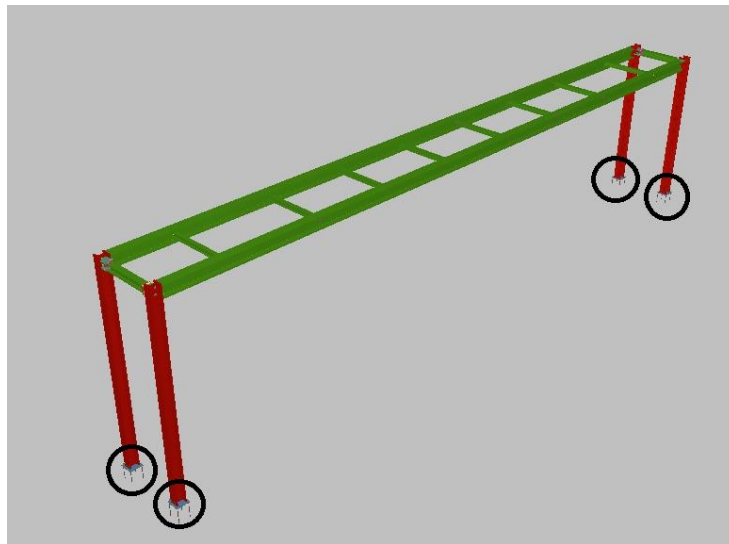


FIGURA 6.1.5: Posición de la unión 1.

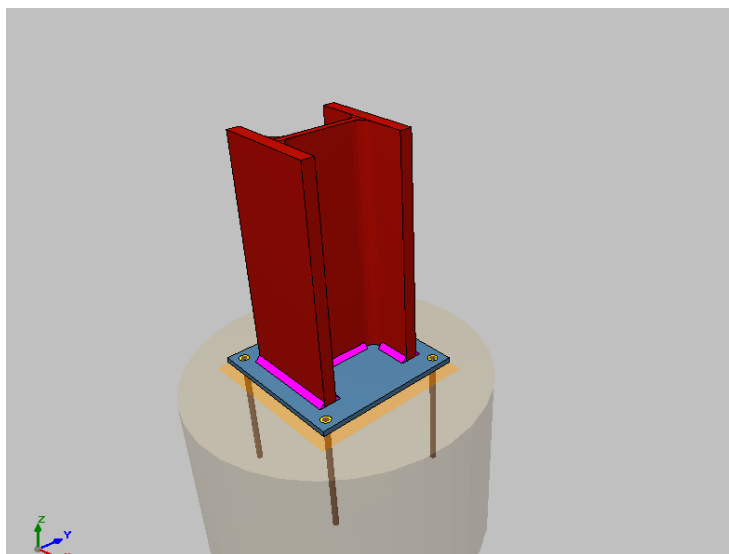
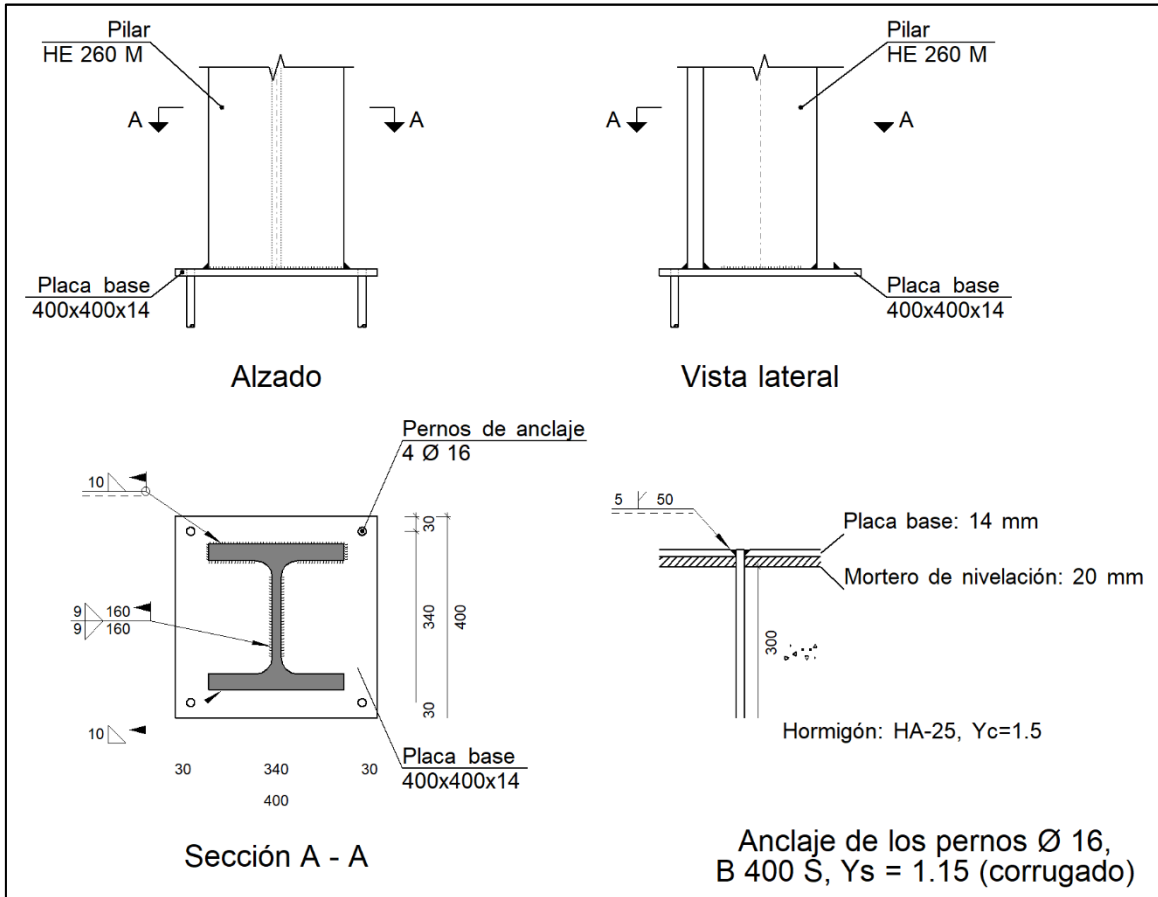
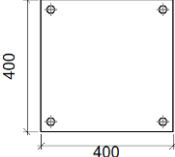


FIGURA 6.1.6: Unión 1.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Tipo	Acero	
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)		$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		400	400	14	4	26	18	5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 M

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	10	268	14.0	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	9	160	14.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	10	268	14.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	54.9	54.9	2.0	109.8	28.46	54.9	16.74	410.0	0.85
Soldadura del alma	11.9	11.9	3.6	24.6	6.36	11.9	3.63	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	41.5	41.5	1.1	83.1	21.53	41.5	12.66	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 340 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 4.182 t Calculado: 2.71 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 2.928 t Calculado: 0.548 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 4.182 t Calculado: 3.493 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 t Calculado: 2.518 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1340.13 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 11.961 t Calculado: 0.498 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup>	



Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Derecha:	Calculado: 2431.83 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 999.728 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Arriba:	Calculado: 627.266 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Abajo:	Calculado: 832.508 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
<b>Flecha global equivalente:</b> <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>		
	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 666.642	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1668.8	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2107.76	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2920.5	Cumple
<b>Tensión de Von Mises local:</b> <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>		
	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup>	
	Calculado: 0 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	5	50	14.0	90.00				
<i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	163.8	283.7	73.51	0.0	0.00	410.0	0.85

#### d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	5	201
			9	320
	En el lugar de montaje	En ángulo	10	1036

<b>Placas de anclaje</b>				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	400x400x14	17.58
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 350	2.21
				Total

### 3.1.2. Unión 2.

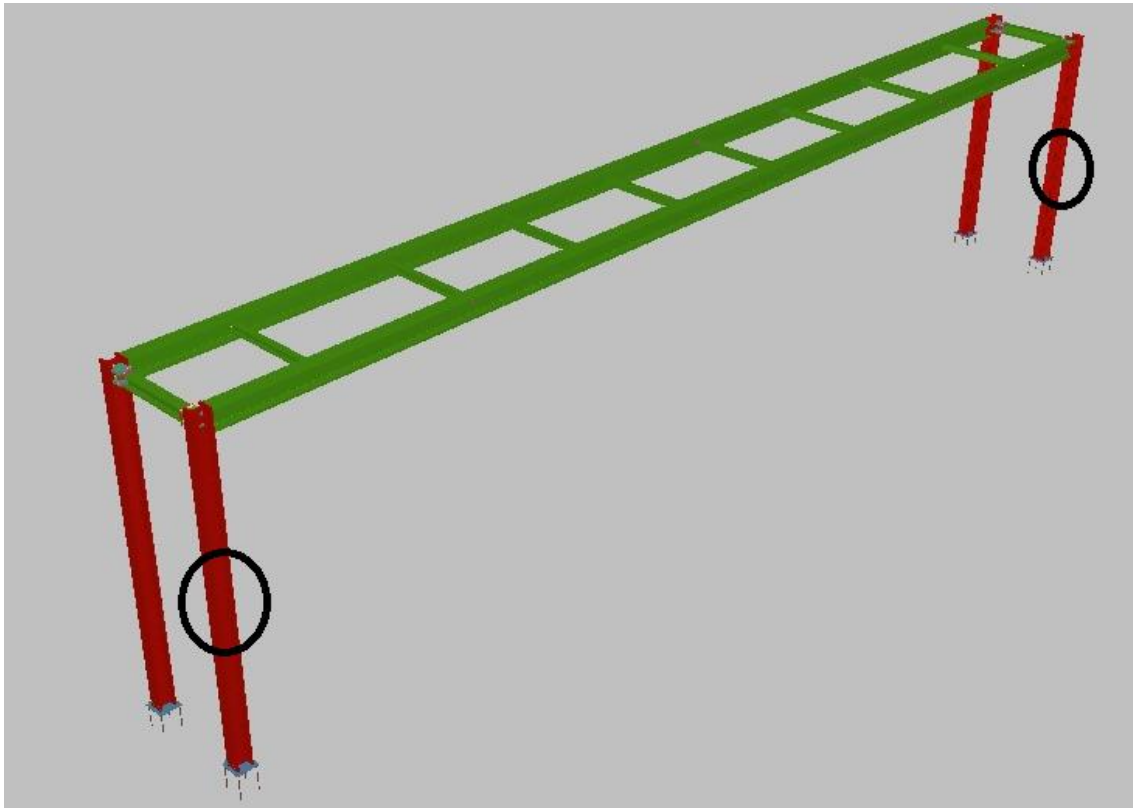


FIGURA 6.1.7: Posición de la unión 2.

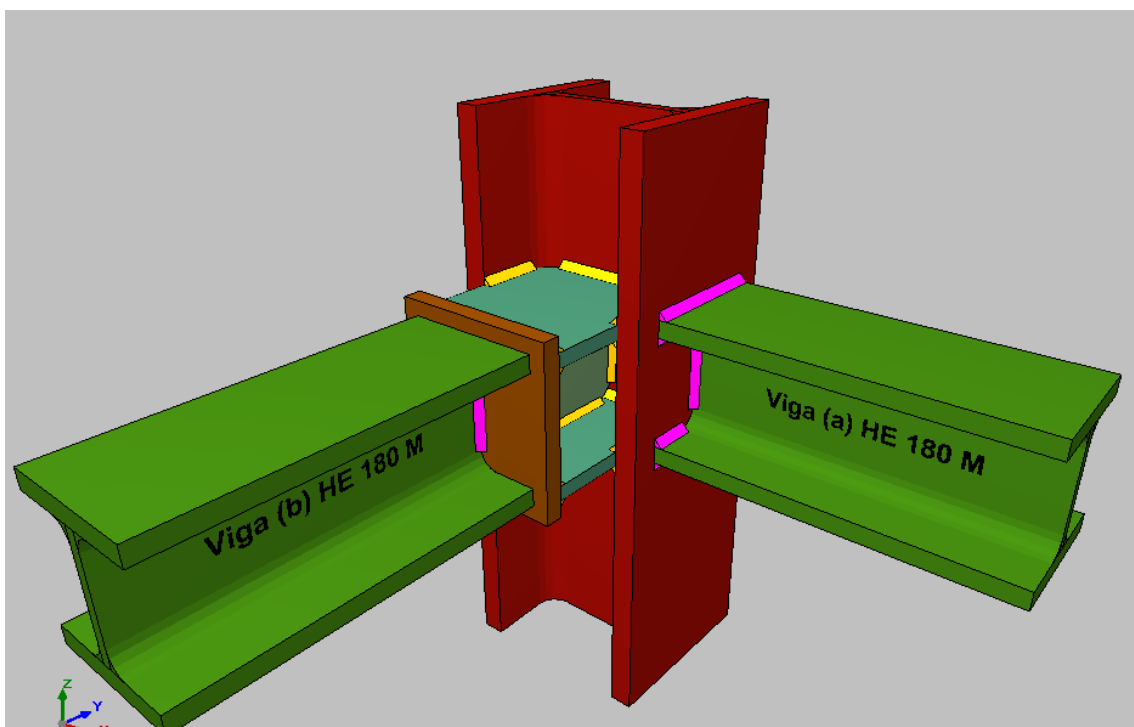
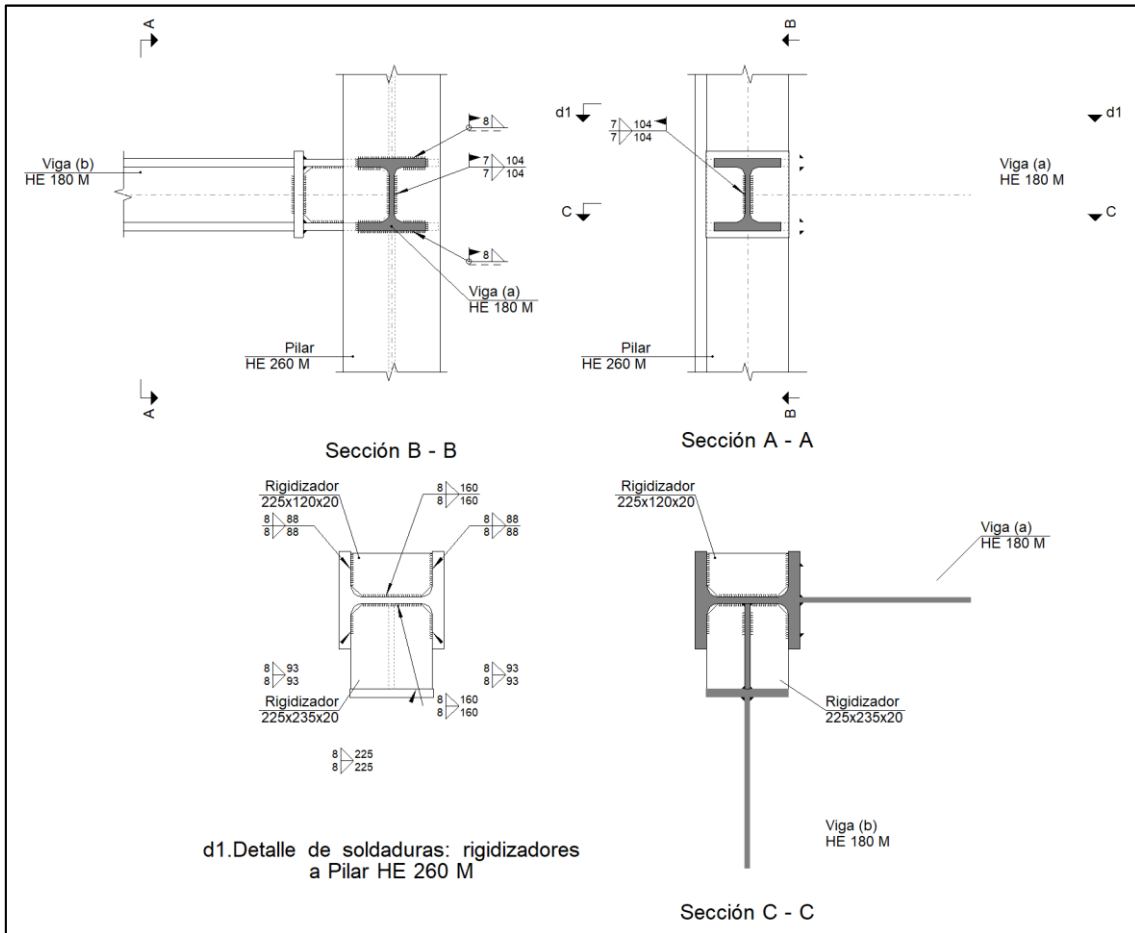
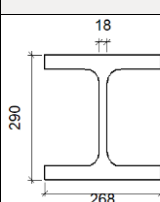
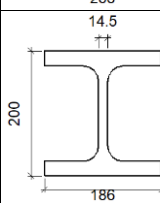


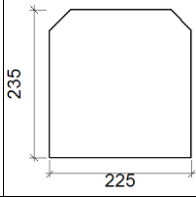
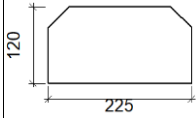
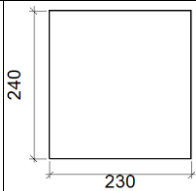
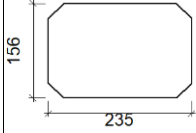
FIGURA 6.1.8: Unión 2.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 260 M		290	268	32.5	18	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		225	235	20	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		225	120	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		230	240	25	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		235	156	15	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	19.32
	Cortante	kN	206.08	480.12	42.92
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	60.58	261.90	23.13
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	58.68	261.90	22.41
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	59.28	261.90	22.63
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	57.62	261.90	22.00
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	23.53	240.43	9.79
Ala	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	19.75	261.90	7.54

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	93	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	230	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	93	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	230	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	88	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	88	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	6	106	15.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	6	106	15.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	6	185	15.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	6	185	15.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	52.1	52.1	10.2	105.6	27.38	52.1	15.88	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	38.0	65.8	17.04	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	2.9	2.9	0.1	5.8	1.51	2.9	0.89	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	51.2	51.2	6.6	103.1	26.72	51.2	15.62	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	38.8	67.1	17.40	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	2.9	2.9	0.1	5.8	1.51	2.9	0.89	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	52.4	52.4	0.2	104.8	27.16	52.4	15.98	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	38.9	67.5	17.48	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	50.9	50.9	0.3	101.9	26.39	50.9	15.53	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	37.8	65.4	16.95	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	18.5	32.0	8.30	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	18.5	32.0	8.30	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	17.7	30.6	7.93	0.0	0.00	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	17.7	30.6	7.93	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2) Viga (a) HE 180 M

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	7	104	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	89.8	89.8	0.4	179.6	46.54	89.8	27.37	410.0	0.85
Soldadura del alma	45.1	45.1	16.9	94.8	24.57	45.1	13.75	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	88.3	88.3	0.3	176.6	45.77	88.3	26.92	410.0	0.85

## 3) Viga (b) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	31.53	261.90	12.04

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	7	104	14.5	90.00	

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	11.7	12.1	16.2	36.9	9.55	12.6	3.85	410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	1164
			8	3640
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	416
			8	715

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	225x235x20	16.60
		2	225x120x20	8.48
	Chapas	1	235x156x15	4.32
		1	230x240x25	10.83
	Total			



### 3.1.3 Unión 3.

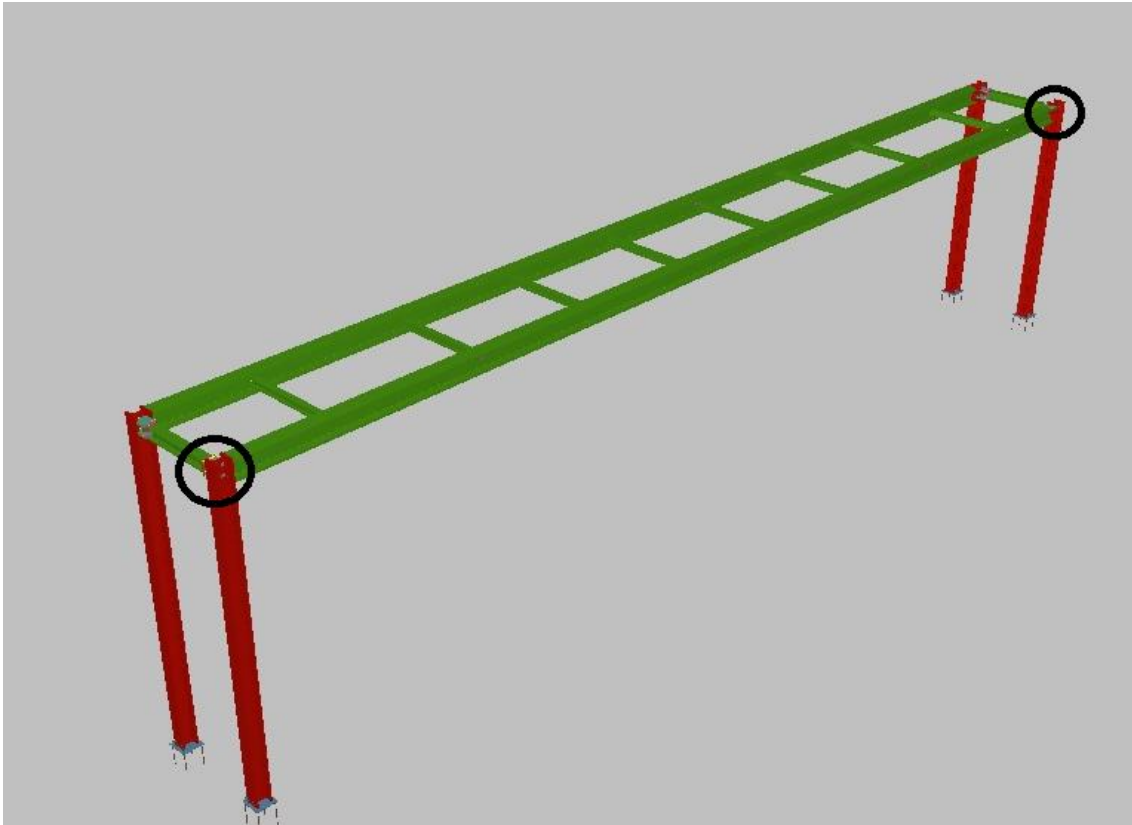


FIGURA 6.1.9: Posición de la unión 3.

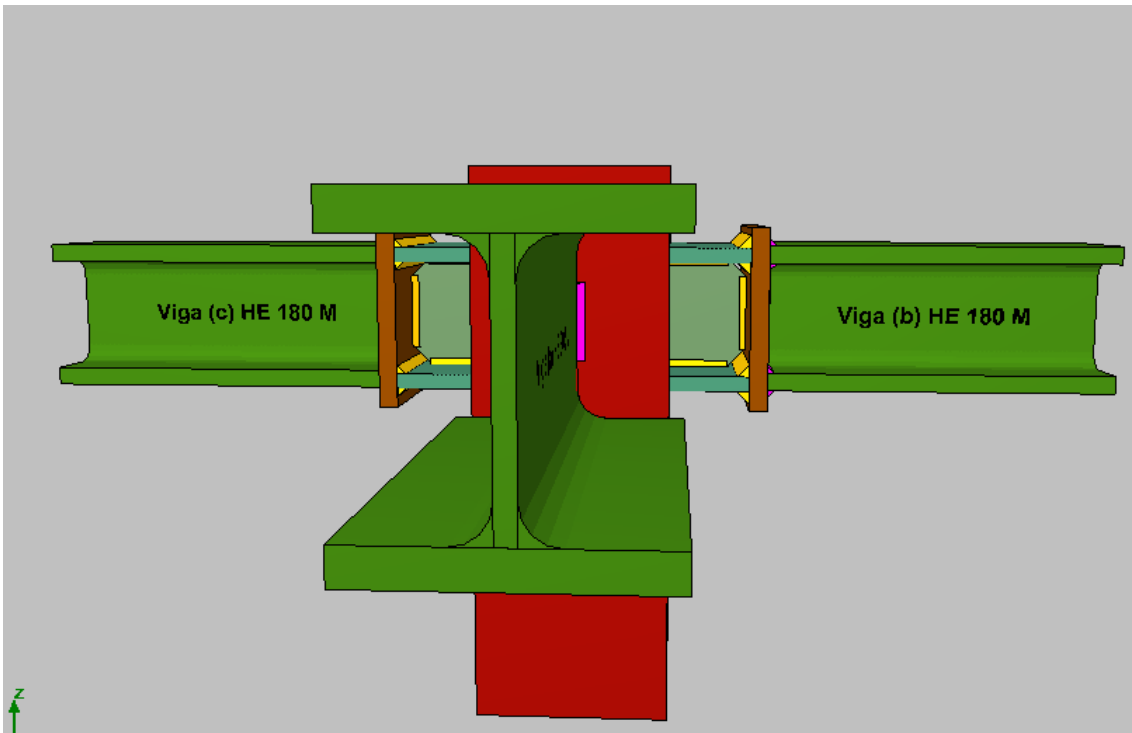
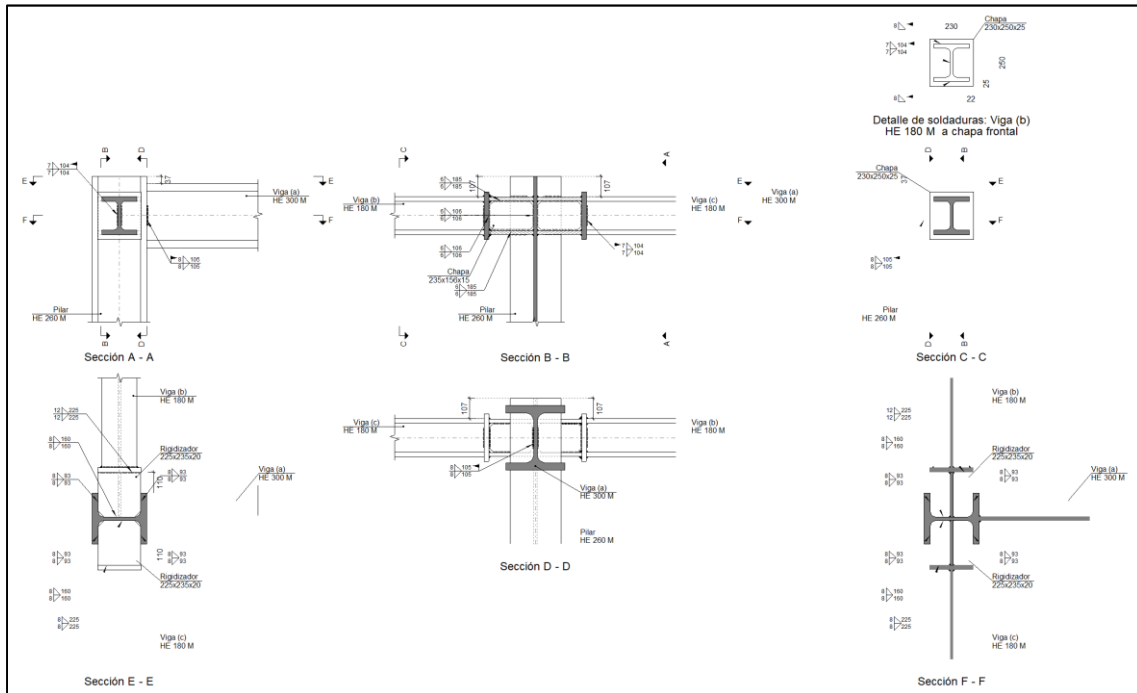
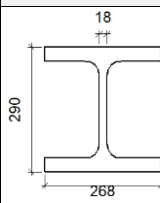
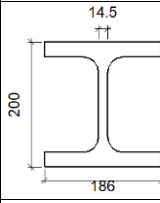
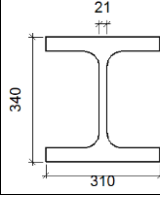


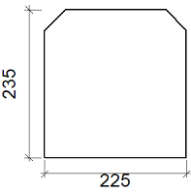
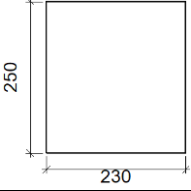
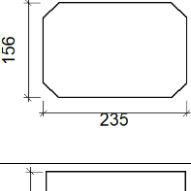
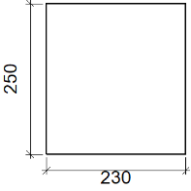
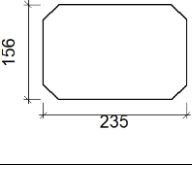
FIGURA 6.1.10: Unión 3.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 260 M		290	268	32.5	18	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 300 M		340	310	39	21	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		225	235	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) HE 180 M		230	250	25	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (c) HE 180 M		235	156	15	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		230	250	25	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		235	156	15	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltéz	--	--	--	19.32
	Cortante	kN	1.53	480.12	0.32
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	58.55	261.90	22.36
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	26.48	261.90	10.11
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	18.58	261.90	7.10
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	50.03	261.90	19.10
Chapa frontal [Viga (c) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (c) HE 180 M ]	Cortante	kN	53.64	240.43	22.31
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00

Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	16.88	240.43	7.02
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	24.40	261.90	9.32
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	18.43	261.90	7.04

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	93	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	230	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	93	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	230	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	93	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	12	230	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	93	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	12	230	20.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	6	106	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	6	106	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	6	106	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	6	106	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	42.3	73.2	18.97	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	1.2	2.1	0.53	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	9.0	9.0	1.0	18.0	4.67	9.0	2.73	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	19.1	33.1	8.58	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	1.2	2.1	0.55	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	9.0	9.0	1.0	18.0	4.67	9.0	2.73	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	13.4	23.2	6.02	0.0	0.00	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.9	1.6	0.41	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	2.8	2.8	0.2	5.5	1.43	2.8	0.84	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	36.1	62.5	16.20	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.3	0.6	0.15	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	12.2	12.2	0.1	24.4	6.32	12.2	3.72	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	42.2	73.1	18.93	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	42.2	73.1	18.93	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	40.3	69.8	18.08	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	40.3	69.8	18.08	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	13.3	23.0	5.96	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	13.3	23.0	5.96	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	12.7	22.0	5.69	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	12.7	22.0	5.69	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) HE 300 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	46.01	261.90	17.57

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	8	105	21.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	8.6	10.2	34.0	62.1	16.09	10.3	3.15	410.0	0.85

3) Viga (c) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	77.52	261.90	29.60

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	7	104	14.5	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	33.7	39.6	34.8	97.4	25.23	39.7	12.09	410.0	0.85

4) Viga (b) HE 180 M

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	7	104	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	7.7	7.7	0.3	15.5	4.00	7.7	2.35	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	11.6	20.1	5.20	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	23.3	23.3	0.3	46.6	12.07	23.3	7.10	410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	2328
			8	3680
			12	920
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	416
			8	925

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	225x235x20	33.21
	Chapas	2	235x156x15	8.63
		2	230x250x25	22.57
	Total			

3.1.3. Unión 4. Esta unión se ha realizado con CYPE Connect.

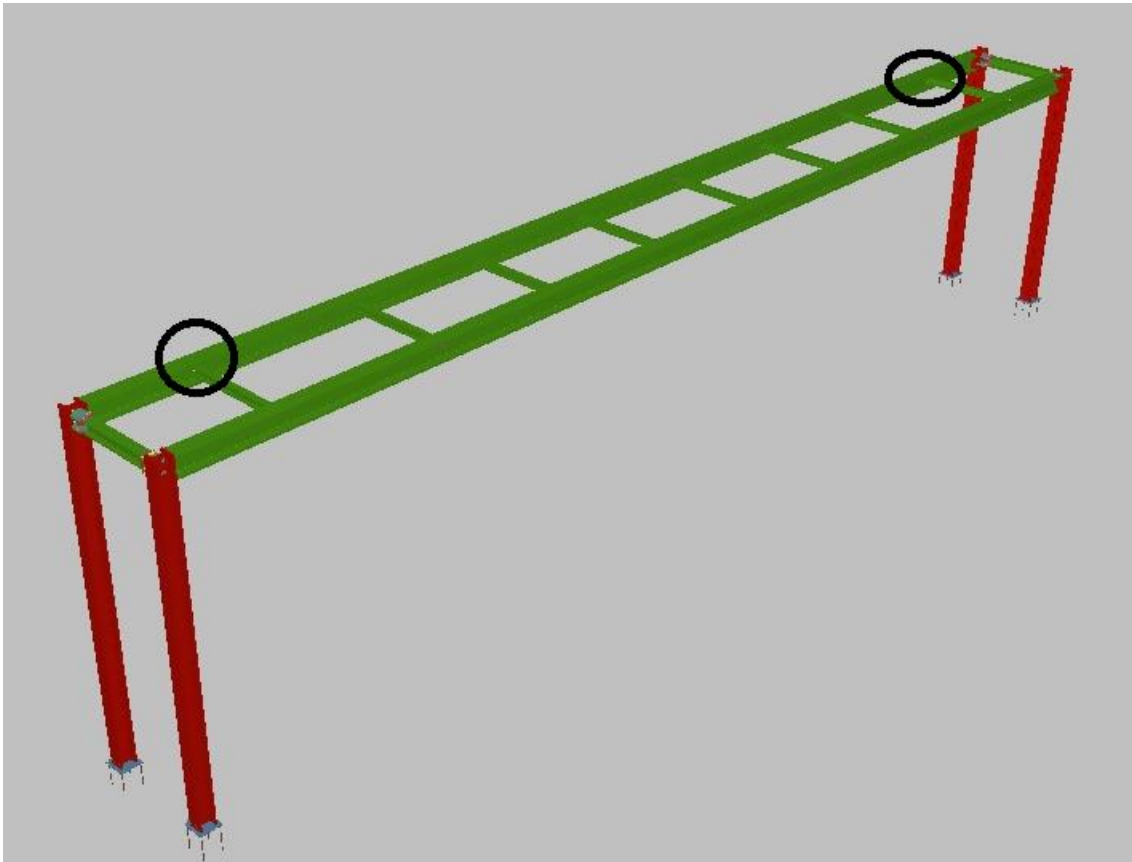


FIGURA 6.1.11: Posición de la unión 4.

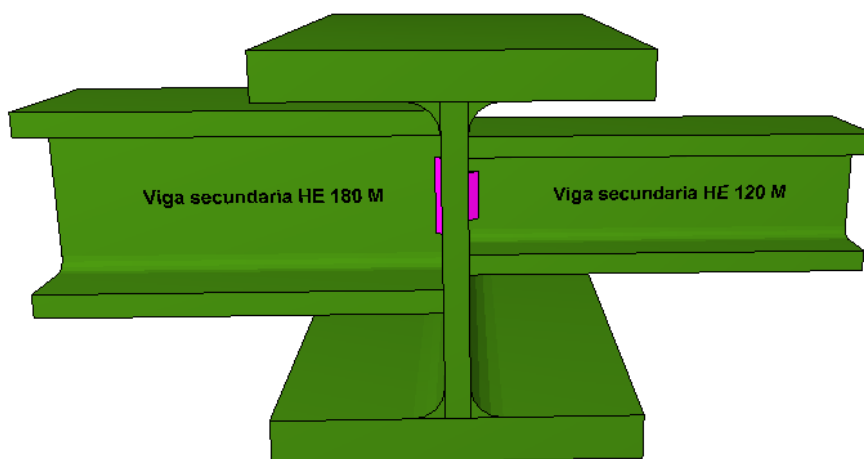
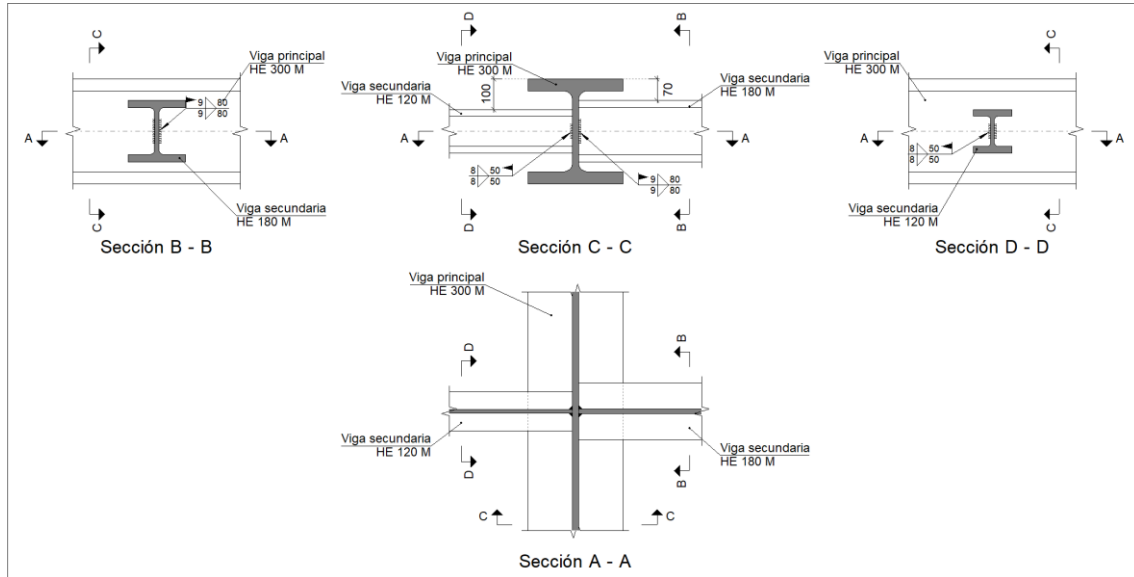


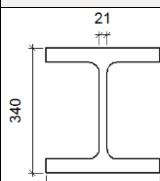
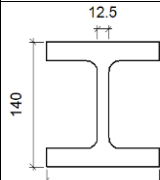
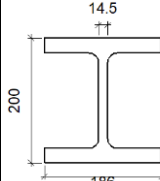
FIGURA 6.1.12: Unión 4.



a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 300 M		340	310	39	21	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 120 M		140	126	21	12.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga secundaria HE 120 M	Alma	Punzonamiento	kN	63.71	275.51	23.13
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	23.70	567.87	4.17
Viga secundaria HE 180 M	Alma	Punzonamiento	kN	64.02	405.89	15.77
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.30	638.08	0.05

2) Viga secundaria HE 120 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	101.96	261.90	38.93

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	8	50	12.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	56.3	56.3	0.9	112.6	29.19	56.3	17.17	410.0	0.85

3) Viga secundaria HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	55.46	261.90	21.17

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	9	80	14.5	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	31.1	31.8	2.5	63.4	16.43	31.8	9.70	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	8	100
			9	160

### 3.1.5. Unión 5.

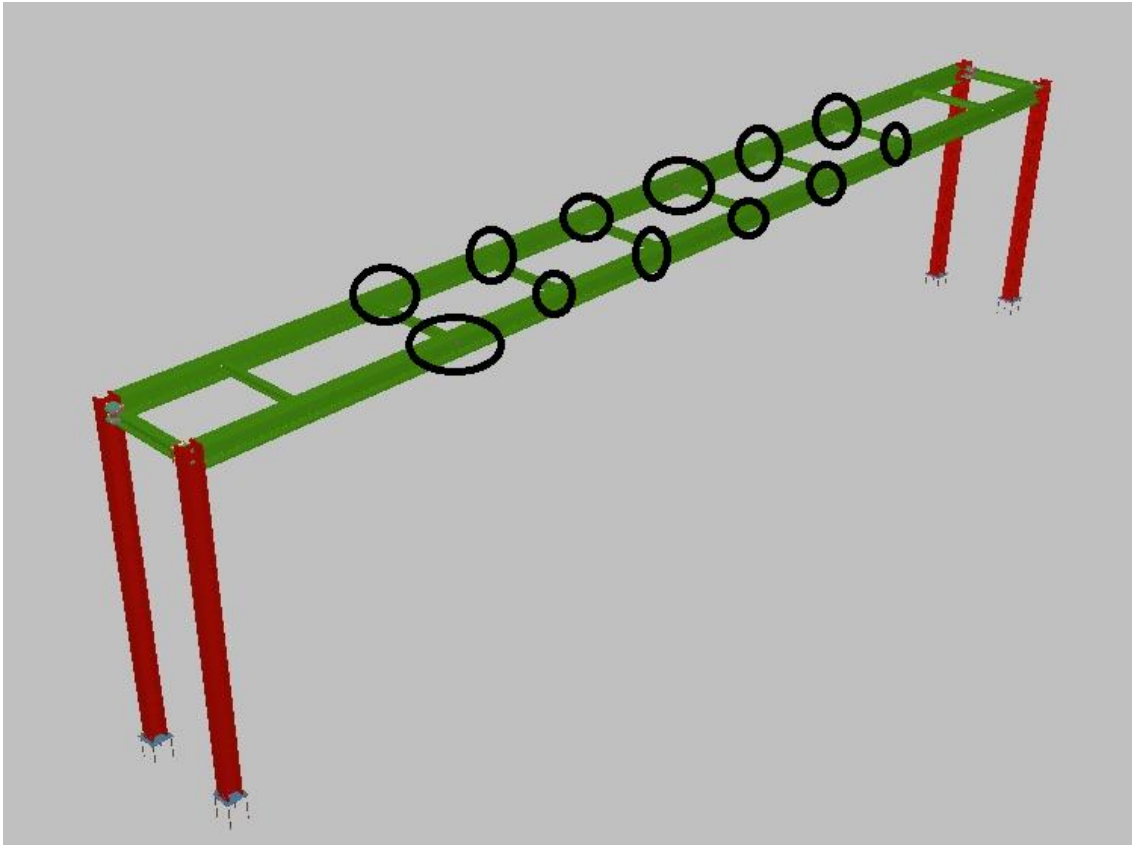


FIGURA 6.1.13: Posición de la unión 5.

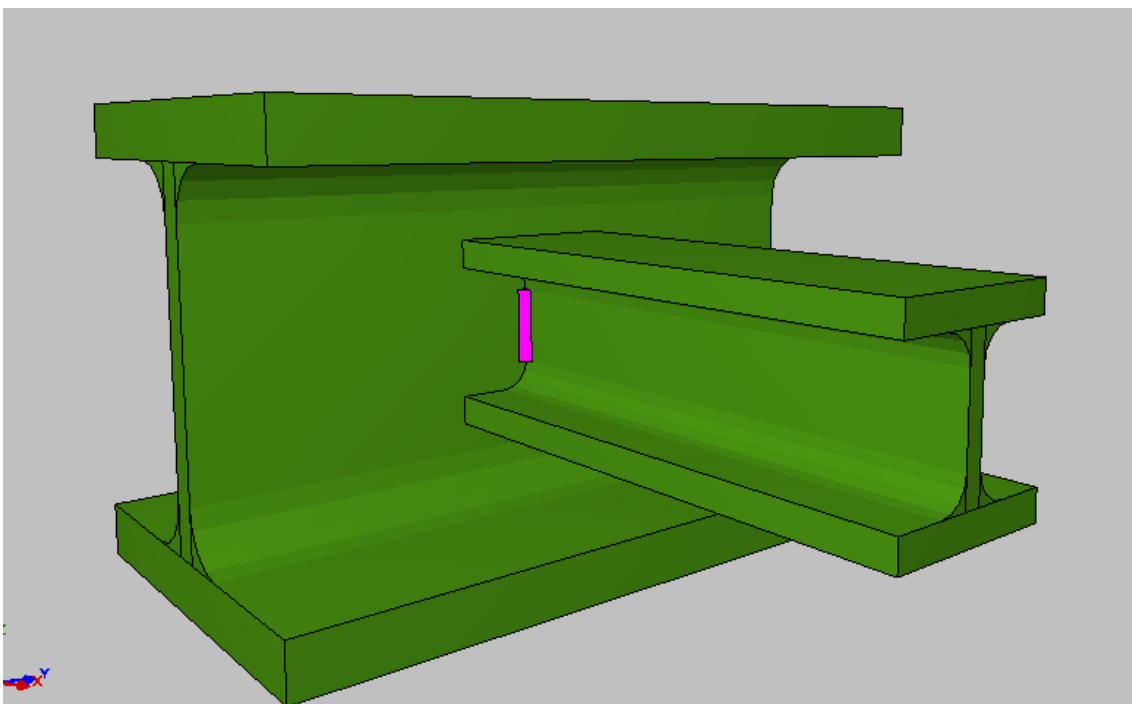
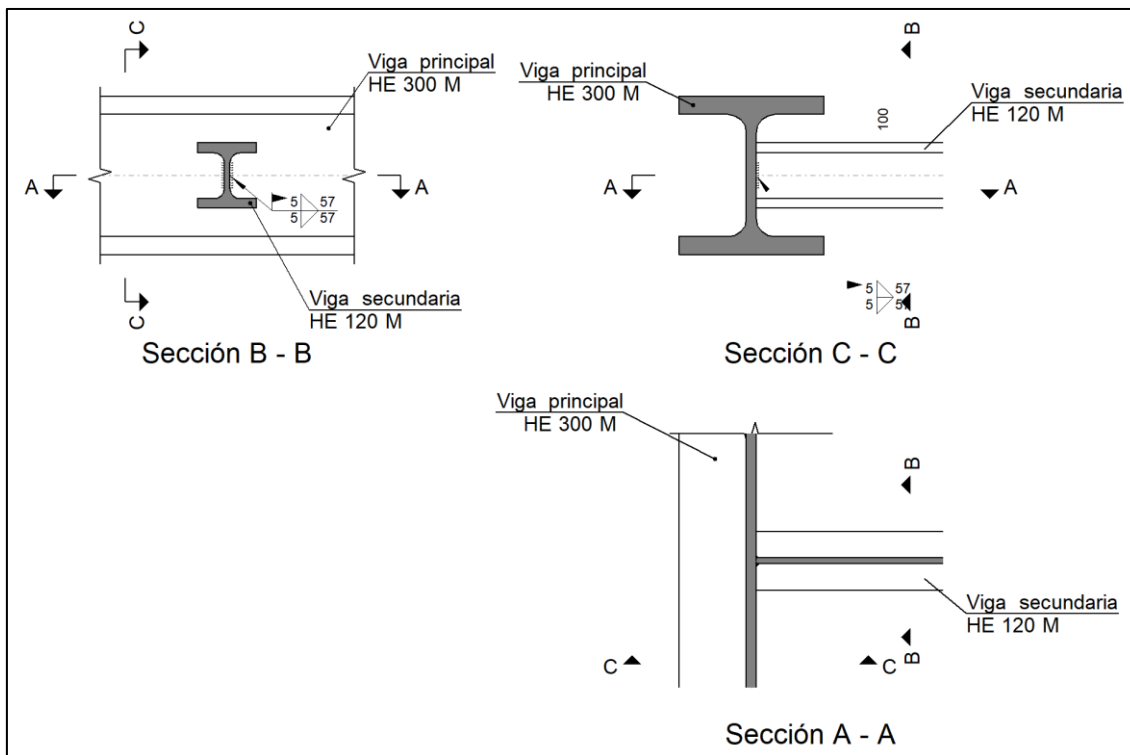
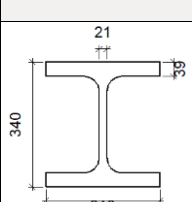
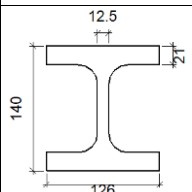


FIGURA 6.1.14: Unión 5.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 300 M		340	310	39	21	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 120 M		140	126	21	12.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	5.59	302.97	1.84
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	5.59	585.17	0.96

2) Viga secundaria HE 120 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	26.72	261.90	10.20

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	5	57	12.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	6.8	6.8	18.5	34.8	9.01	6.9	2.11	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	5	114

### 3.1.6. Unión 6.

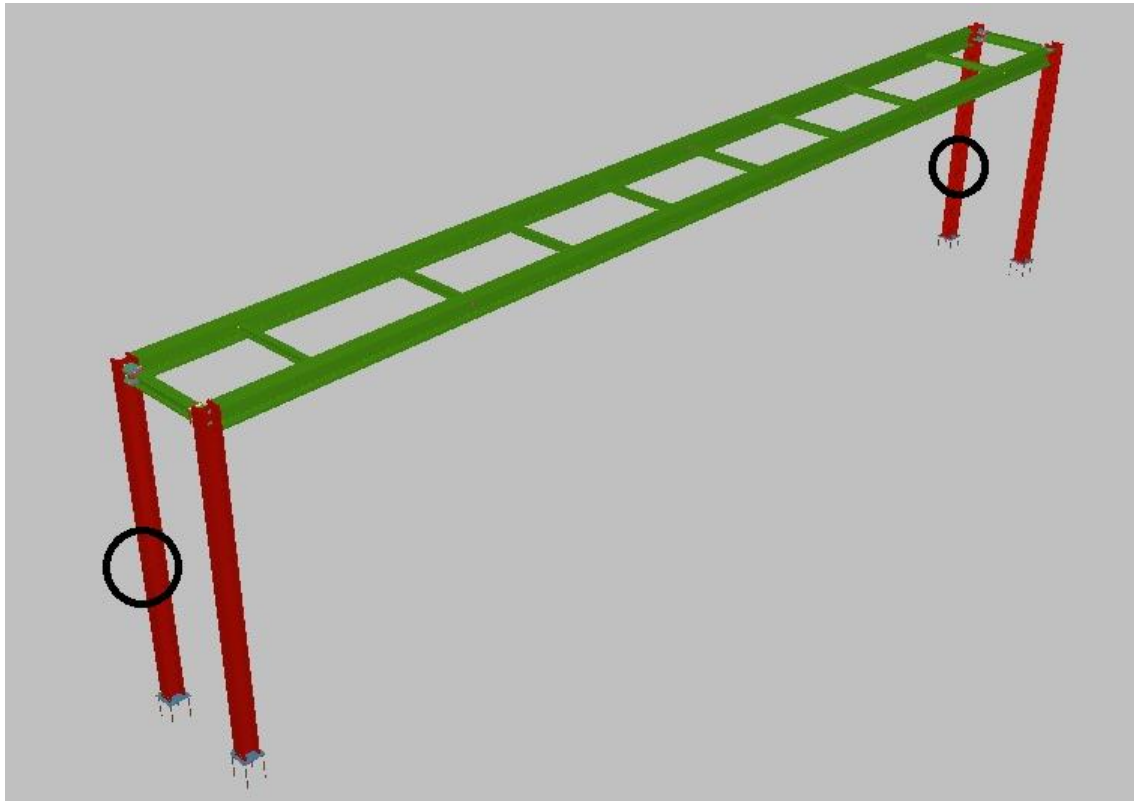


FIGURA 6.1.15: Posición de la unión 6.

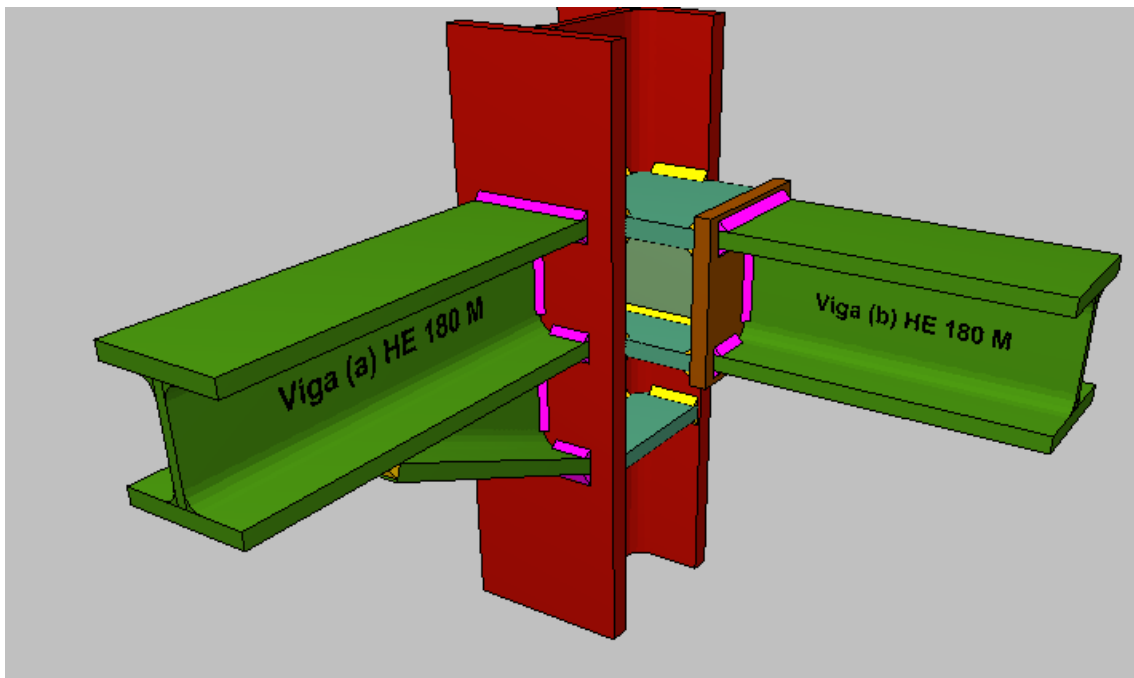
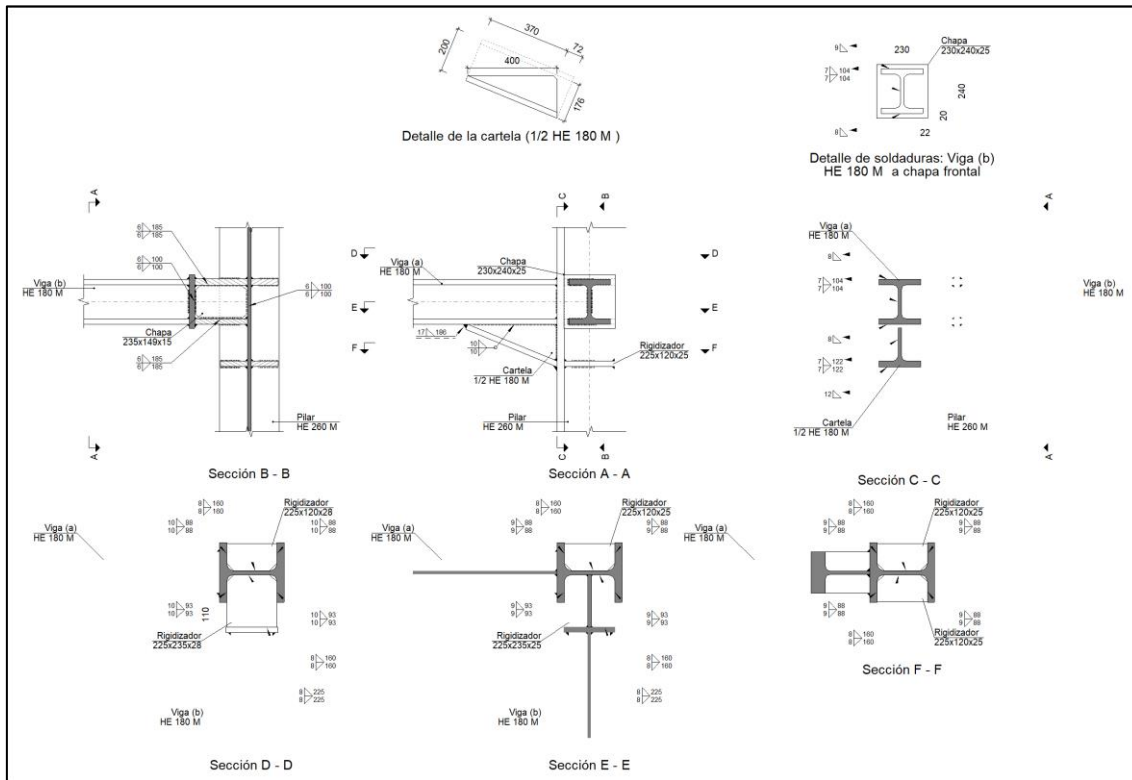
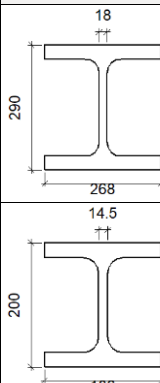
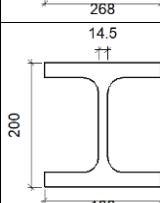


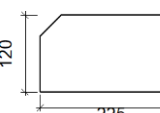
FIGURA 6.1.16: Unión 6.

a) Detalle

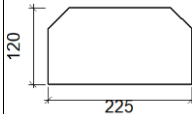
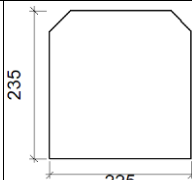
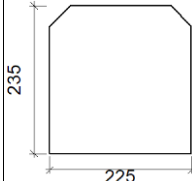
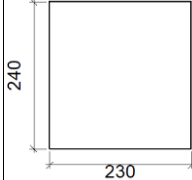
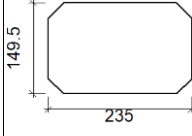


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 260 M		290	268	32.5	18	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Esquema	Geometría			Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		225	120	28	S275	2803.3	4179.4



Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		225	120	25	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		225	235	28	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		225	235	25	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		230	240	25	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		235	149.5	15	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltéz	--	--	--	19.32
	Cortante	kN	610.74	963.43	63.39
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	55.26	261.90	21.10
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	72.43	261.90	27.66
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	191.70	261.90	73.19
Rigidizador intermedio	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	203.87	261.90	77.84
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	60.65	261.90	23.16
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	34.24	225.68	15.17
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	143.11	261.90	54.64

	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	93.81	261.90	35.82
--	----------	-------------------	-------	--------	-------

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	88	28.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	88	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	93	28.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	230	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador intermedio a las alas	En ángulo	9	93	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador intermedio al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	230	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	88	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	6	100	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	6	100	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	

*a: Espesor garganta*

*l: Longitud efectiva*

*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	54.7	54.7	1.6	109.4	28.34	54.7	16.67	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	50.6	87.7	22.72	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	70.9	70.9	4.7	142.0	36.81	70.9	21.62	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	59.5	103.1	26.72	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	64.2	64.2	145.8	283.3	73.42	64.2	19.57	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	61.8	107.0	27.73	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	110.4	110.4	1.8	220.8	57.22	110.4	33.66	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio a las alas	0.0	0.0	163.5	283.2	73.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio al alma	0.0	0.0	4.2	7.2	1.87	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	99.8	99.8	3.6	199.6	51.73	99.8	30.42	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	59.4	59.4	4.1	118.9	30.82	59.4	18.09	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	49.3	85.4	22.14	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	28.7	49.7	12.87	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	28.7	49.7	12.87	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	26.8	46.5	12.04	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	26.8	46.5	12.04	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	245.13	890.22	27.54

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	7	104	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	7	138	14.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	12	186	24.0	67.67	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	10	400	14.5	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	17	186	24.0	67.67	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	114.2	114.2	0.4	228.4	59.18	114.2	34.81	410.0	0.85
Soldadura del alma	79.0	79.0	15.4	160.1	41.50	79.0	24.07	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	0.0	0.0	0.7	1.2	0.32	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	53.9	53.9	15.4	111.1	28.80	53.9	16.45	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	72.3	107.9	0.9	200.4	51.94	87.5	26.68	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.4	0.4	7.3	12.7	3.29	0.4	0.11	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

### 3) Viga (b) HE 180 M

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	7	104	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	145.1	145.1	1.7	290.1	75.18	145.1	44.22	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	23.5	40.7	10.56	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	145.7	145.7	4.0	291.5	75.54	145.7	44.42	410.0	0.85

### d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	1138
			8	2520
			9	1070
			10	1520
			17	186
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	693
			8	1073
			9	358
			12	310

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	1	225x235x25	10.38
		2	225x120x25	10.60
		1	225x235x28	11.62
		1	225x120x28	5.93
	Chapas	1	235x149x15	4.14
		1	230x240x25	10.83
	Total			

### 3.1.7. Unión 7.

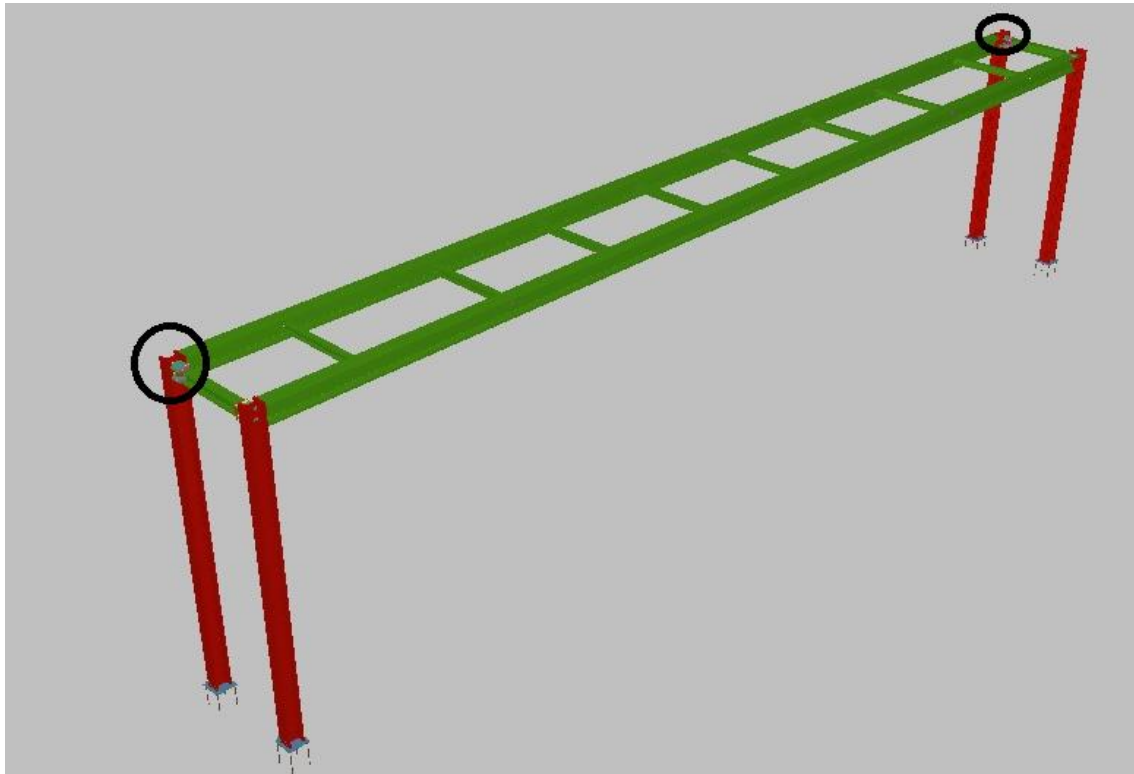


FIGURA 6.1.17: Posición de la unión 7.

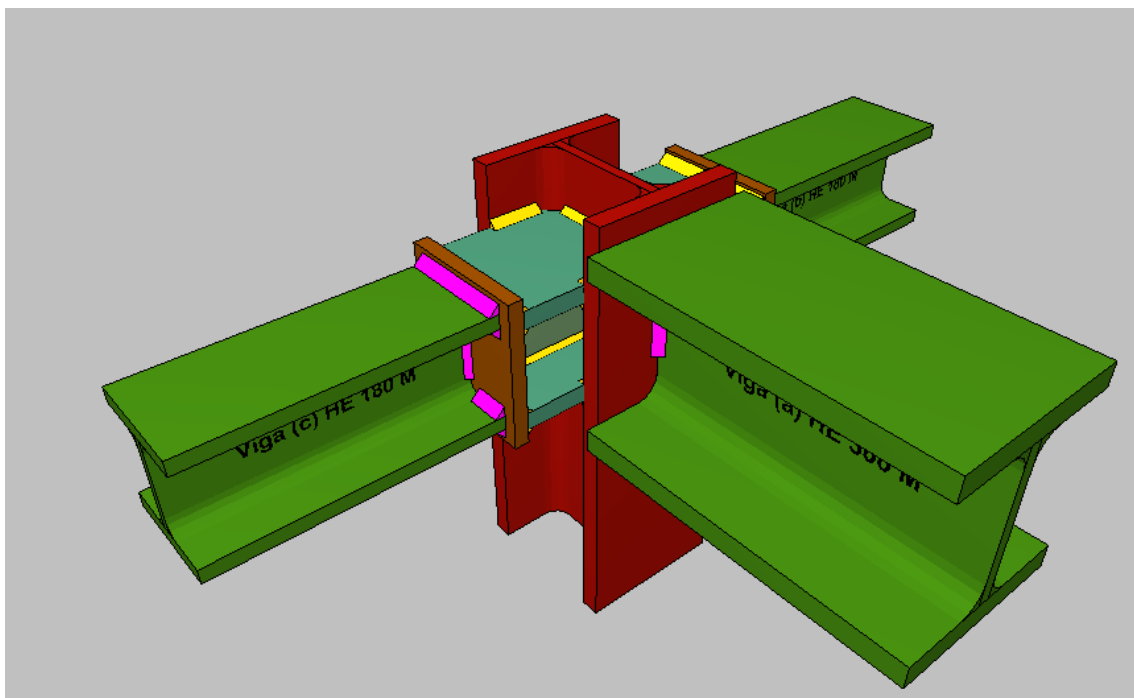
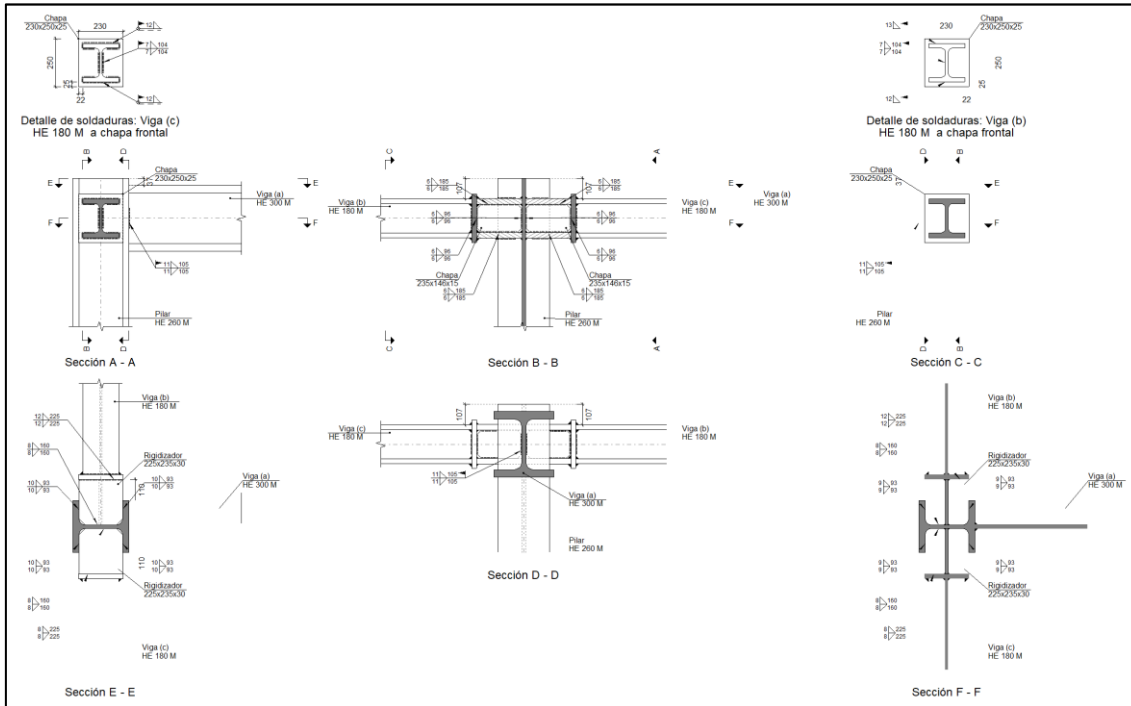
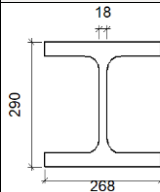
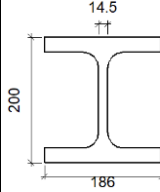
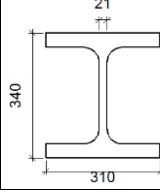


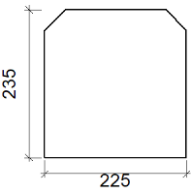
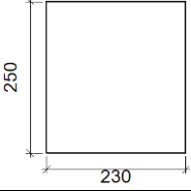
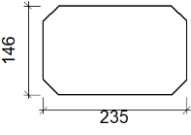
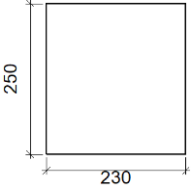
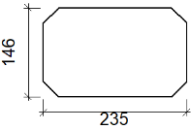
FIGURA 6.1.18: Unión 7.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 260 M		290	268	32.5	18	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 300 M		340	310	39	21	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		225	235	30	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) HE 180 M		230	250	25	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (c) HE 180 M		235	146	15	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		230	250	25	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		235	146	15	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 260 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltéz	--	--	--	19.32
	Cortante	kN	23.82	710.39	3.35
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	97.94	261.90	37.40
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	60.59	261.90	23.13
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	218.83	261.90	83.55
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	222.38	261.90	84.91
Chapa frontal [Viga (c) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (c) HE 180 M ]	Cortante	kN	27.25	217.74	12.51
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00



Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	51.43	217.74	23.62
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	101.00	261.90	38.56
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	113.55	261.90	43.36

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	93	30.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	230	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	93	30.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	230	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	93	30.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	12	230	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	93	30.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	8	160	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	12	230	25.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	6	96	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	6	96	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	6	96	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	6	96	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	6	185	15.0	90.00	

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	84.8	146.9	38.07	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	1.7	3.0	0.78	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	50.8	50.8	0.7	101.6	26.33	50.8	15.49	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	58.3	101.0	26.17	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.5	0.9	0.23	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	33.0	33.0	0.2	66.0	17.11	33.0	10.06	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	189.5	328.2	85.06	0.0	0.00	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	11.0	19.1	4.96	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	95.4	95.4	5.8	191.0	49.49	95.4	29.07	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	214.0	370.6	96.05	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	11.1	19.3	5.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	90.4	90.4	5.9	181.0	46.91	90.4	27.55	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	23.7	41.0	10.62	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	23.7	41.0	10.62	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	21.9	37.9	9.81	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	21.9	37.9	9.81	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	44.6	77.3	20.04	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	44.6	77.3	20.04	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	41.3	71.5	18.52	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	41.3	71.5	18.52	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) HE 300 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	123.63	261.90	47.20

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	11	105	21.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	7.1	9.9	67.8	118.8	30.79	9.9	3.00	410.0	0.85

### 3) Viga (c) HE 180 M

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	12	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	7	104	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	12	186	24.0	90.00	

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	83.2	83.2	0.9	166.4	43.12	83.2	25.37	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	18.7	32.4	8.40	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	59.5	59.5	0.4	119.0	30.83	59.5	18.13	410.0	0.85

### 4) Viga (b) HE 180 M

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	13	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	7	104	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	12	186	24.0	90.00	

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	172.0	172.0	8.9	344.3	89.22	172.0	52.43	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	35.3	61.2	15.85	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	174.3	174.3	9.8	348.9	90.42	174.3	53.13	410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	2248
			8	2200
			9	740
			10	740
			12	920
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	416
			11	210
			12	1073
			13	358

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	225x235x30	49.81
	Chapas	2	235x146x15	8.08
		2	230x250x25	22.57
		Total		

3.1.8. Unión 8. Realizada con CYPE Connect.

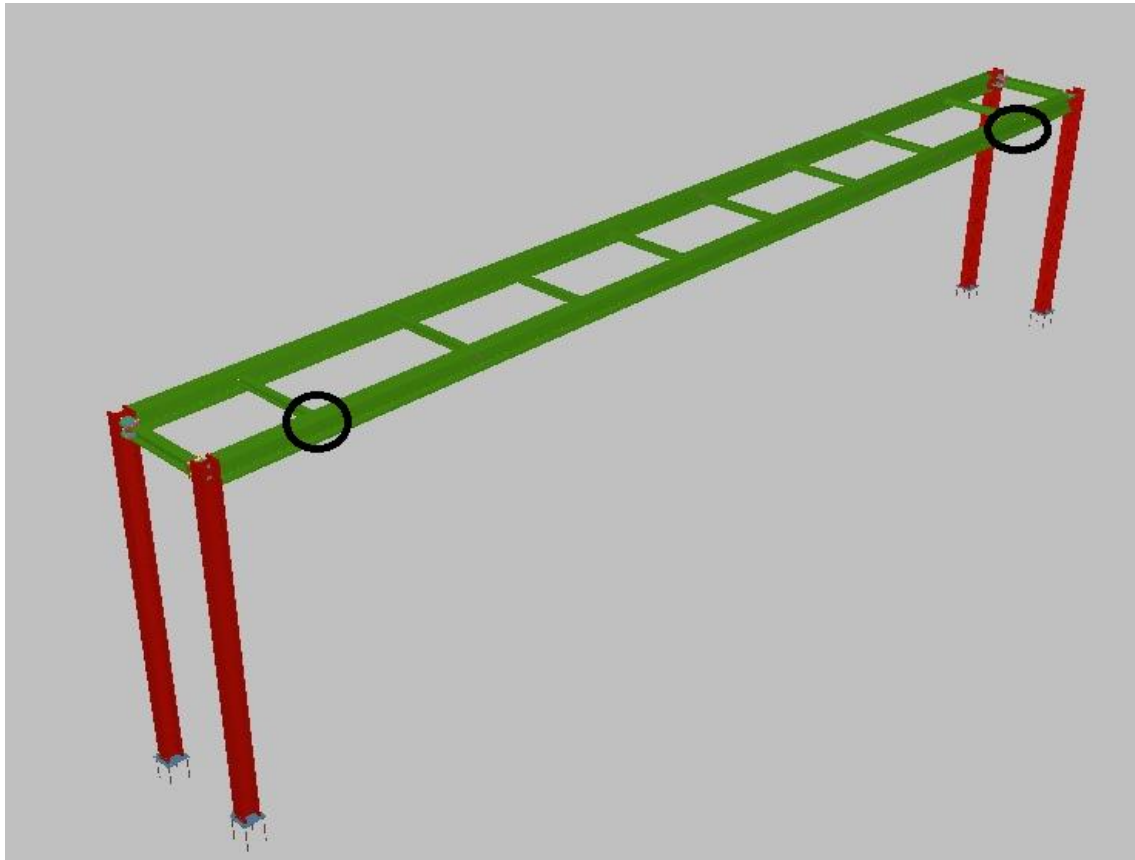


FIGURA 6.1.19: Posición de la unión 8.

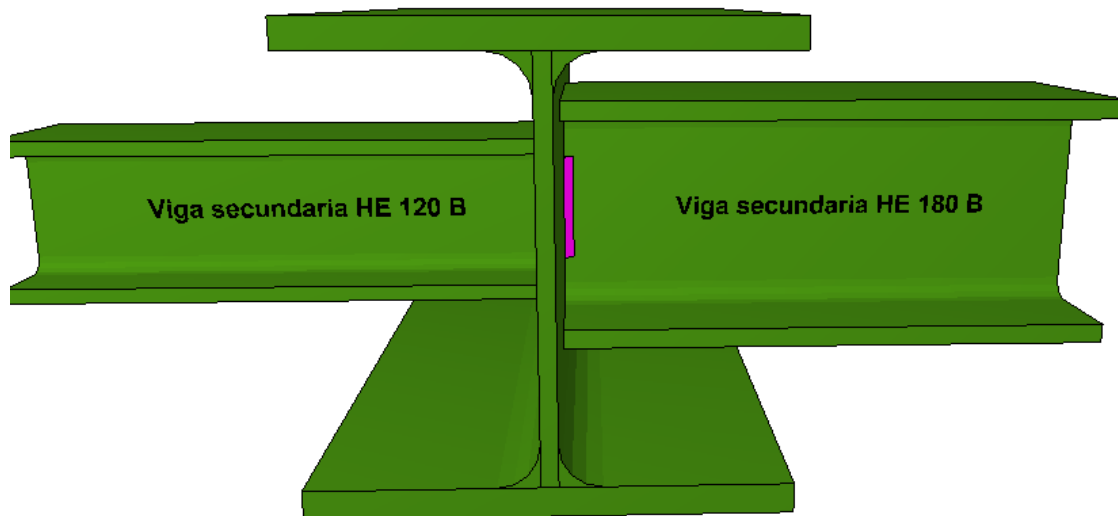
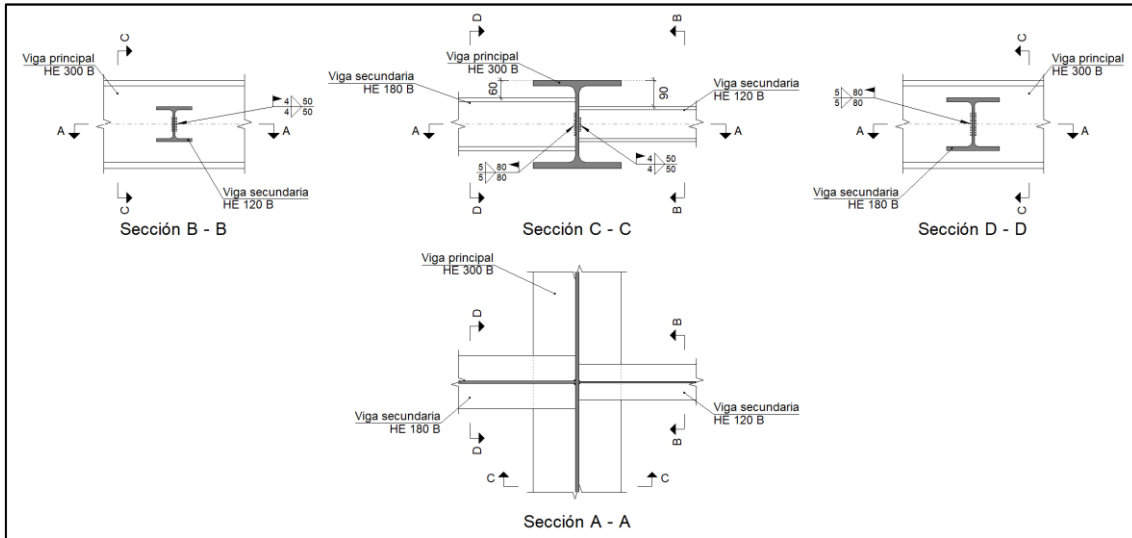


FIGURA 6.1.20: Unión 8.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 300 B		300	300	19	11	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	66.47	125.86	52.81

Viga secundaria	HE 180	B		Flexión por fuerza perpendicular	kN	2.75	168.20	1.64
Viga secundaria	HE 120	B	Alma	Punzonamiento	kN	63.71	82.61	77.13
				Flexión por fuerza perpendicular	kN	22.17	150.16	14.77

2) Viga secundaria HE 180 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	113.48	261.90	43.33

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura del alma	En ángulo		5	80	8.5	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>∥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	56.7	60.8	28.1	129.1	33.46	60.8	18.52	410.0	0.85

3) Viga secundaria HE 120 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	196.07	261.90	74.86

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo		4	50	6.5	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

<b>Comprobación de resistencia</b>									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	112.6	112.6	1.6	225.3	58.38	112.6	34.34	410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	4	100
			5	160



### 3.2. Uniones en las escaleras.

Como se puede observar en el croquis adjunto, en las escaleras se han cogido 8 uniones diferentes que se detallan a continuación.

Las uniones 5, 7 y 8 se detallarán en otro apartado mas adelante.

#### 3.2.1. Unión 1.



*FIGURA 6.1.21: Posición de la unión 1.*

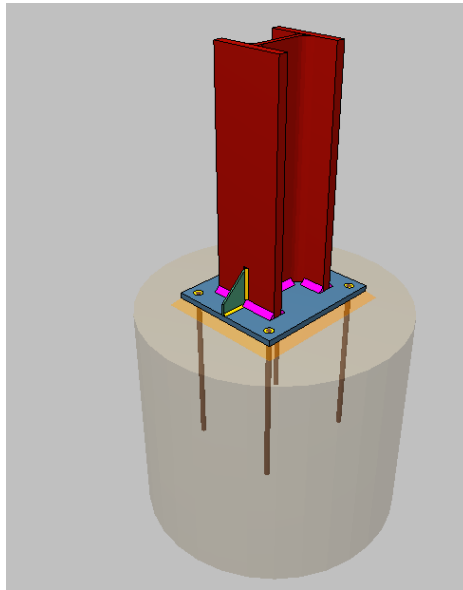
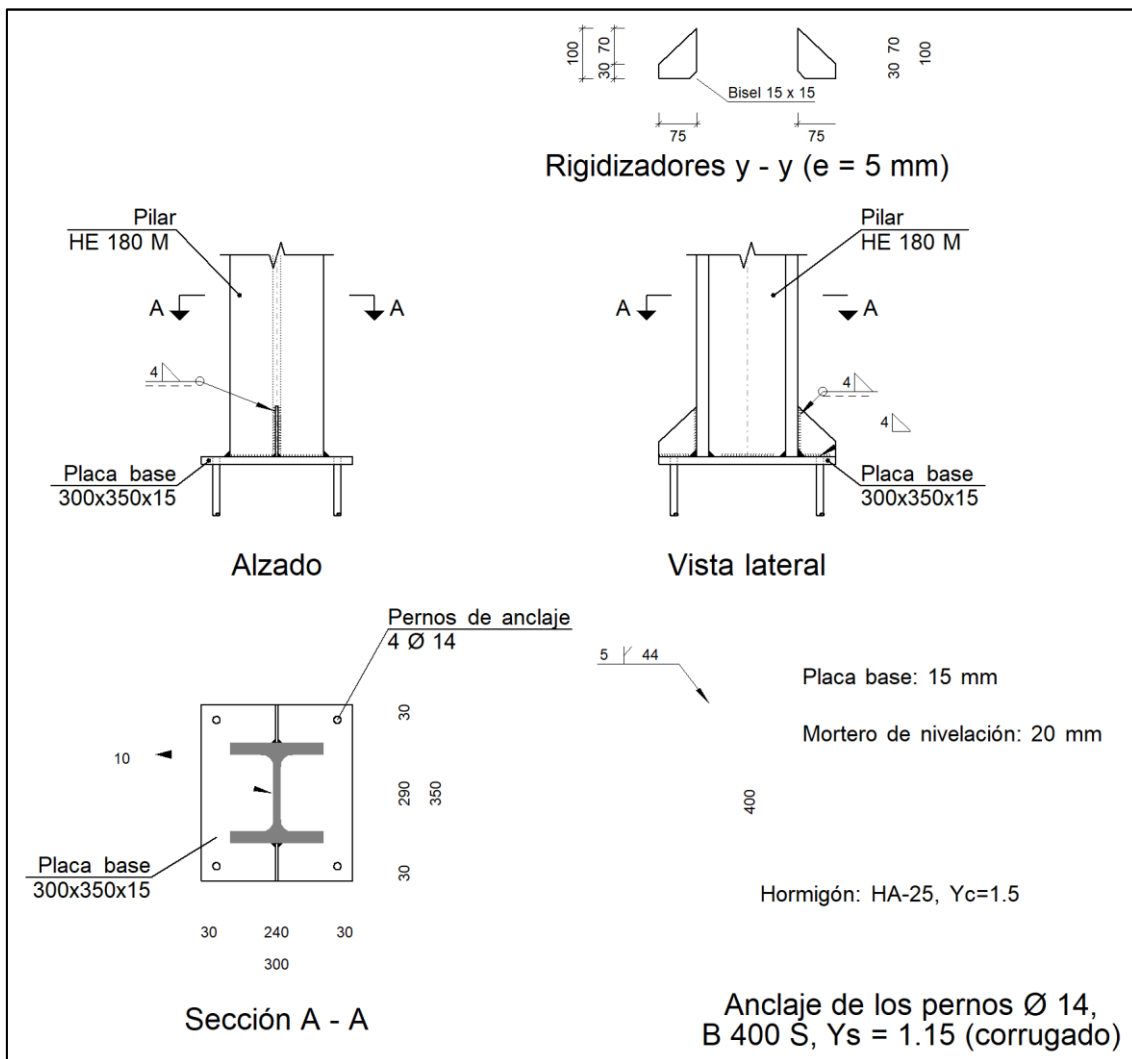
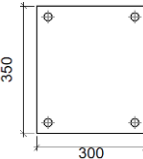
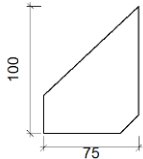


FIGURA 6.1.22: Unión 1.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		300	350	15	4	24	16	5	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		75	100	5	-	-	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 M

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	10	827	14.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 43.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 40 cm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 4.879 t Calculado: 3.025 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 3.416 t Calculado: 1.036 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 4.879 t Calculado: 4.506 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 5.023 t Calculado: 2.721 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2070.73 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 11.213 t Calculado: 0.934 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup>	
- Derecha:	Calculado: 2153.45 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 695.383 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2651.46 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Abajo:	Calculado: 777.465 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1229.39	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2538.39	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4741.93	Cumple
- Abajo:	Calculado: 14460.8	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	75	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	--	85	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	75	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	--	85	5.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	5	44	14.0	90.00
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	202.3	350.4	90.80	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	410
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	5	176
	En el lugar de montaje	En ángulo	10	827

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x350x15	12.36
	Rigidizadores no pasantes	2	75/0x100/30x5	0.38
	Total			12.75
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 14 - L = 449	2.17
	Total			2.17

### 3.2.2. Unión 2.

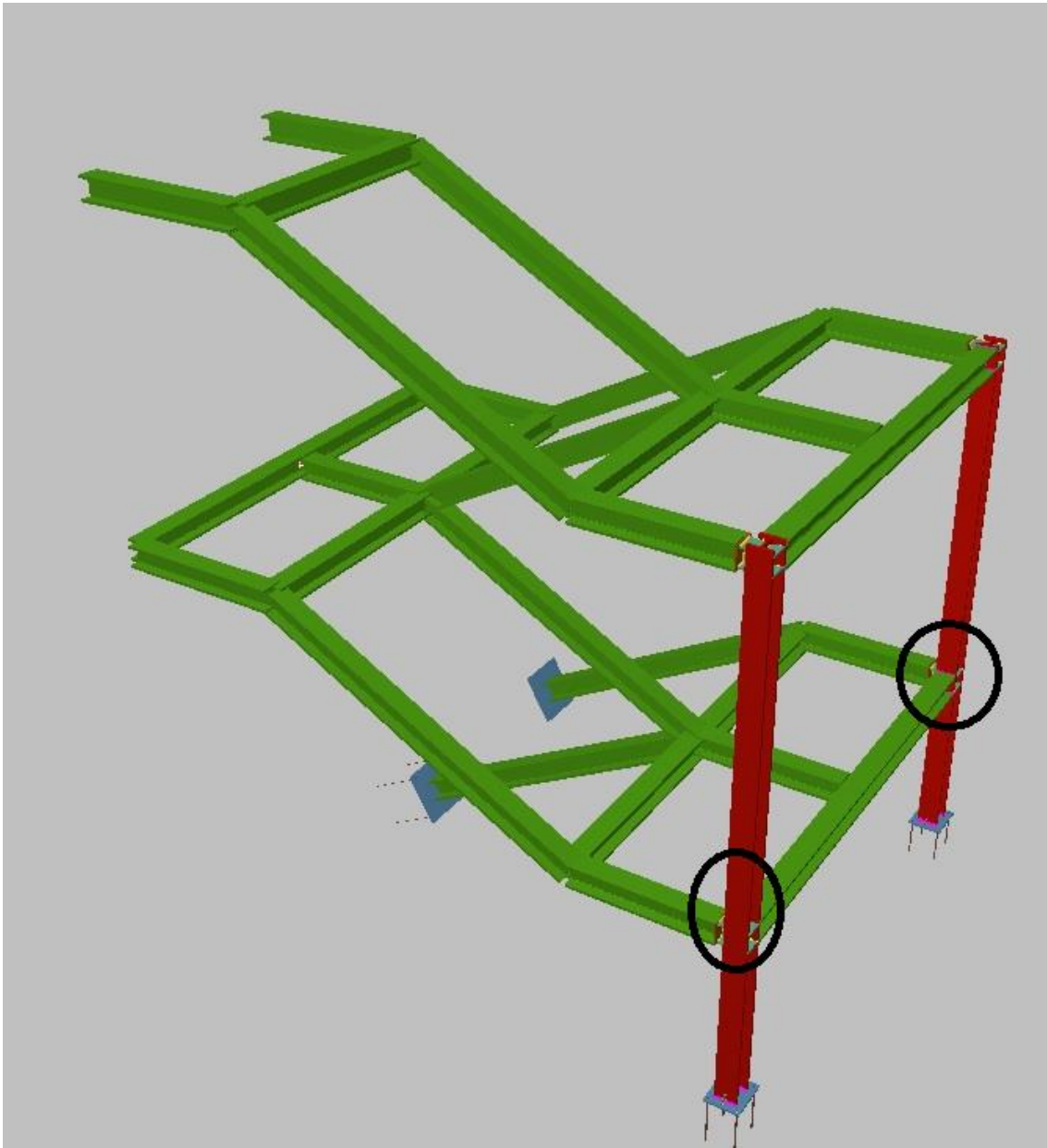


FIGURA 6.1.23: Posición de la unión 2.

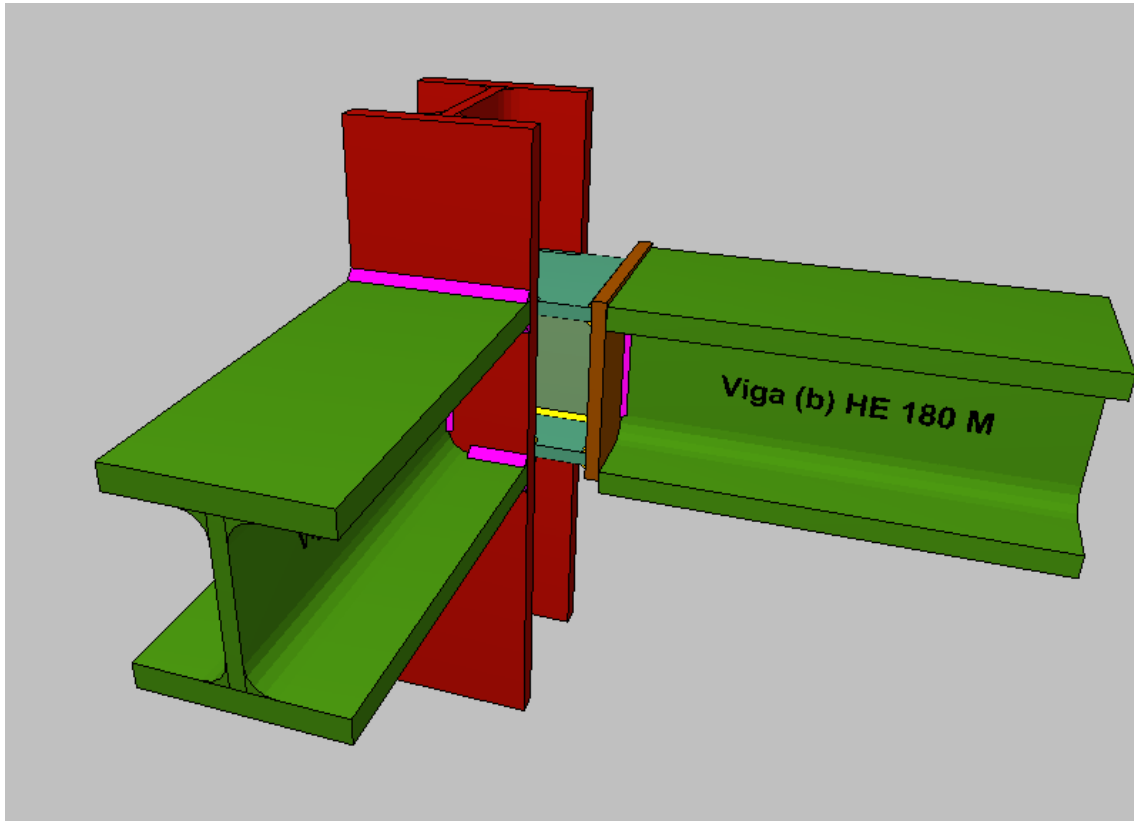
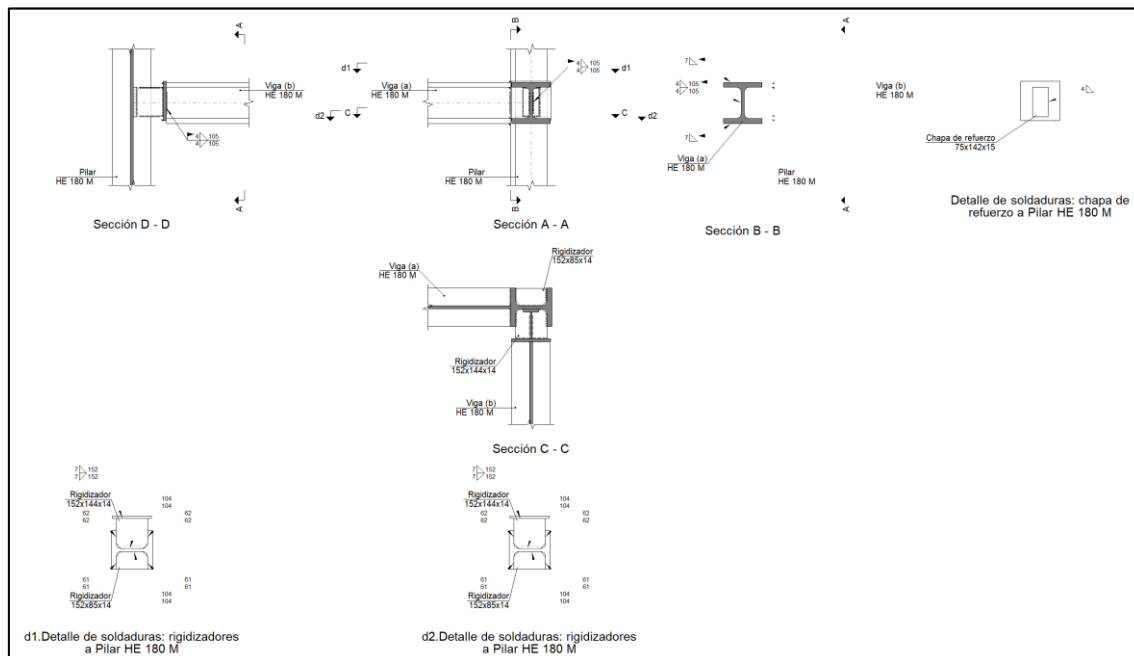
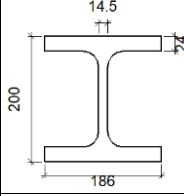
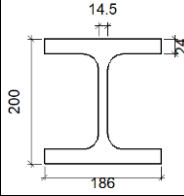


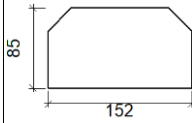
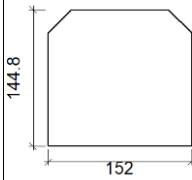
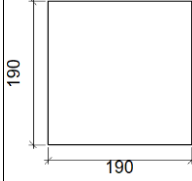
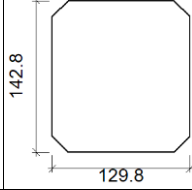
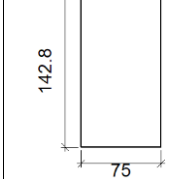
FIGURA 6.1.24: Unión 2.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		152	85	14	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		152	144.8	14	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		190	190	14	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		129.8	142.8	8	S275	2803.3	4179.4
Chapa de refuerzo		75	142.8	15	S275	2803.3	4179.4



c) Comprobación

1) Pilar HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	16.20
	Cortante	kN	301.41	674.24	44.70
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	152.27	261.90	58.14
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	141.07	261.90	53.86
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	145.84	261.90	55.69
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	152.80	261.90	58.34
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	38.21	138.81	27.53
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	76.82	261.90	29.33
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	55.46	261.90	21.17

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	A tope en bisel doble	--	14	61	14.0	--
Soldadura del rigidizador superior al alma	A tope en bisel doble	--	14	104	14.0	--
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	--	61	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	--	104	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	A tope en bisel doble	--	14	62	14.0	--
Soldadura del rigidizador superior al alma	A tope en bisel doble	--	14	104	14.0	--
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	7	--	190	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	--	62	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	--	104	14.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	7	--	190	14.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	--	113	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	--	113	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	--	100	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	--	100	8.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura de la chapa de refuerzo al alma	En ángulo	4	--	436	14.5	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	98.5	98.5	0.6	197.0	51.04	98.5	30.02	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	142.5	246.9	63.98	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	1.6	1.6	2.6	5.5	1.43	1.8	0.54	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	101.0	101.0	23.4	206.1	53.40	101.0	30.80	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	154.4	267.4	69.30	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	1.6	1.6	2.6	5.5	1.43	1.8	0.54	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	38.1	66.0	17.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	38.1	66.0	17.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	41.6	72.1	18.68	0.0	0.00	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	41.6	72.1	18.68	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa de refuerzo al alma	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Viga (a) HE 180 M

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	4	105	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	186	24.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	118.4	118.4	1.6	236.8	61.36	118.4	36.09	410.0	0.85
Soldadura del alma	59.4	59.4	67.8	167.1	43.31	59.4	18.12	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	115.3	115.3	1.5	230.7	59.77	115.3	35.16	410.0	0.85

3) Viga (b) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	41.56	261.90	15.87

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	4	105	14.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.1	17.4	40.9	77.1	19.97	17.4	5.30	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1702
			7	1251
		A tope en bisel doble	14	454
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	420
			7	619

Chapas					
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)	
S275	Rigidizadores	2	152x85x14	2.84	
		2	152x144x14	4.84	
	Chapas	1	129x142x8	1.16	
		1	190x190x14	3.97	
		1	75x142x15	1.26	
	Total				14.07

### 3.2.3. Unión 3. Realizada con CYPE Connect.

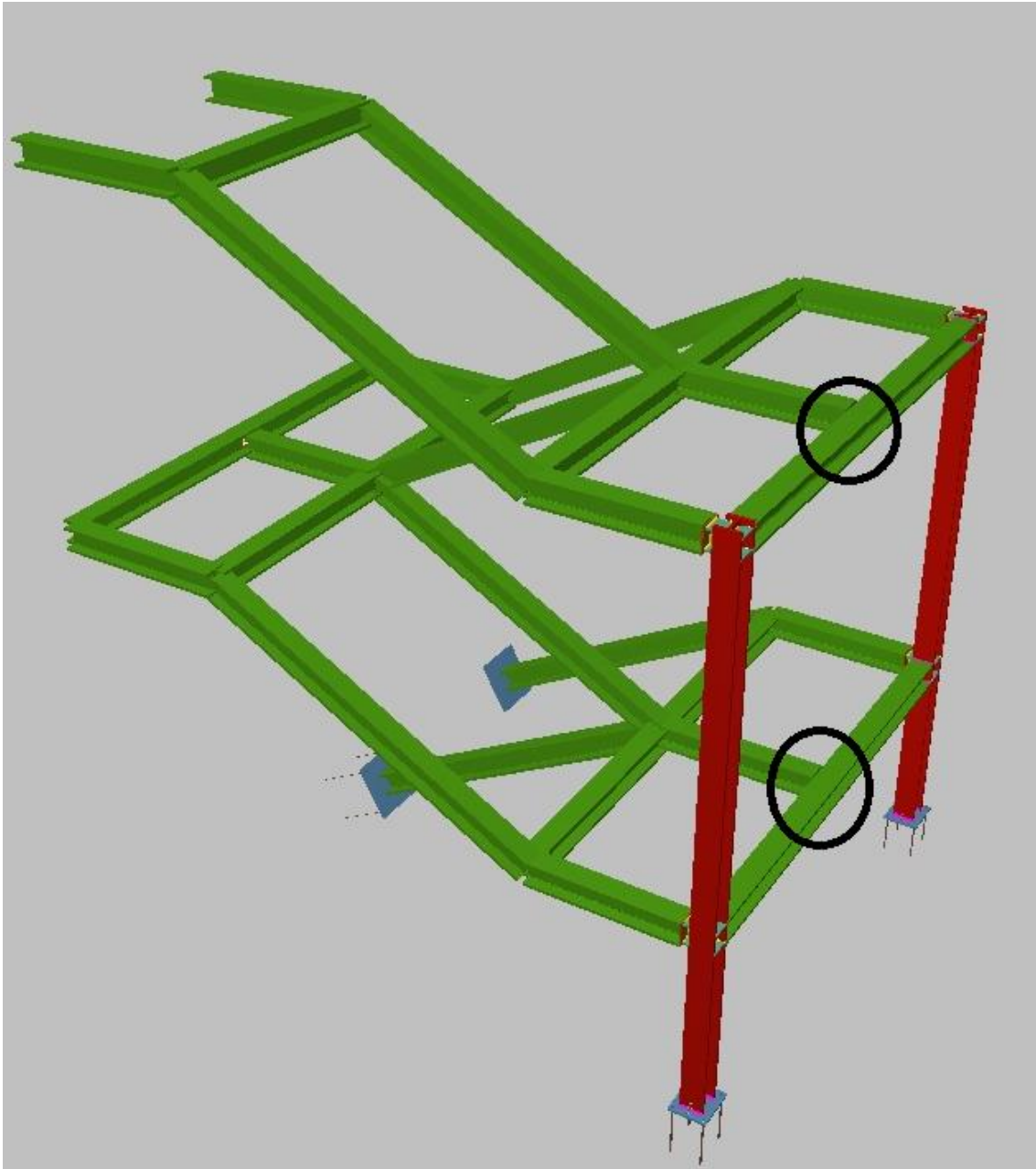


FIGURA 6.1.25: Posición de la unión 3.

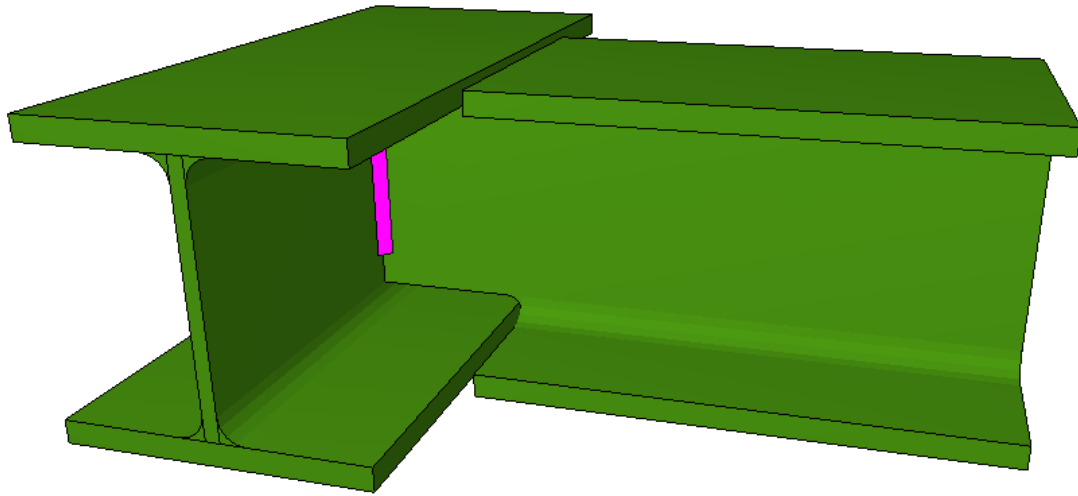
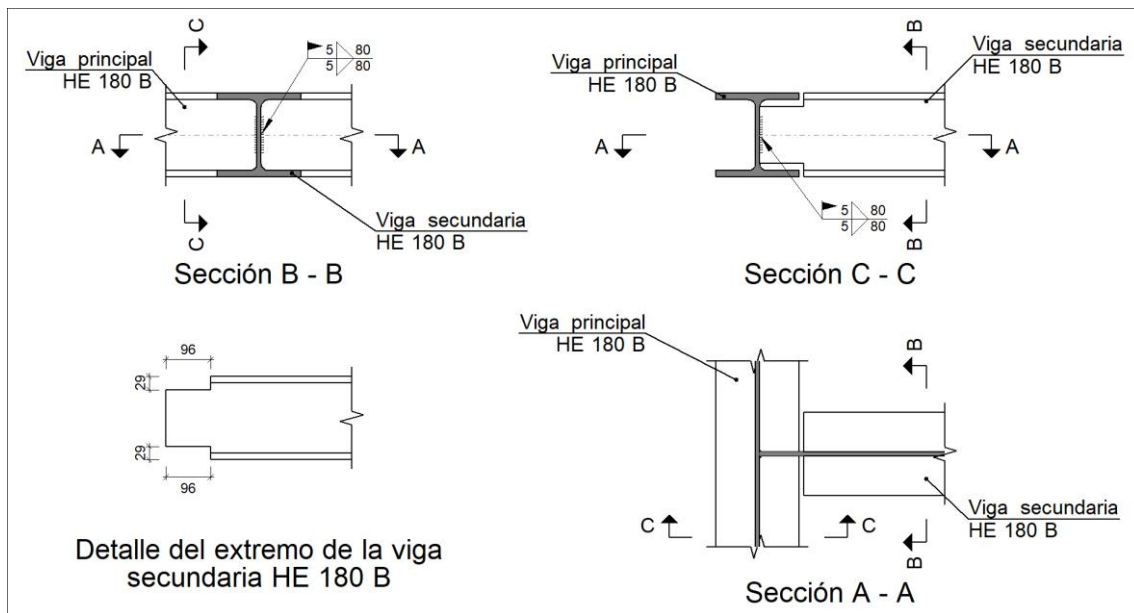
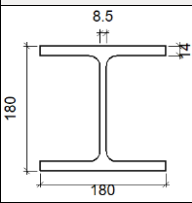


FIGURA 6.1.26: Unión 3.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	3.10	118.96	2.61
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	3.10	139.22	2.23

2) Viga secundaria HE 180 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	97.20	156.89	61.96
	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	52.89	261.90	20.19

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo		5	80	8.5	90.00

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.8	3.7	25.8	45.2	11.72	3.7	1.12	410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	5	160



### 3.2.4. Unión 4. Realizada con CYPE Connect.

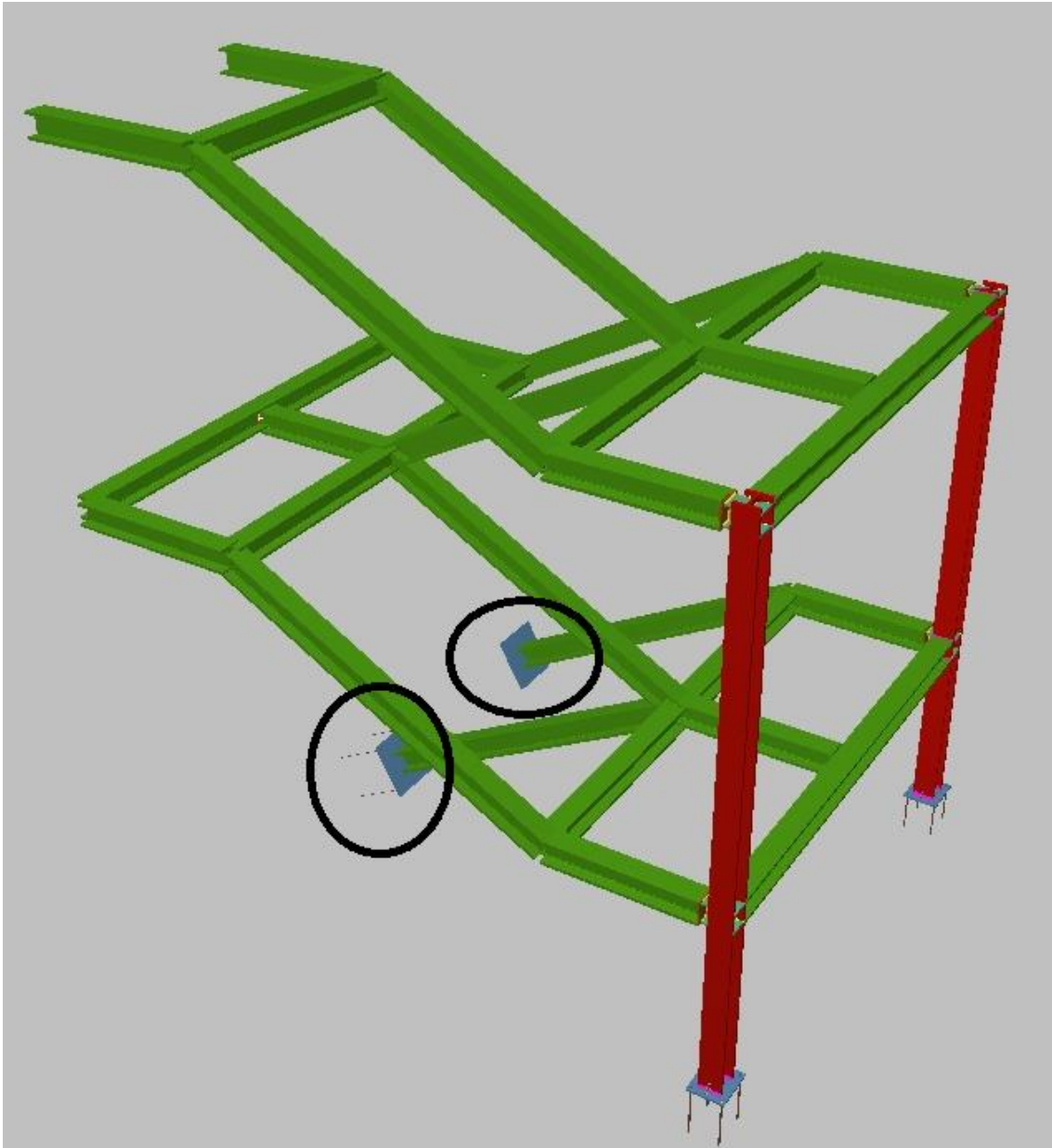


FIGURA 6.1.27: Posición de la unión 4.

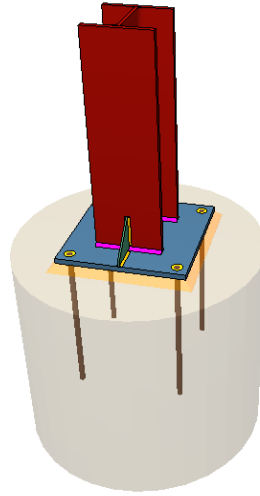
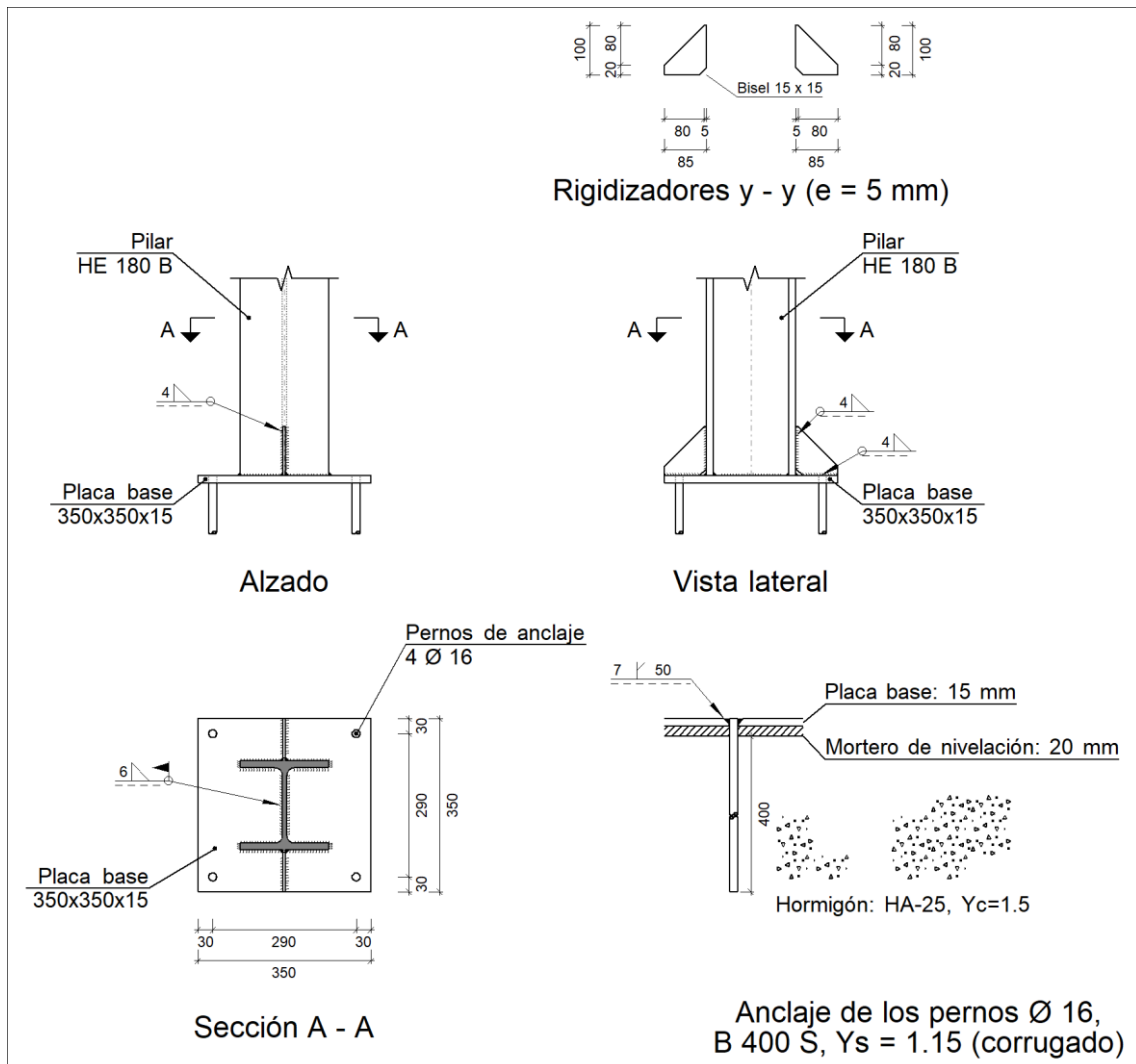
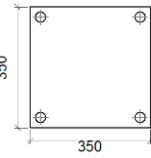
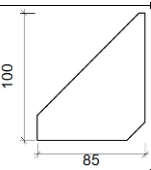


FIGURA 6.1.28: Unión 4.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		350	350	15	4	30	18	7	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		85	100	5	-	-	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	887	8.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 291 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.5	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 5.576 t Calculado: 4.715 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 3.904 t Calculado: 0.42 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 5.576 t Calculado: 5.314 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 t Calculado: 4.715 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2379.84 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 12.815 t Calculado: 0.42 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup>	
- Derecha:	Calculado: 1673.96 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1367.74 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1903.53 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2571.19 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1375.25	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2050.83	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5099.42	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3938.03	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	85	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	--	85	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	85	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	--	85	5.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	7	50	15.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>	
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )			Aprov. (%)
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	184.0	318.8	82.60	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	450
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	201
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	887

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x15	14.42
	Rigidizadores no pasantes	2	85/5x100/20x5	0.42
	Total			14.84
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 451	2.85
	Total			2.85

### 3.2.5. Unión 6.

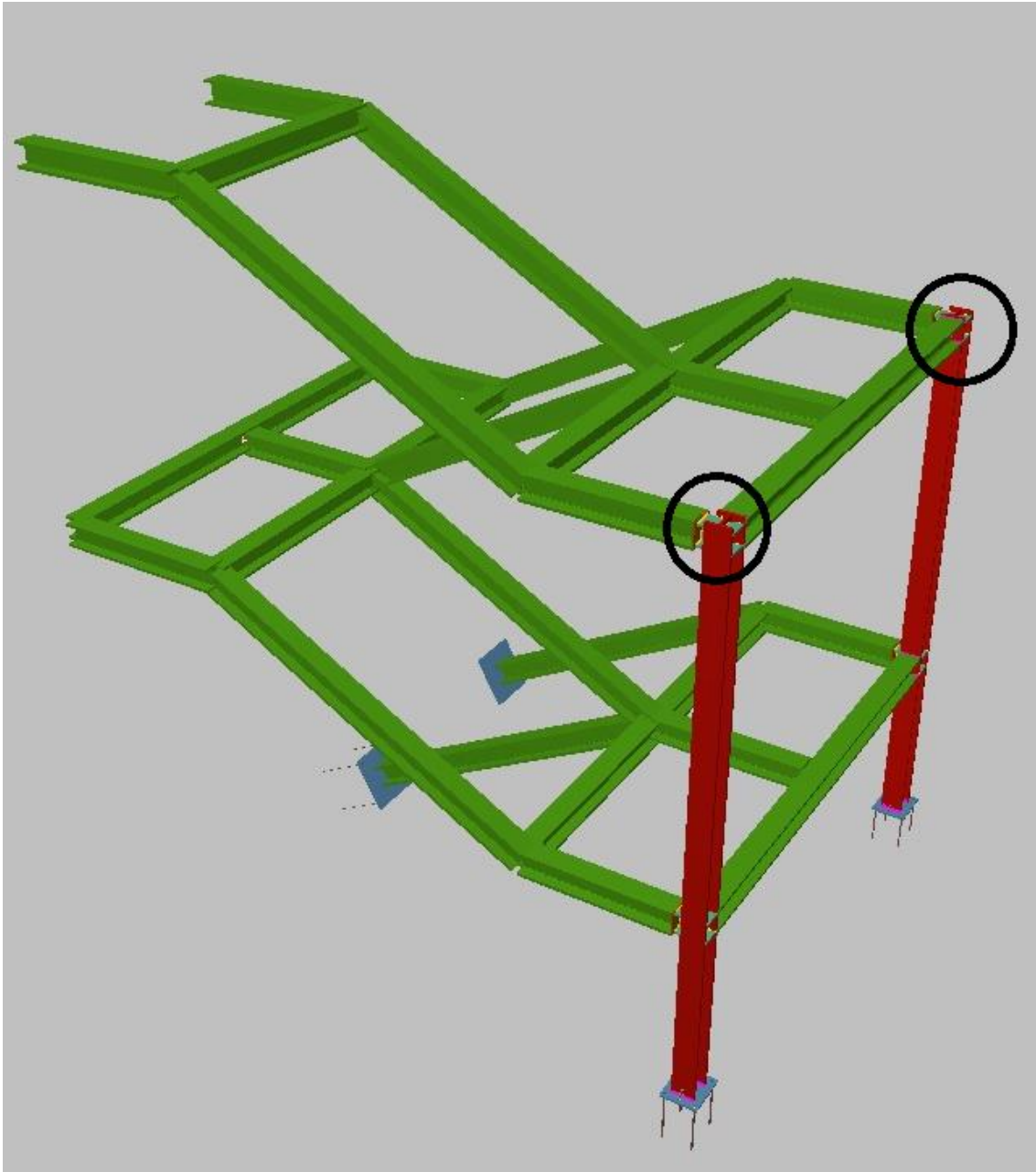


FIGURA 6.1.29: Posición de la unión 6.

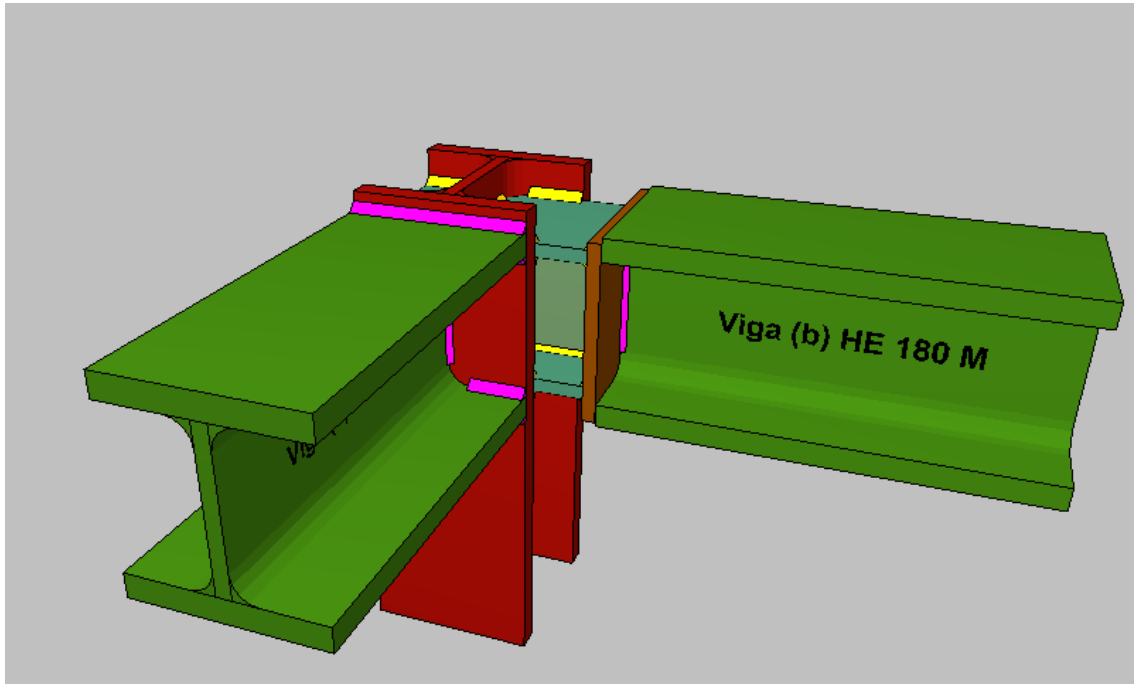
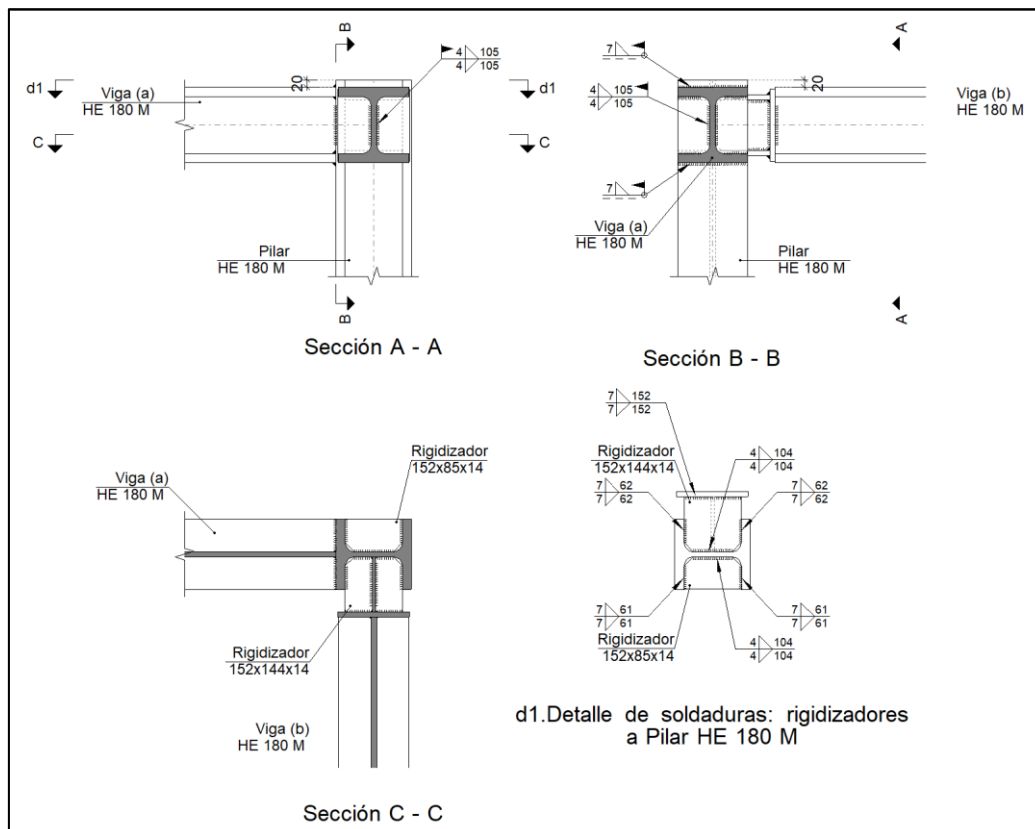
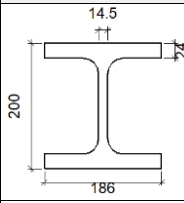
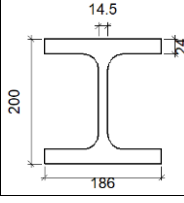


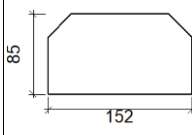
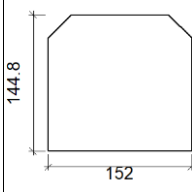
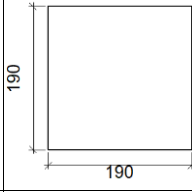
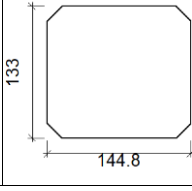
FIGURA 6.1.30: Unión 6.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		152	85	14	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		152	144.8	14	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		190	190	14	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		144.8	133	8	S275	2803.3	4179.4



c) Comprobación

1) Pilar HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	16.20
	Cortante	kN	232.68	317.70	73.24
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	126.51	261.90	48.31
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	125.88	261.90	48.06
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	126.07	261.90	48.14
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	143.79	261.90	54.90
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	41.31	138.81	29.76
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	72.16	261.90	27.55
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	71.77	261.90	27.40

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	61	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	104	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	61	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	104	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	62	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	104	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	7	190	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	62	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	104	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	7	190	14.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	103	8.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	103	8.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	115	8.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	115	8.0	90.00	

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	87.6	87.6	1.3	175.1	45.39	87.6	26.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	127.8	221.4	57.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	88.2	88.2	3.0	176.5	45.73	88.2	26.89	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	127.2	220.3	57.09	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	82.4	82.4	27.7	171.7	44.50	82.4	25.13	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	110.0	190.5	49.35	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	2.0	2.0	4.2	8.2	2.13	2.0	0.61	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	91.2	91.2	18.4	185.1	47.97	91.2	27.80	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	145.3	251.6	65.21	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	2.0	2.0	4.2	8.2	2.13	2.0	0.61	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	42.0	72.8	18.85	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	42.0	72.8	18.85	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	45.0	77.9	20.20	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	45.0	77.9	20.20	0.0	0.00	410.0	0.85

### 2) Viga (a) HE 180 M

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	4	105	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	186	24.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	99.1	99.1	2.3	198.2	51.36	99.1	30.20	410.0	0.85
Soldadura del alma	51.9	51.9	74.4	165.5	42.88	51.9	15.84	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	103.3	103.3	1.6	206.6	53.54	103.3	31.49	410.0	0.85

### 3) Viga (b) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)

Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	44.43	261.90	16.97
------	----------------------	-------------------	-------	--------	-------

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo			a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)		
Soldadura del alma	En ángulo			4	105	14.0	90.00		
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	7.4	21.9	41.2	81.1	21.02	24.9	7.59	410.0	0.85

#### d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1703
			7	1742
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	420
			7	619

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	152x85x14	2.84
		2	152x144x14	4.84
	Chapas	1	144x133x8	1.21
		1	190x190x14	3.97
	Total			

### 3.3. Uniones en las rampas.

Tal y como se indica en la ilustración siguiente, para el tablero se han resuelto 15 uniones diferentes. A continuación se describe cada una de ellas y como se ha realizado.

Las uniones 7,10, 12 y 13 se detallan en el siguiente apartado.

#### 3.3.1. Unión 1.

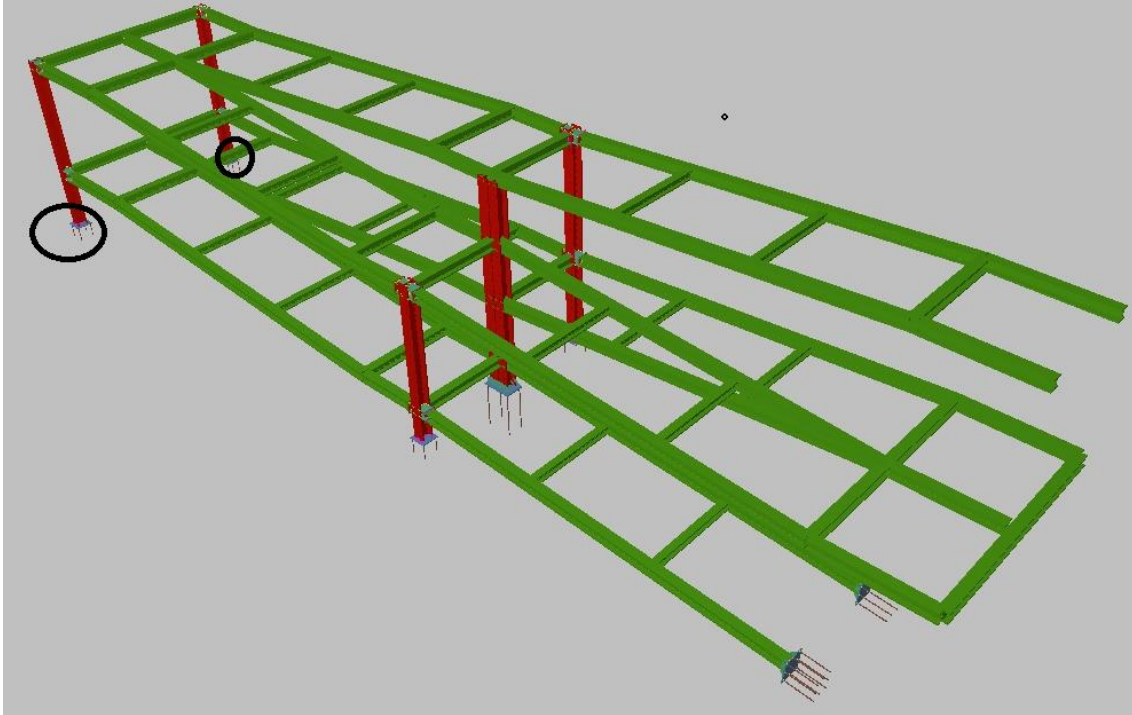


FIGURA6.1.31: Posición de la unión 1.

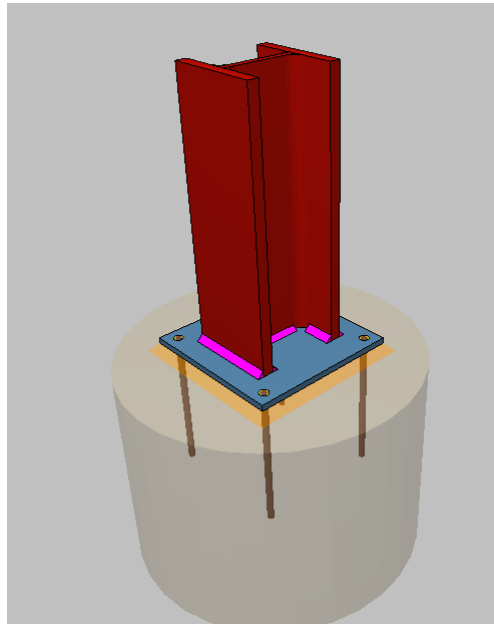
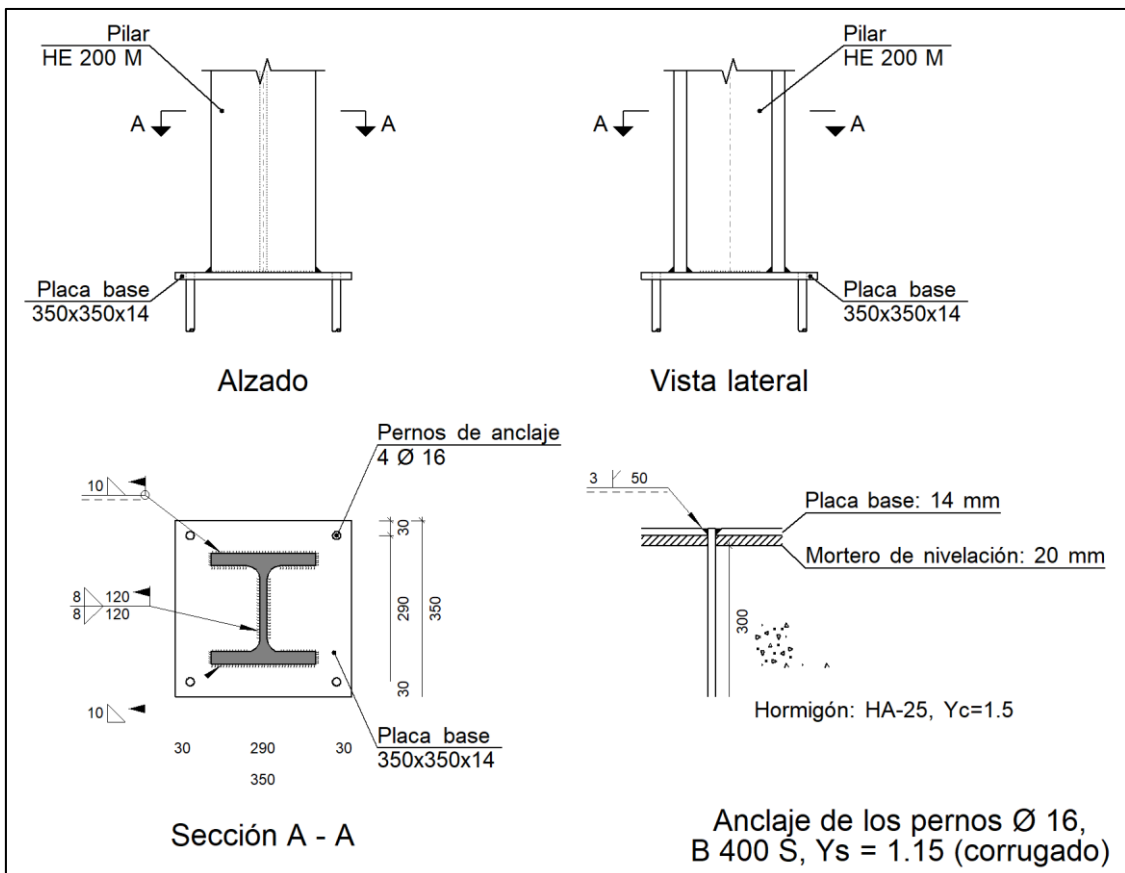
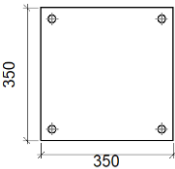


FIGURA 1: Unión 1.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		350	350	14	4	22	18	3	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 M

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	10	206	14.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	8	120	14.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	10	206	14.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	35.7	35.7	0.8	71.5	18.52	35.7	10.89	410.0	0.85
Soldadura del alma	22.8	22.8	10.4	49.1	12.72	22.8	6.96	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	57.5	57.5	1.6	115.1	29.82	57.5	17.54	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 291 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Tracción:	Máximo: 4.182 t Calculado: 0.554 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 2.928 t Calculado: 0.643 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 4.182 t Calculado: 1.473 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 t Calculado: 0.545 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 600.869 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 11.961 t Calculado: 0.585 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup>	
- Derecha:	Calculado: 2449.46 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1132.19 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2149.21 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Abajo:	Calculado: 353.297 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 515.268	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1011.3	Cumple
- Arriba:	Calculado: 711.639	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5205.6	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	3	50	14.0	90.00				
<i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	106.4	184.3	47.75	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	3	201
			8	240
	En el lugar de montaje	En ángulo	10	794

<b>Placas de anclaje</b>				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x14	13.46
				Total
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 350	2.21
				Total



### 3.3.2. Unión 2.

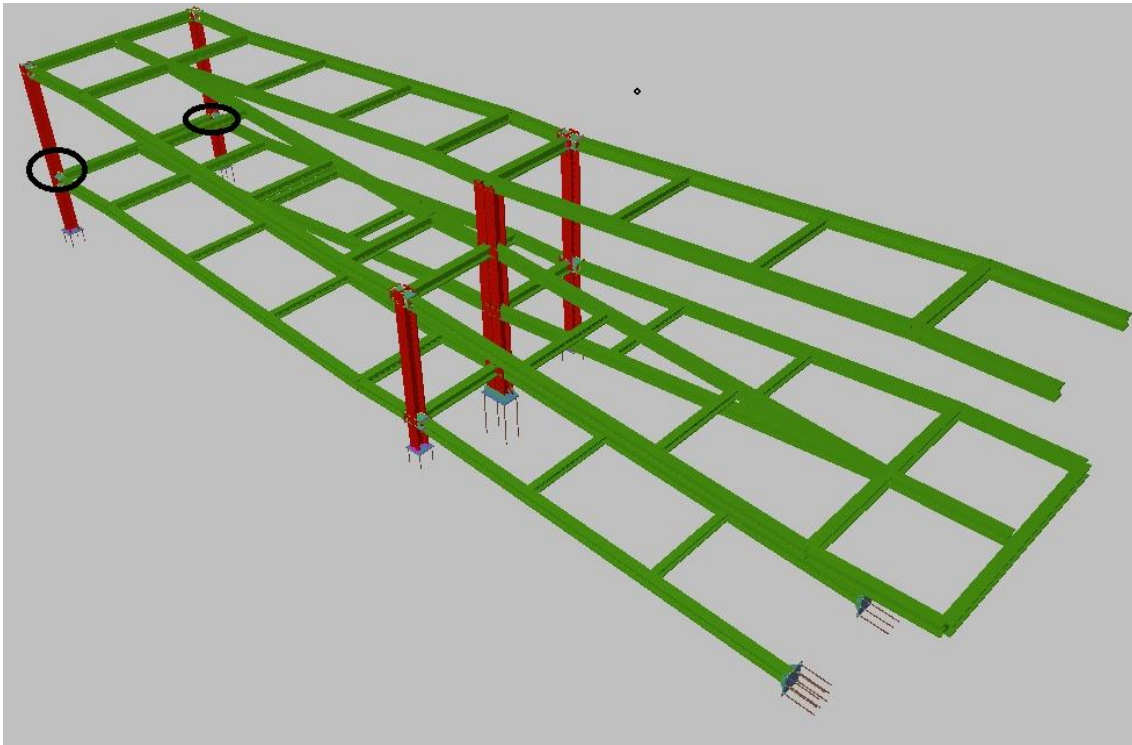


FIGURA 6.1.33: Posición de la unión 2.

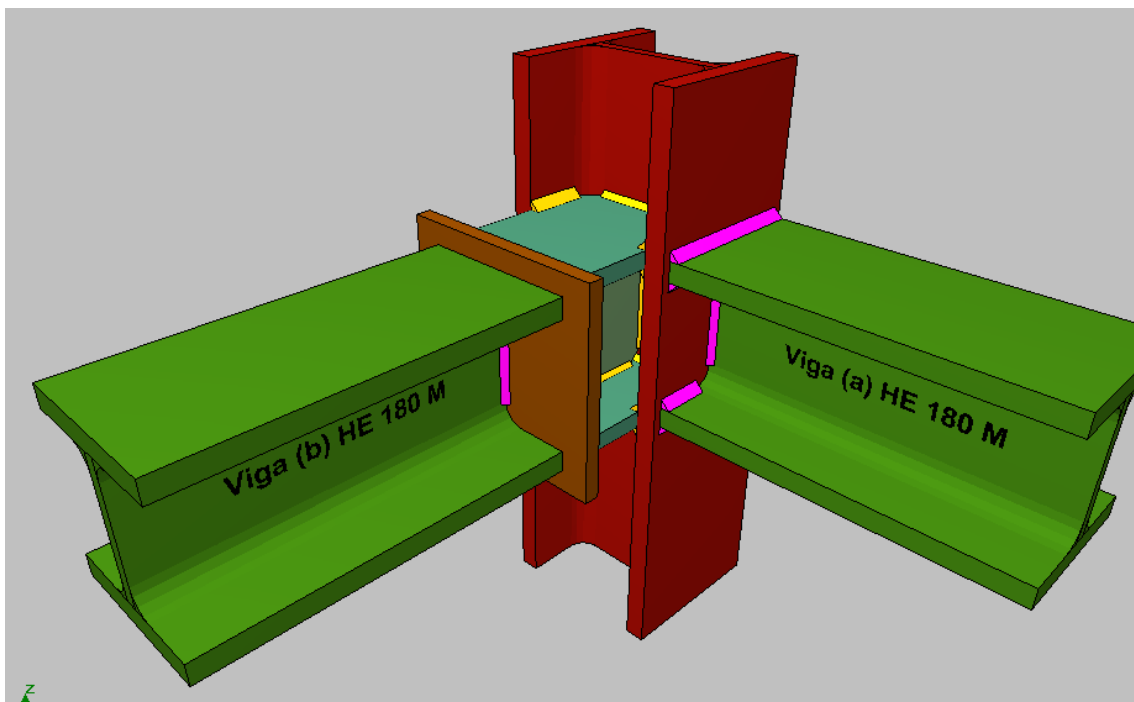
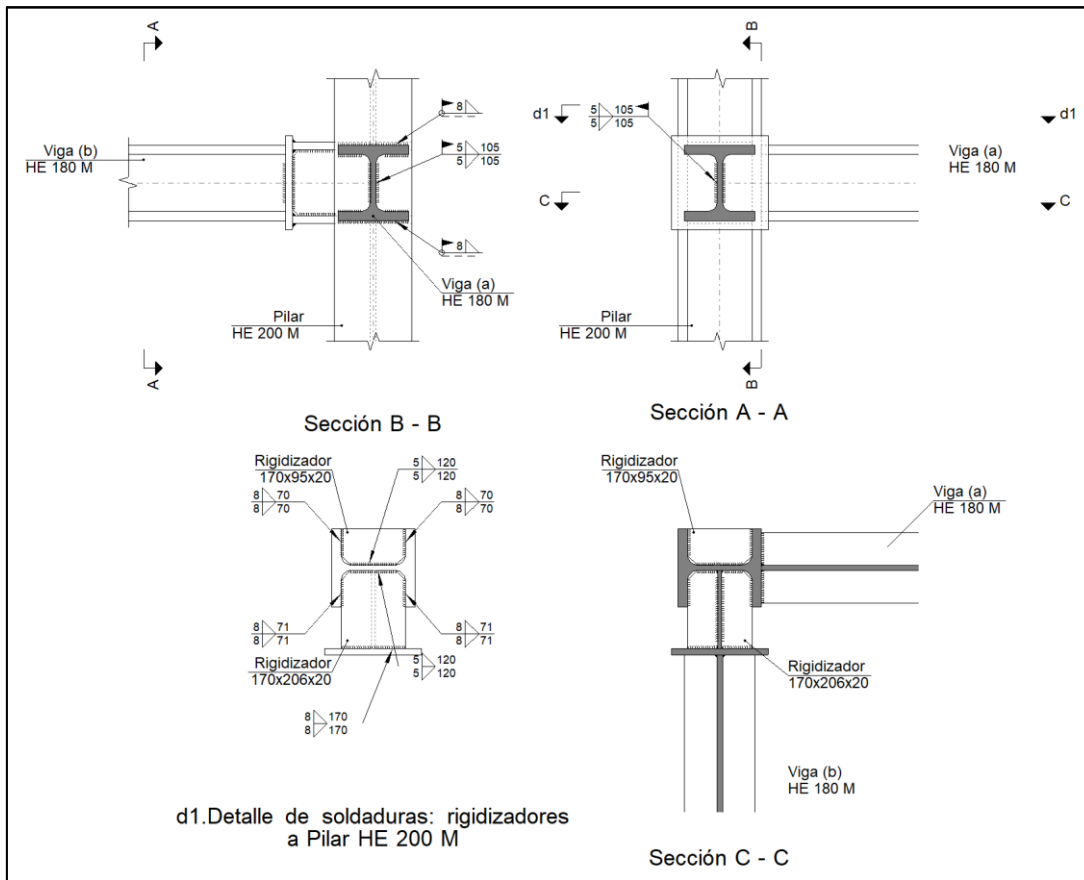
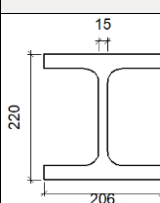
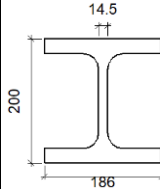


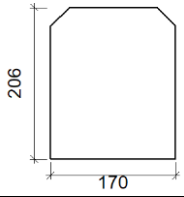
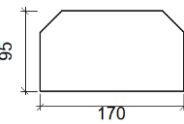
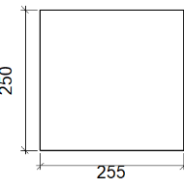
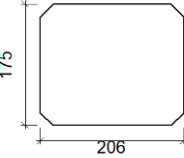
FIGURA 6.1.34: Union 2.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 200 M		220	206	25	15	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		170	206	20	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		170	95	20	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		255	250	18	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		206	175	10	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltéz	--	--	--	17.51
	Cortante	kN	254.38	438.89	57.96
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	75.54	261.90	28.84
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	71.16	261.90	27.17
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	67.91	261.90	25.93
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	63.74	261.90	24.34
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	58.28	257.06	22.67
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	39.59	261.90	15.12
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	35.01	261.90	13.37

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	71	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	120	15.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	255	18.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	71	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	120	15.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	255	18.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	70	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	120	15.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	70	20.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	120	15.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	139	10.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	139	10.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	170	10.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	170	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	57.7	57.7	27.5	124.8	32.33	57.7	17.58	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	75.3	130.5	33.82	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	1.6	1.6	0.6	3.4	0.87	1.6	0.49	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	56.7	56.7	22.0	119.7	31.01	56.7	17.29	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	76.7	132.9	34.45	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	1.6	1.6	0.6	3.4	0.87	1.6	0.49	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	59.3	59.3	0.4	118.7	30.76	59.3	18.09	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	78.4	135.8	35.19	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	55.8	55.8	0.3	111.7	28.95	55.9	17.03	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	73.6	127.5	33.03	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	40.9	70.9	18.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	40.9	70.9	18.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	42.9	74.2	19.23	0.0	0.00	410.0	0.85

<b>Comprobación de resistencia</b>									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	42.9	74.2	19.23	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) HE 180 M

Cordones de soldadura

<b>Comprobaciones geométricas</b>						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	5	105	14.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

<b>Comprobación de resistencia</b>									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	77.0	77.0	0.8	154.1	39.92	77.0	23.48	410.0	0.85
Soldadura del alma	38.6	38.6	46.4	111.4	28.86	38.9	11.87	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	74.7	74.7	0.5	149.5	38.74	74.7	22.79	410.0	0.85

3) Viga (b) HE 180 M

<b>Comprobaciones de resistencia</b>					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	52.33	261.90	19.98

Cordones de soldadura

<b>Comprobaciones geométricas</b>						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	5	105	14.5	90.00	

*a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas*

<b>Comprobación de resistencia</b>									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	5.4	8.7	43.4	76.8	19.90	10.4	3.16	410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1236
			5	960
			8	2144
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	420
			8	619

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	170x206x20	11.00
		2	170x95x20	5.07
	Chapas	1	206x175x10	2.83
		1	255x250x18	9.01
	Total			

### 3.3.3. Unión 3.

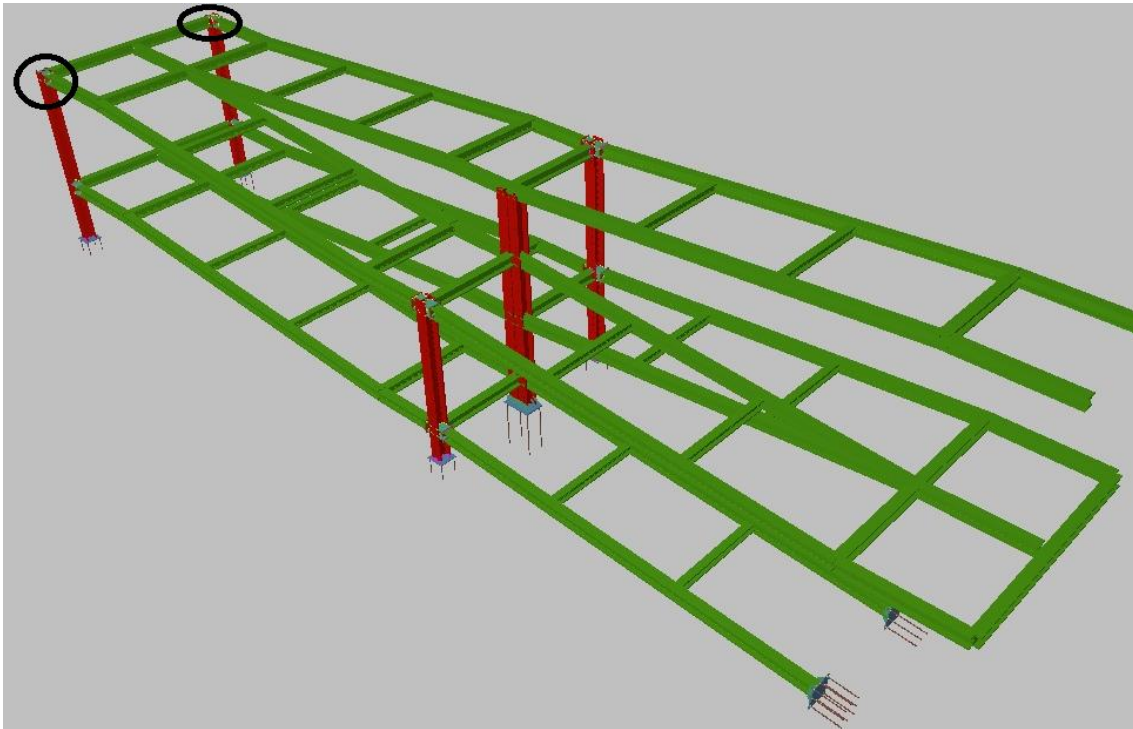


FIGURA 6.1.35: Posición de la unión 3.

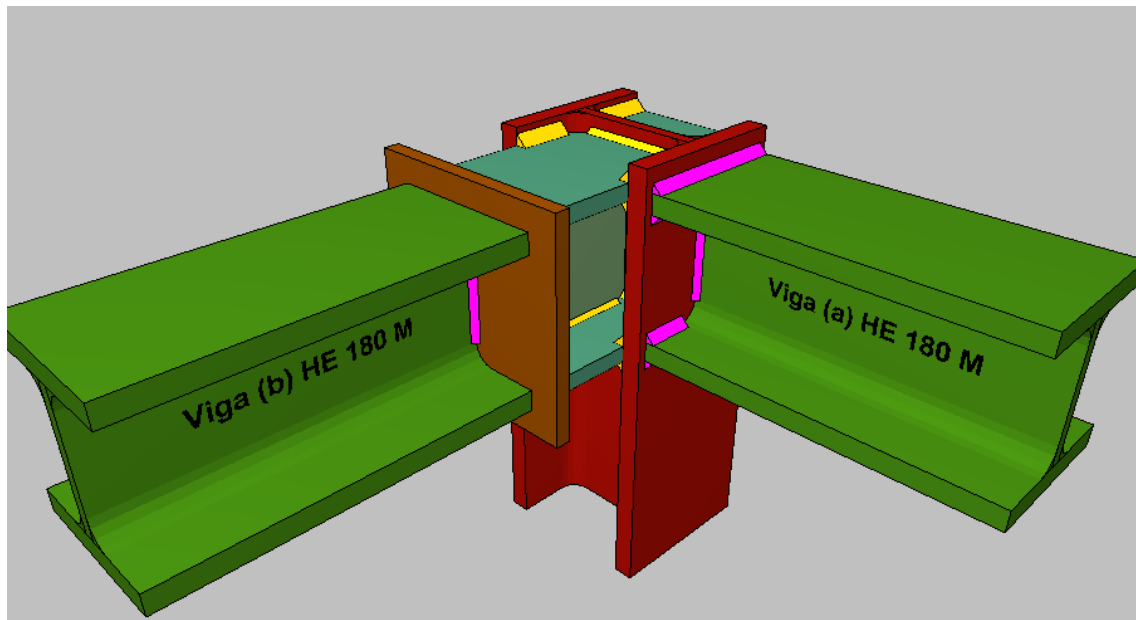
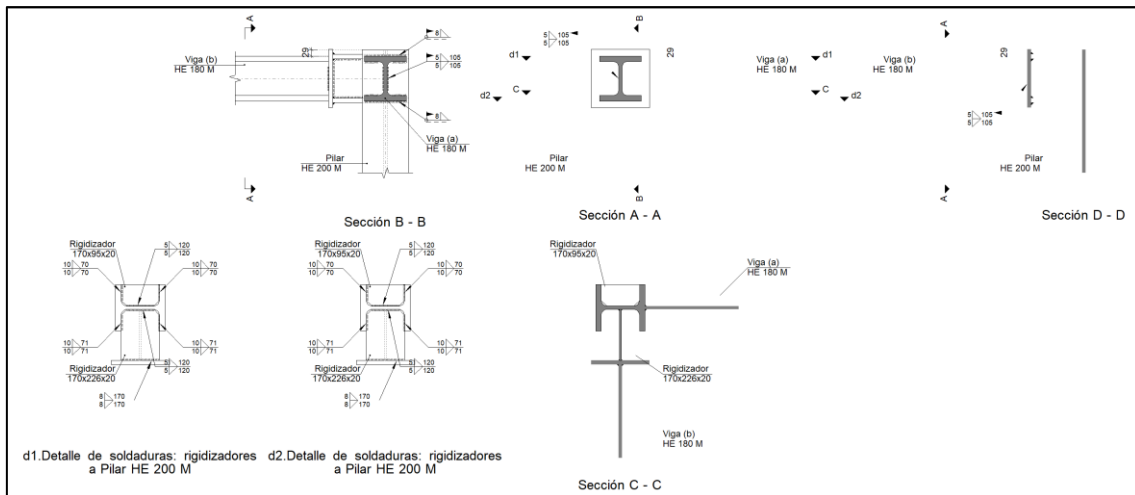
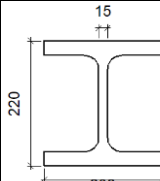
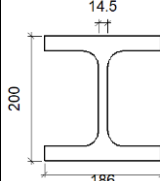


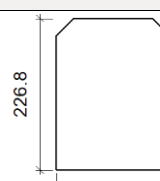
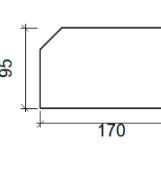
FIGURA 6.1.36: Unión 3.

a) Detalle

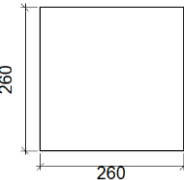
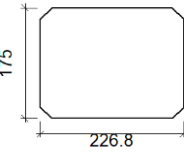


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 200 M		220	206	25	15	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Esquema	Geometría			Tipo	Acero	
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		170	226.8	20	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		170	95	20	S275	2803.3	4179.4



Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		260	260	18	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		226.8	175	10	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltz	--	--	--	17.51
	Cortante	kN	217.74	438.89	49.61
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	69.28	261.90	26.45
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	73.32	261.90	27.99
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	59.38	261.90	22.67
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	60.55	261.90	23.12
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	65.76	288.43	22.80
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	47.53	261.90	18.15
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	47.38	261.90	18.09

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	71	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	120	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	260	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	10	71	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	120	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	260	18.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	70	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	120	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	9	70	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	120	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	139	10.0	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	139	10.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	191	10.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	191	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	38.5	38.5	24.7	88.1	22.84	38.7	11.81	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	61.3	106.2	27.52	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	1.1	1.1	1.1	2.9	0.76	1.1	0.33	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	44.5	44.5	21.7	96.6	25.04	44.6	13.60	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	77.2	133.7	34.64	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	1.1	1.1	1.1	2.9	0.76	1.1	0.33	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	41.4	41.4	0.1	82.8	21.46	41.4	12.62	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	68.6	118.8	30.77	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	47.3	47.3	0.3	94.5	24.49	47.3	14.41	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	69.9	121.1	31.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	42.3	73.2	18.98	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	42.3	73.2	18.98	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	43.1	74.6	19.34	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	43.1	74.6	19.34	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2) Viga (a) HE 180 M

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	186	24.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	5	105	14.5	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	186	24.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	68.4	68.4	1.5	136.8	35.45	68.4	20.85	410.0	0.85
Soldadura del alma	36.6	36.6	50.2	113.6	29.45	36.7	11.18	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	72.9	72.9	1.4	145.8	37.78	72.9	22.22	410.0	0.85

### 3) Viga (b) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	54.23	261.90	20.71

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	5	105	14.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.5	9.8	44.8	79.4	20.58	9.8	2.99	410.0	0.85

### d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1319
			5	960
			8	1040
			9	280
			10	844
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	420
			8	619

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	170x226x20	12.10
		2	170x95x20	5.07
	Chapas	1	226x175x10	3.11
		1	260x260x18	9.55
				Total

### 3.3.4. Unión 4. Realizada con CYPE Connect.

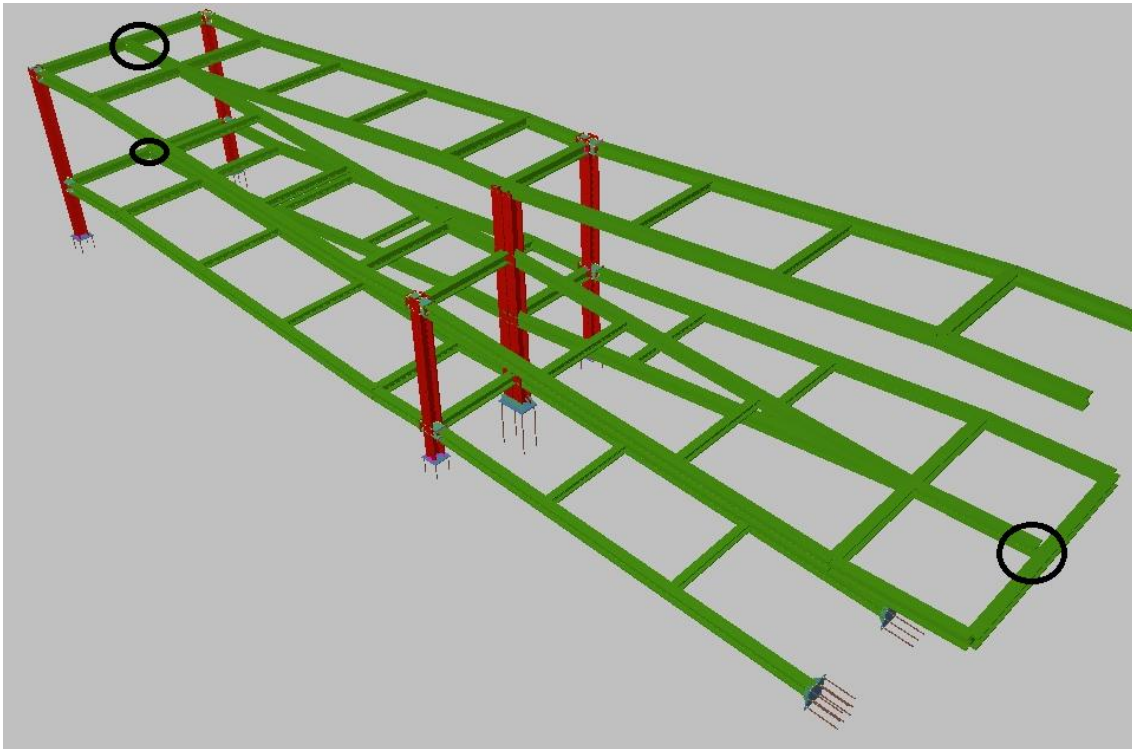


FIGURA 6.1.37: Posición de la unión 4.

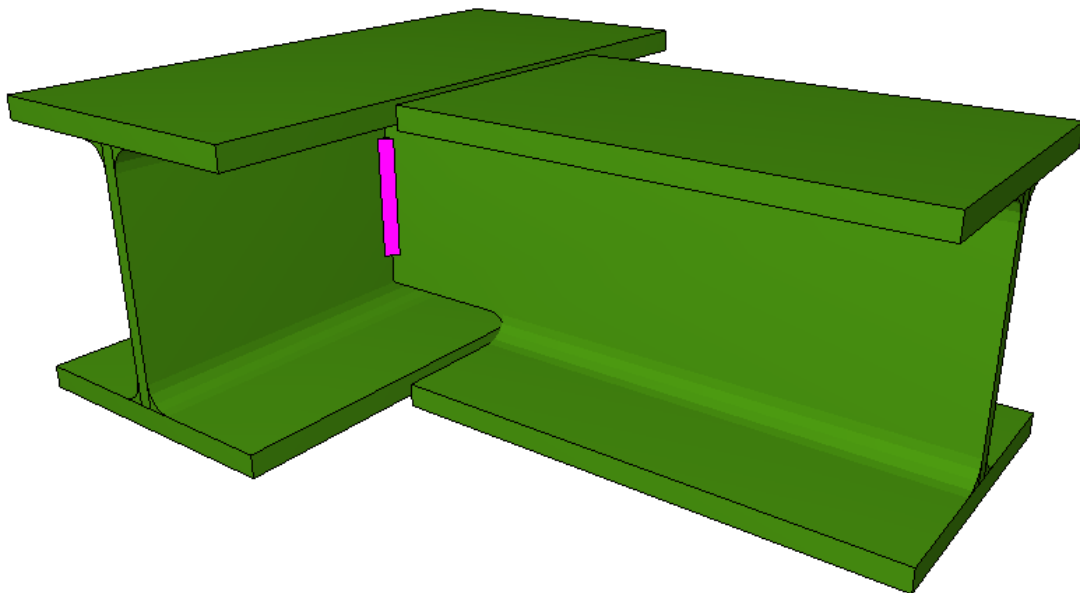
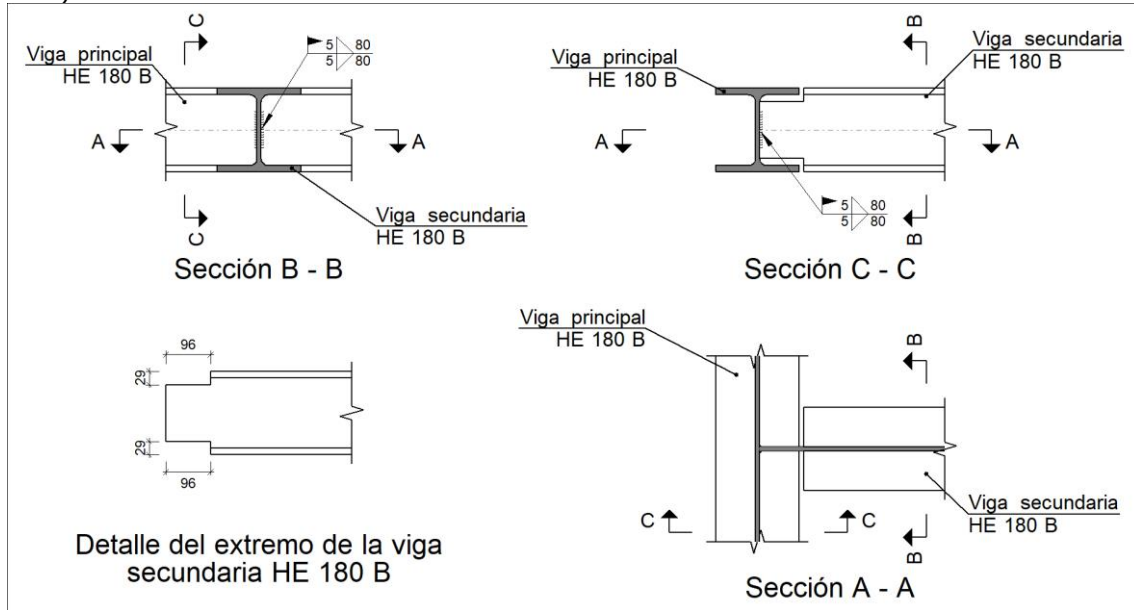
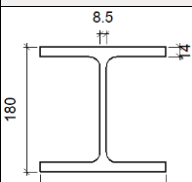


FIGURA 6.1.38: Unión 4.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	1.44	118.96	1.21
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.44	139.22	1.04

2) Viga secundaria HE 180 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	71.59	156.89	45.63
	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	38.41	261.90	14.67

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	5	80	8.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.3	1.3	18.8	32.7	8.47	1.3	0.39	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	5	160

### 3.3.5. Unión 5.

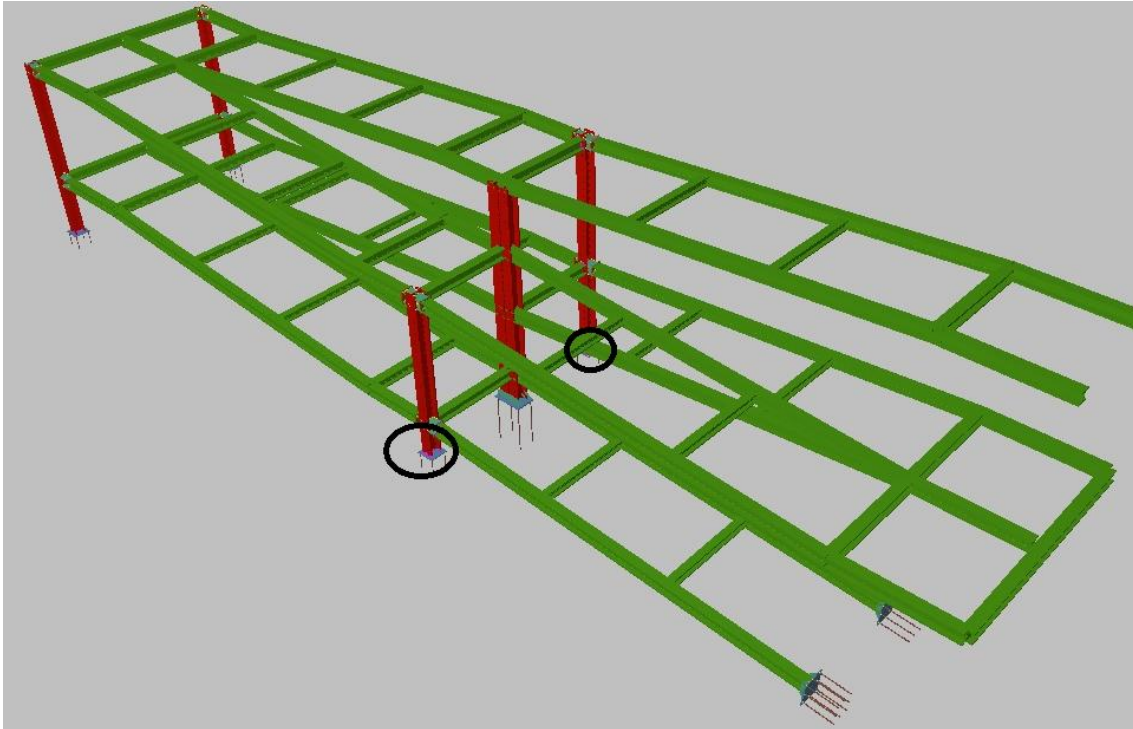


FIGURA 6.1.39: Posición de la unión 5.

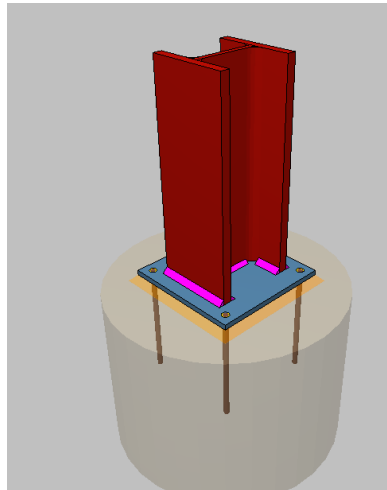
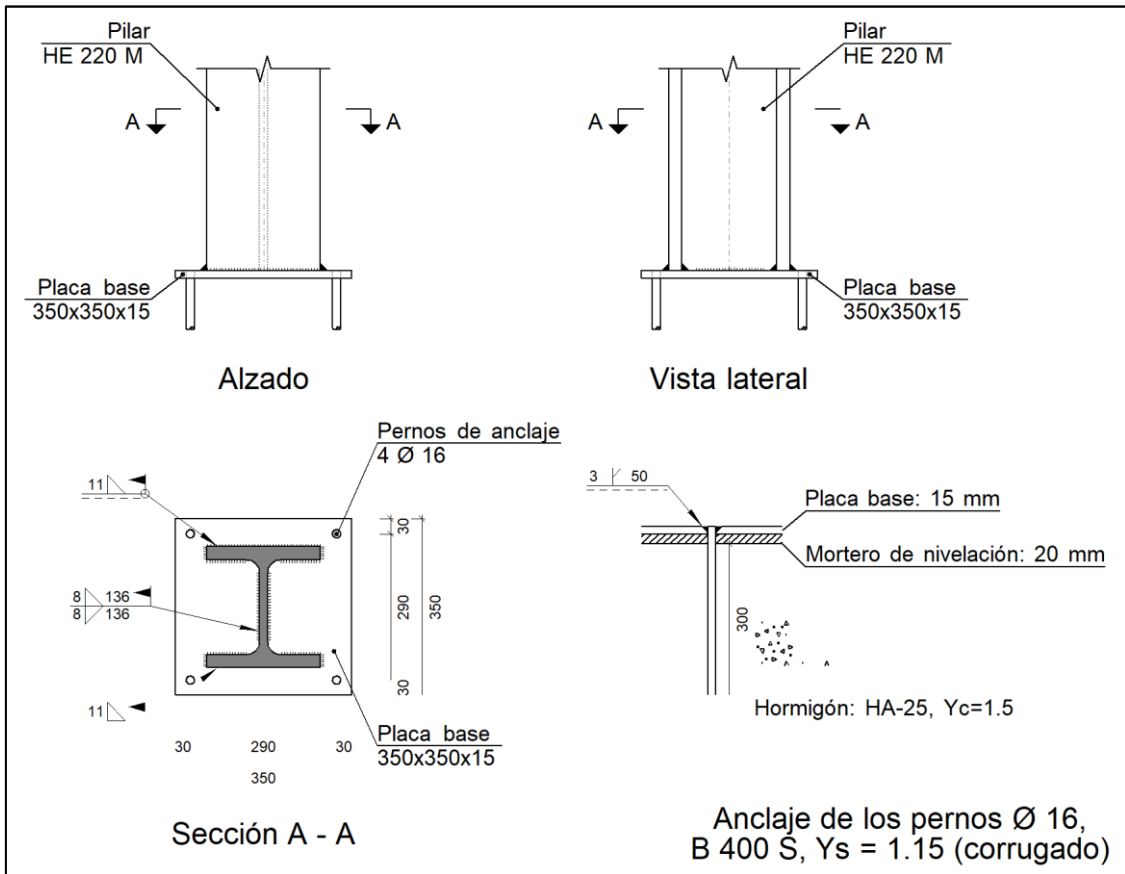


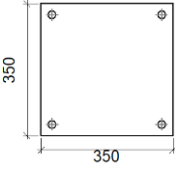
FIGURA 6.1.40: Unión 5.



a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		350	350	15	4	22	18	3	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 M

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	11	226	15.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	8	136	15.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	11	226	15.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	60.5	60.5	3.3	121.1	31.38	60.5	18.44	410.0	0.85
Soldadura del alma	16.2	16.2	2.6	32.8	8.50	16.2	4.95	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	61.0	61.0	3.2	122.1	31.63	61.0	18.59	410.0	0.85

## 2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 291 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 4.182 t Calculado: 0.827 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 2.928 t Calculado: 1.768 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 4.182 t Calculado: 3.352 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 t Calculado: 0.806 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1548.39 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 12.815 t Calculado: 1.617 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup>	
- Derecha:	Calculado: 730.528 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2636.7 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Arriba:	Calculado: 913.44 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Abajo:	Calculado: 748.084 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2259.51	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
- Izquierda:	Calculado: 522.512	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2770.29	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3055.52	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	3	50	15.0	90.00				
<i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	157.3	272.5	70.61	0.0	0.00	410.0	0.85

#### d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	3	201
			8	272
	En el lugar de montaje	En ángulo	11	873

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x15	14.42
				Total
B 400 S, Y <sub>s</sub> = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 351	2.22
				Total

### 3.3.6. Unión 6.

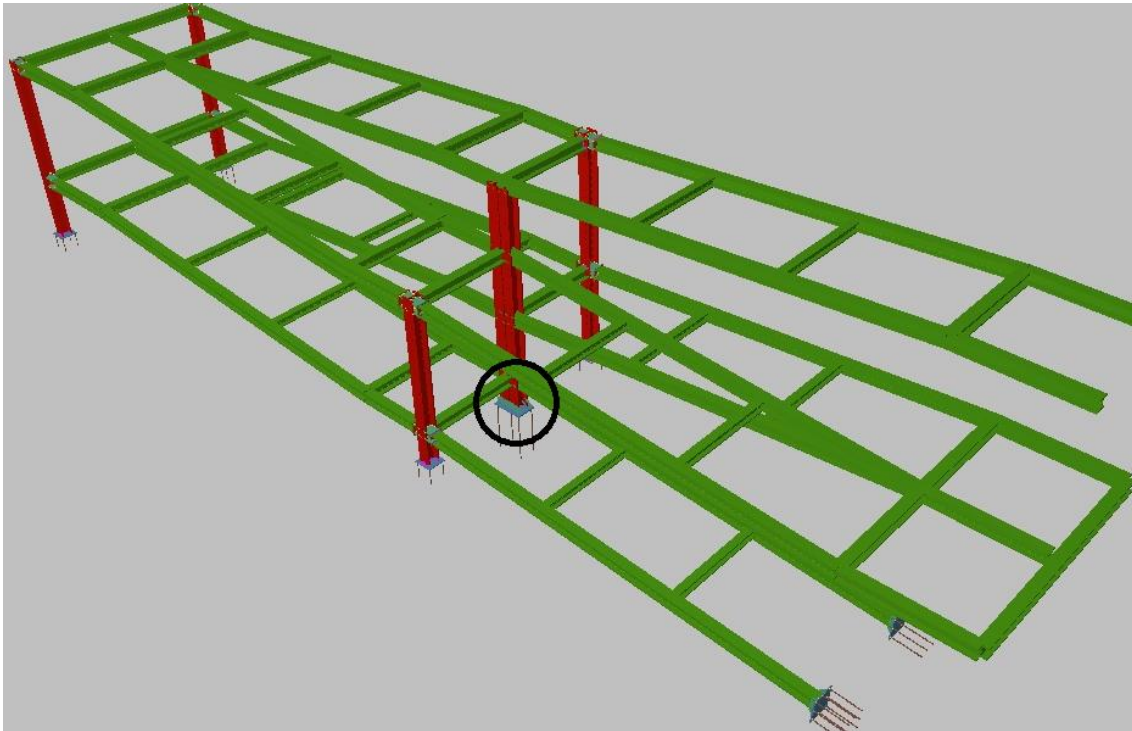


FIGURA 6.1.41: Posición de la unión 6.

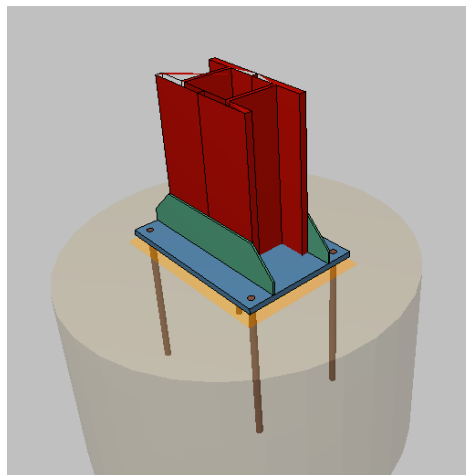
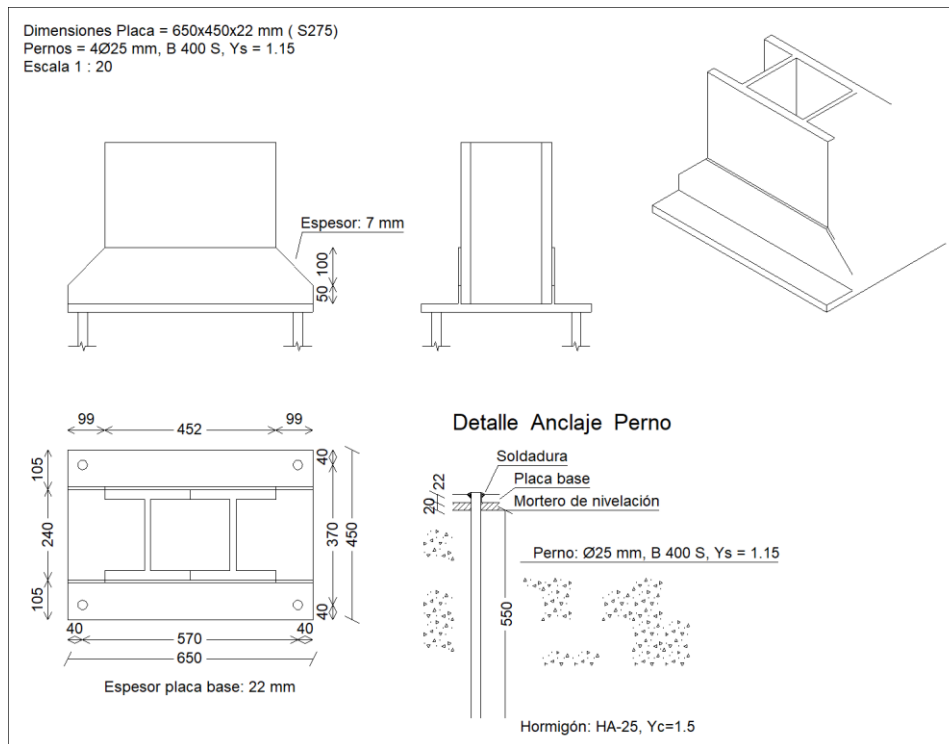
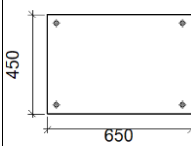
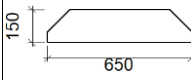


FIGURA 6.1.42: Unión 6.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		650	450	22	4	25	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		650	150	7	-	-	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 75 mm Calculado: 370 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X:	Máximo: 50 Calculado: 44.5	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 29 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 11.981 t Calculado: 10.367 t Máximo: 8.386 t Calculado: 1.106 t Máximo: 11.981 t Calculado: 11.948 t	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 16.016 t Calculado: 9.384 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1947.56 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 29.368 t Calculado: 1.01 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 975.049 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1909.15 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1144.36 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1087.71 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 14761.7 Calculado: 11253 Calculado: 3847.76 Calculado: 4247.34	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

d) Medición

<b>Placas de anclaje</b>				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	650x450x22	50.51
	Rigidizadores pasantes	2	650/452x150/50x7	9.63
	Total			60.14
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 25 - L = 617	9.51
	Total			9.51

### 3.3.7. Unión 8.

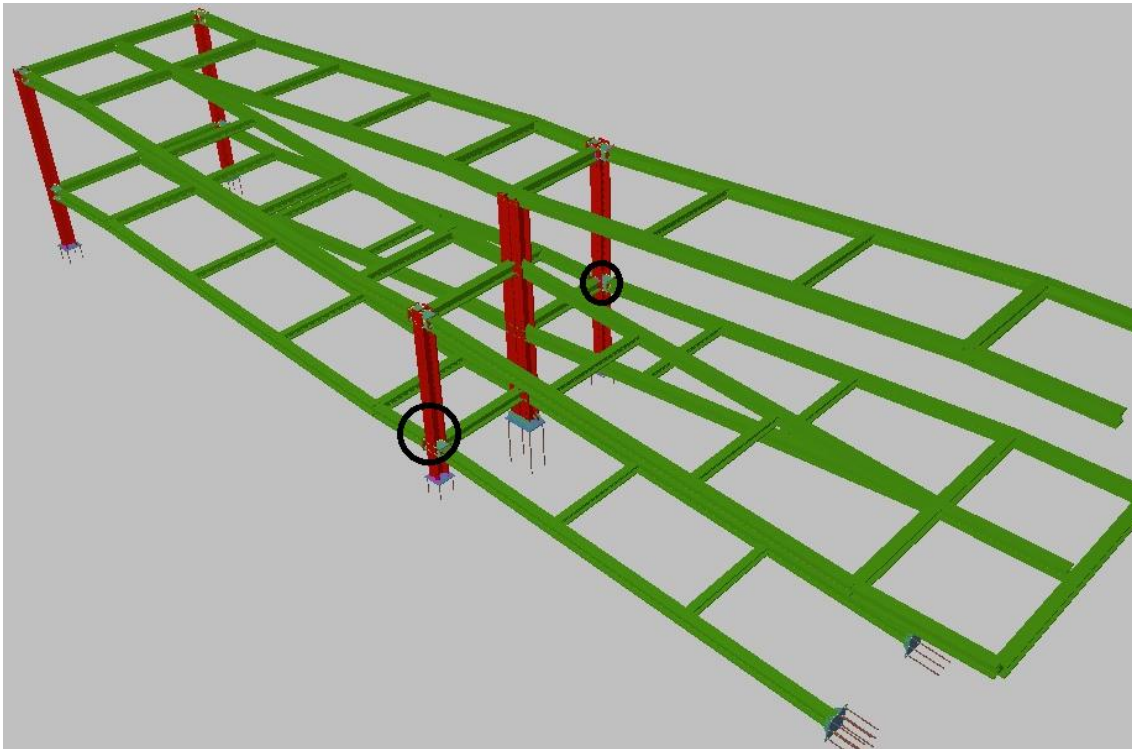


FIGURA 6.1.43: Posición de la unión 8.

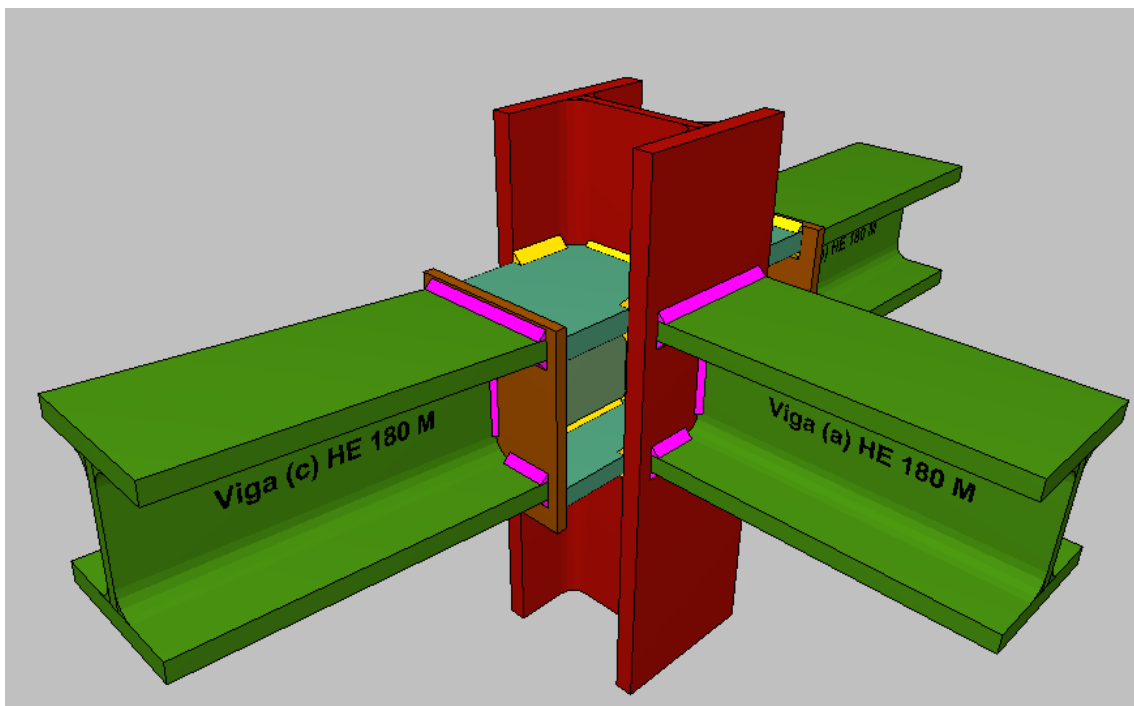
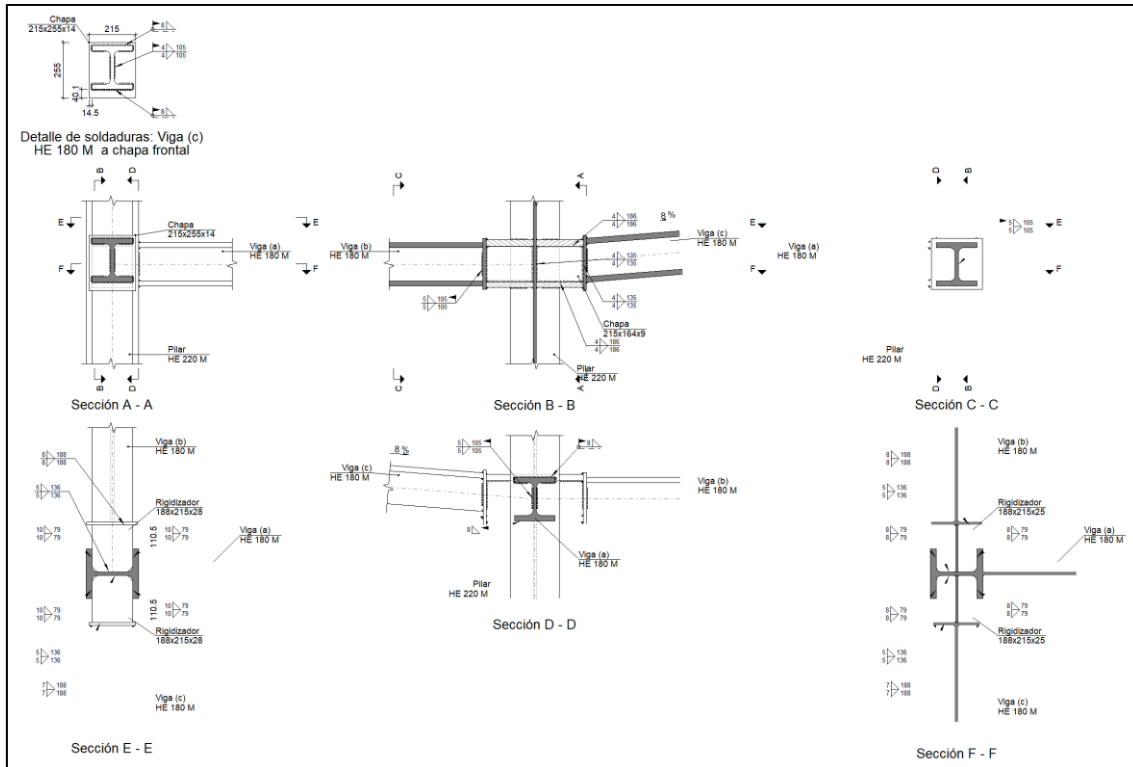


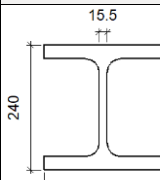
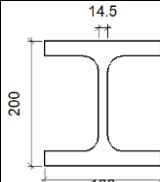
FIGURA 6.1.44: Unión 8.

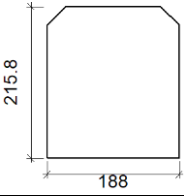
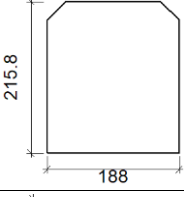
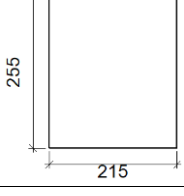
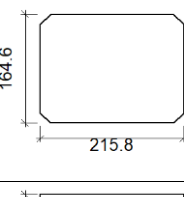
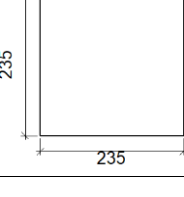
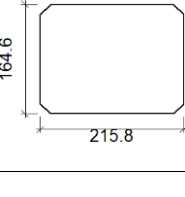


a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 220 M		240	226	26	15.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		188	215.8	28	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		188	215.8	25	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) HE 180 M		215	255	14	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (c) HE 180 M		215.8	164.6	9	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		235	235	15	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		215.8	164.6	9	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	18.74
	Cortante	kN	26.27	506.25	5.19
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	225.08	261.90	85.94
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	232.11	261.90	88.63
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	36.50	261.90	13.94
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	31.93	261.90	12.19
Chapa frontal [Viga (c) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00

	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (c) HE 180 M ]	Cortante	kN	59.15	252.79	23.40
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	76.45	252.79	30.24
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	164.82	261.90	62.93
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	133.97	261.90	51.15

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	79	26.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	136	15.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	7	215	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	79	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	136	15.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	7	215	14.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	10	79	26.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	136	15.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	235	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	79	25.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	136	15.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	235	15.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	135	9.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	135	9.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	186	9.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	186	9.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	135	9.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	135	9.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	186	9.0	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	186	9.0	90.00	

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	14.2	14.2	181.6	315.8	81.83	17.2	5.24	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	25.4	44.1	11.42	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	128.2	128.2	1.3	256.4	66.45	128.2	39.09	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	209.4	362.7	93.99	14.3	4.35	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	19.2	33.2	8.60	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	116.7	116.7	0.2	233.5	60.50	116.7	35.59	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	11.2	11.2	27.5	52.7	13.66	11.2	3.42	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	18.2	31.5	8.15	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	3.3	3.3	0.0	6.6	1.71	3.3	1.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	21.2	21.2	23.0	58.2	15.08	21.2	6.45	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	28.0	48.5	12.56	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	3.3	3.3	0.0	6.6	1.71	3.3	1.01	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	39.4	68.2	17.66	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	39.4	68.2	17.66	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	39.8	68.9	17.87	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	39.8	68.9	17.87	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	50.6	87.7	22.73	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	50.6	87.7	22.73	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	51.4	89.1	23.09	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	51.4	89.1	23.09	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2) Viga (a) HE 180 M

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	186	24.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	5	105	14.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	186	24.0	90.00

Comprobaciones geométricas										
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)					
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>	
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)			
Soldadura del ala superior		38.7	38.7	0.9	77.4	20.07	38.7	11.80	410.0	0.85
Soldadura del alma		3.4	3.4	9.6	18.0	4.67	4.5	1.38	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior		38.3	38.3	0.9	76.6	19.86	38.3	11.68	410.0	0.85

### 3) Viga (c) HE 180 M

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas										
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)					
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	186	14.0	85.43					
Soldadura del alma	En ángulo	4	105	14.0	90.00					
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	186	14.0	85.43					
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>	
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)			
Soldadura del ala superior		182.4	168.4	1.3	344.0	89.14	182.4	55.61	410.0	0.85
Soldadura del alma		0.0	0.0	50.5	87.4	22.65	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior		156.8	169.9	0.1	333.4	86.39	156.8	47.81	410.0	0.85

### 4) Viga (b) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	64.25	261.90	24.53

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	5	105	14.5	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	18.6	18.8	51.3	96.4	24.99	18.8	5.73	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	2563
			5	1088
			7	860
			8	1574
			10	634
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	210
			5	420
8			1430	

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	188x215x25	15.92
		2	188x215x28	17.83
	Chapas	2	215x164x9	5.02
		1	215x255x14	6.03
		1	235x235x15	6.50
	Total			

### 3.3.8. Unión 9.

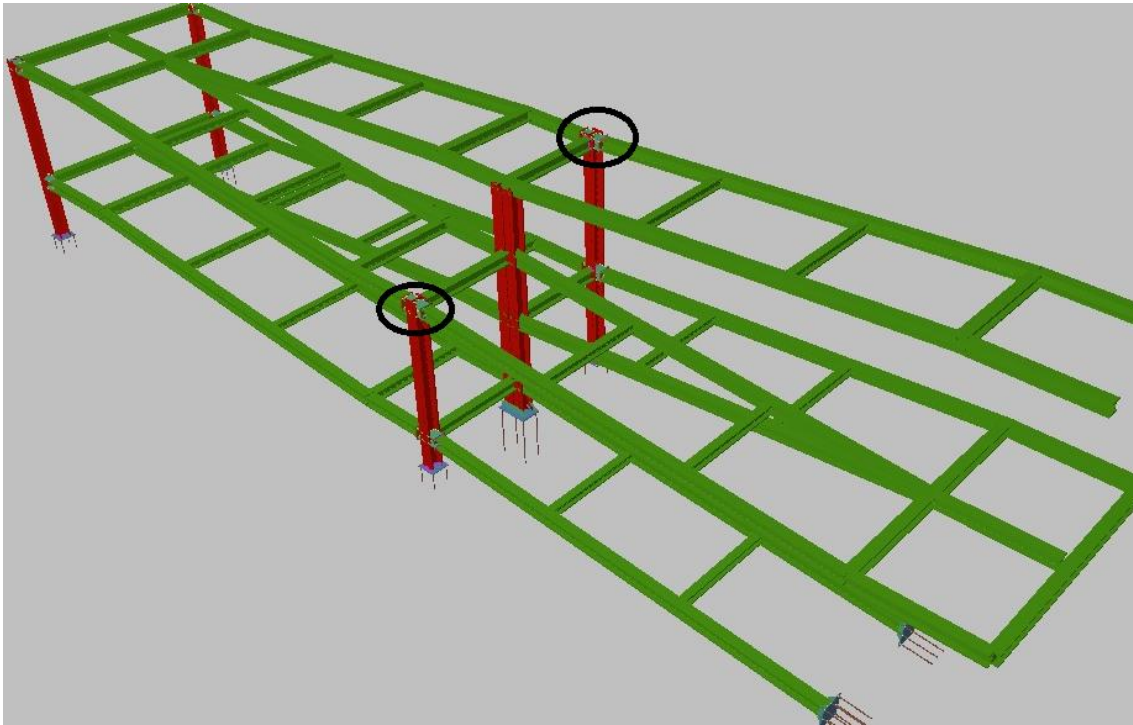


FIGURA 6.1.45: Posición de la unión 9.

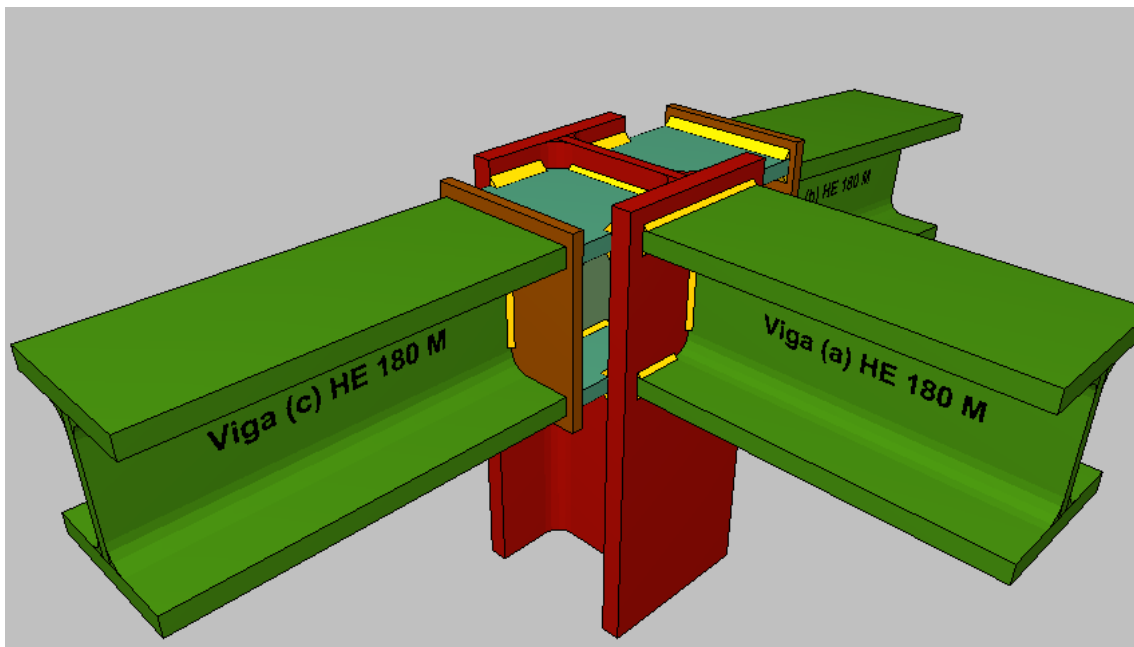
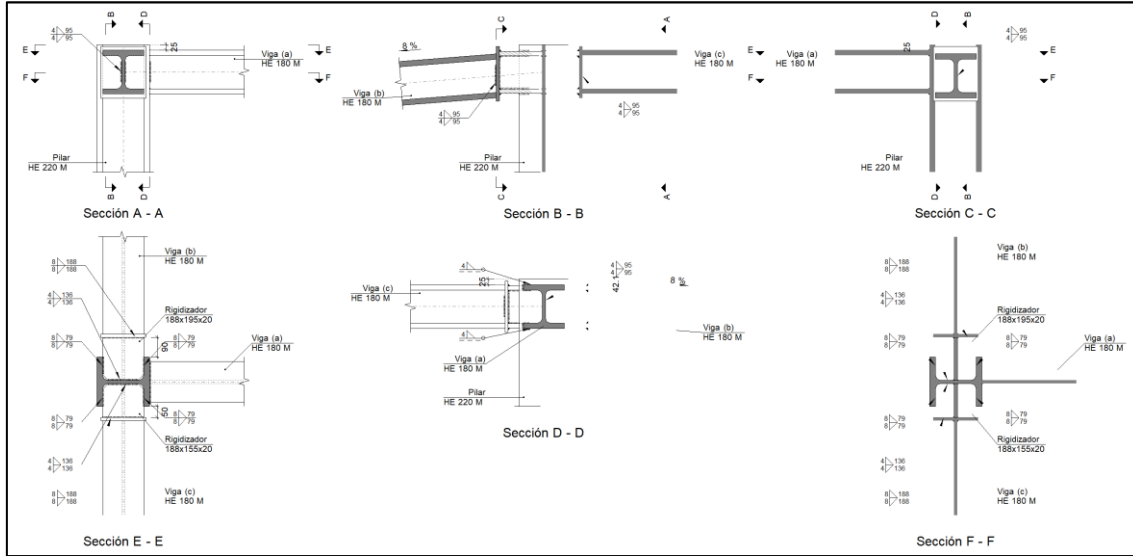
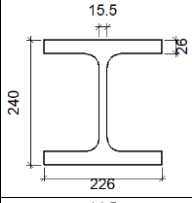
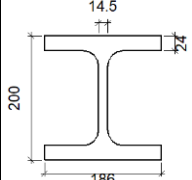


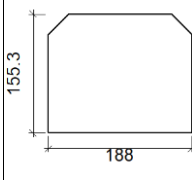
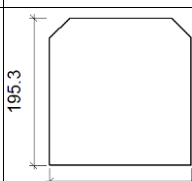
FIGURA 6.1.46: Unión 9.

a) Detalle

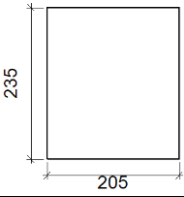
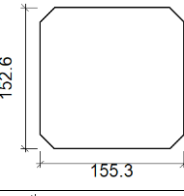
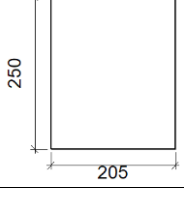
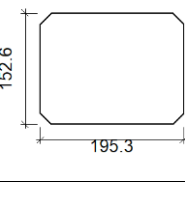


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 220 M		240	226	26	15.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Esquema	Geometría			Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		188	155.3	20	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		188	195.3	20	S275	2803.3	4179.4



Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) HE 180 M		205	235	14.5	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (c) HE 180 M		155.3	152.6	14.5	S275	2803.3	4179.4
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) HE 180 M		205	250	14.5	S275	2803.3	4179.4
Chapa vertical de la viga Viga (b) HE 180 M		195.3	152.6	14.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	18.74
	Cortante	kN	16.39	406.29	4.03
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	38.49	261.90	14.70
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	25.86	261.90	9.87
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	39.18	261.90	14.96
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	28.83	261.90	11.01
Chapa frontal [Viga (c) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (c) HE 180 M ]	Cortante	kN	58.03	274.62	21.13
Chapa frontal [Viga (b) HE 180 M ]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) HE 180 M ]	Cortante	kN	61.53	362.32	16.98
Ala	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	10.86	261.90	4.15

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	79	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	136	15.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	205	14.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	79	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	136	15.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	205	14.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	79	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	136	15.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	8	205	14.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	79	20.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	136	15.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	8	205	14.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	123	14.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	123	14.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	125	14.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	125	14.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	123	14.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	123	14.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	165	14.5	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	165	14.5	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	4.0	4.0	27.5	48.3	12.52	4.0	1.23	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	7.1	12.2	3.17	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	2.9	2.9	0.1	5.8	1.49	2.9	0.88	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	4.8	4.8	18.2	33.0	8.56	4.9	1.51	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	7.7	13.4	3.47	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	2.9	2.9	0.1	5.8	1.49	2.9	0.88	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	4.0	4.0	28.1	49.3	12.78	4.1	1.26	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	6.8	11.8	3.05	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	2.2	2.2	0.0	4.5	1.16	2.2	0.68	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	4.8	4.8	20.4	36.7	9.50	4.8	1.48	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	8.0	13.9	3.59	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	2.2	2.2	0.0	4.5	1.16	2.2	0.68	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	53.2	92.1	23.87	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	53.2	92.1	23.87	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	57.9	100.3	25.99	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	57.9	100.3	25.99	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	45.6	79.1	20.49	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	45.6	79.1	20.49	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	46.5	80.6	20.89	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	46.5	80.6	20.89	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) HE 180 M

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	186	24.0	90.00				
Soldadura del alma	En ángulo	4	95	14.5	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	186	24.0	90.00				
a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	12.6	12.6	0.0	25.2	6.53	12.6	3.84	410.0	0.85
Soldadura del alma	7.1	7.1	13.4	27.2	7.06	7.1	2.15	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	14.4	14.4	0.0	28.7	7.44	14.4	4.38	410.0	0.85

3) Viga (c) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	67.91	261.90	25.93

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	95	14.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>	
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )			Aprov. (%)
Soldadura del alma	21.7	23.3	68.6	127.4	33.02	23.3	7.11	410.0	0.85

4) Viga (b) HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	57.92	261.90	22.11

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	95	14.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>	
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )			Aprov. (%)
Soldadura del alma	17.4	17.4	58.9	107.8	27.94	17.5	5.32	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	4516
			8	2908

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	188x155x20	9.16
		2	188x195x20	11.53
	Chapas	1	205x235x14.5	5.48
		1	155x152x14.5	2.70
		1	205x250x14.5	5.83
		1	195x152x14.5	3.39
				Total

### 3.3.9. Unión 11. Realizada con CYPE Connect.

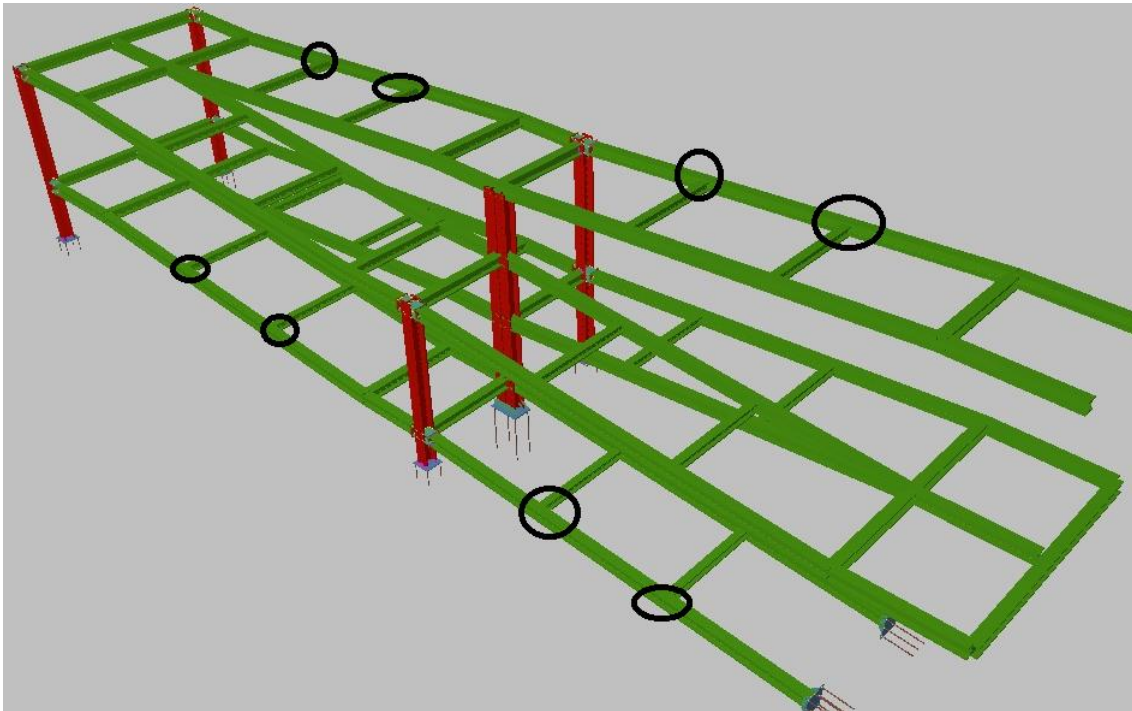


FIGURA 6.1.47: Posición de la unión 11.

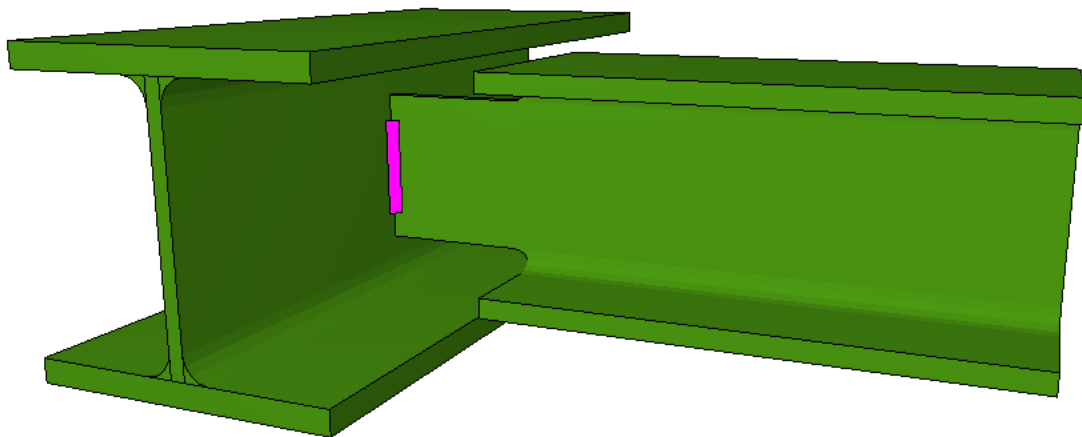
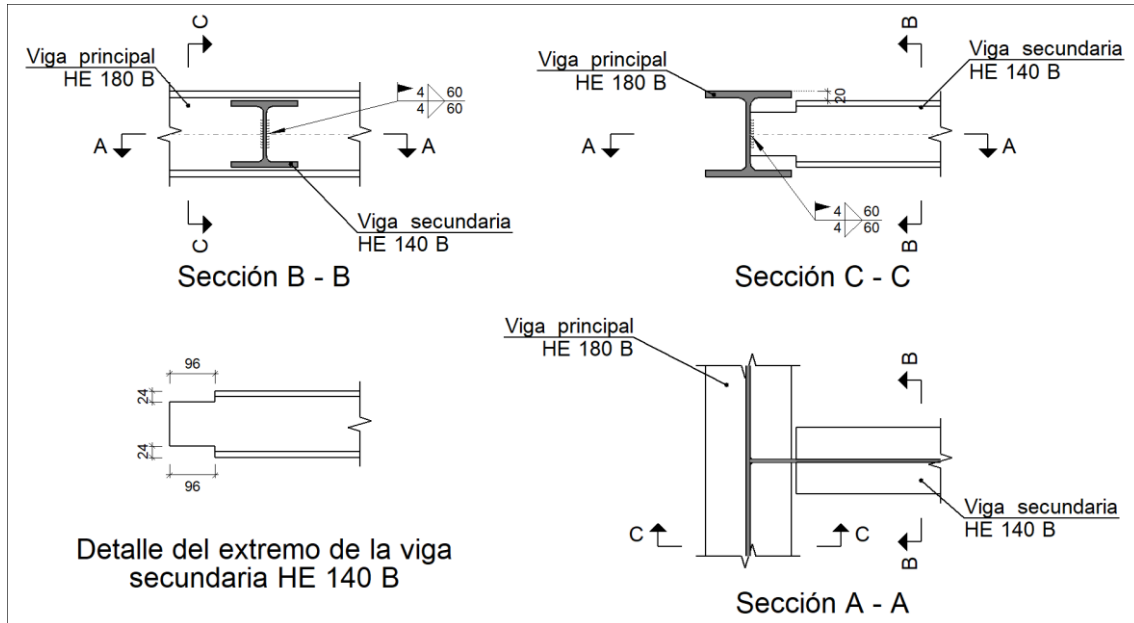
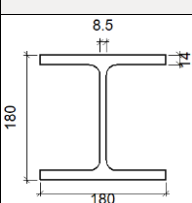
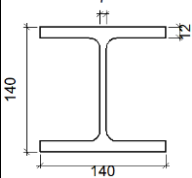


FIGURA 6.1.48: Unión 11.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 140 B		140	140	12	7	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	0.00	90.83	0.00

2) Viga secundaria HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	0.00	261.90	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	60	7.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	4	120



### 3.4. Uniones especiales.

Varias uniones, bien sea por su geometría o por su particularidad, no han podido ser resueltas mediante CYPE 3D o CYPE Connect, de modo que se han resuelto de modo manual o combinando varias uniones. A continuación se describen y se detallan estas uniones. A la hora de resolver las uniones soldadas a mano, se ha usado el Documento Básico SE-A Seguridad Estructural. Acero.

#### 3.4.1. Unión 5 en escaleras y 13 en rampas.

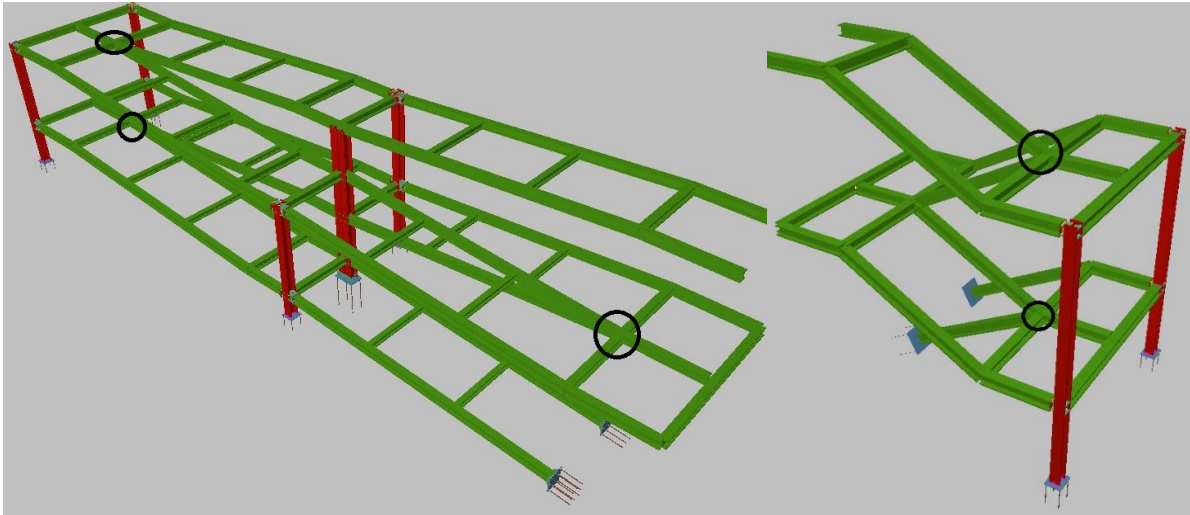


FIGURA 6.1.49: Posición de la union 5-13.

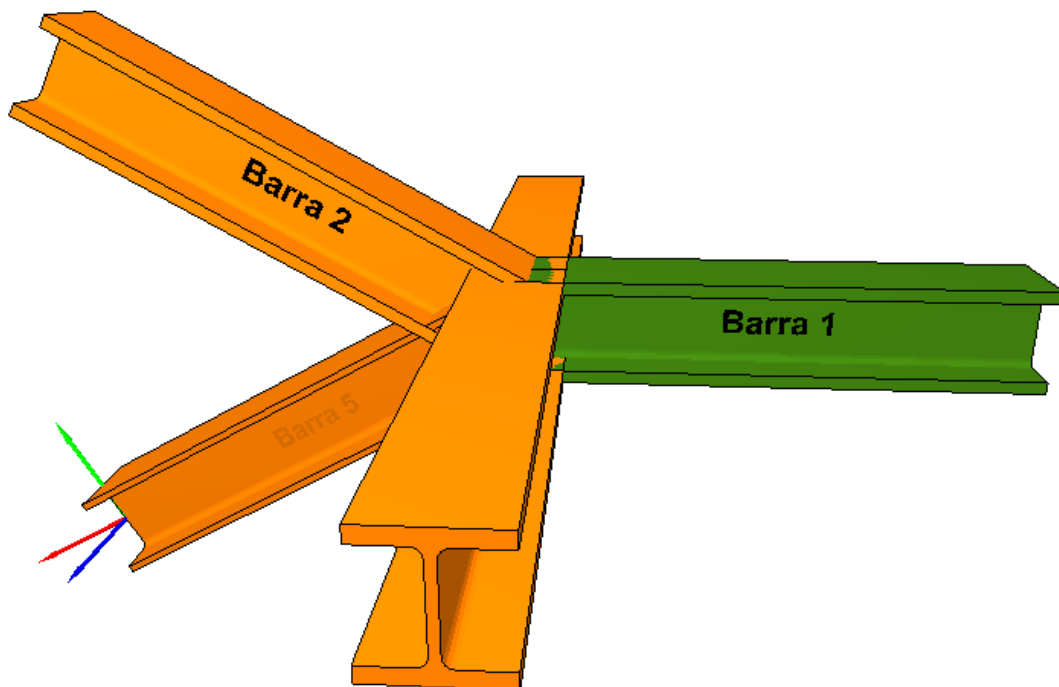


FIGURA 6.1.50: Unión 5-13.

Para resolver esta unión se ha seguido el siguiente proceso:

1. Primero se ha resuelto el nudo en forma de T mediante CYPE Connect:

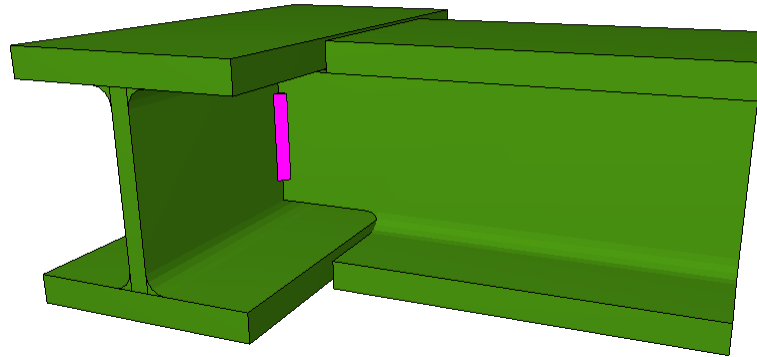
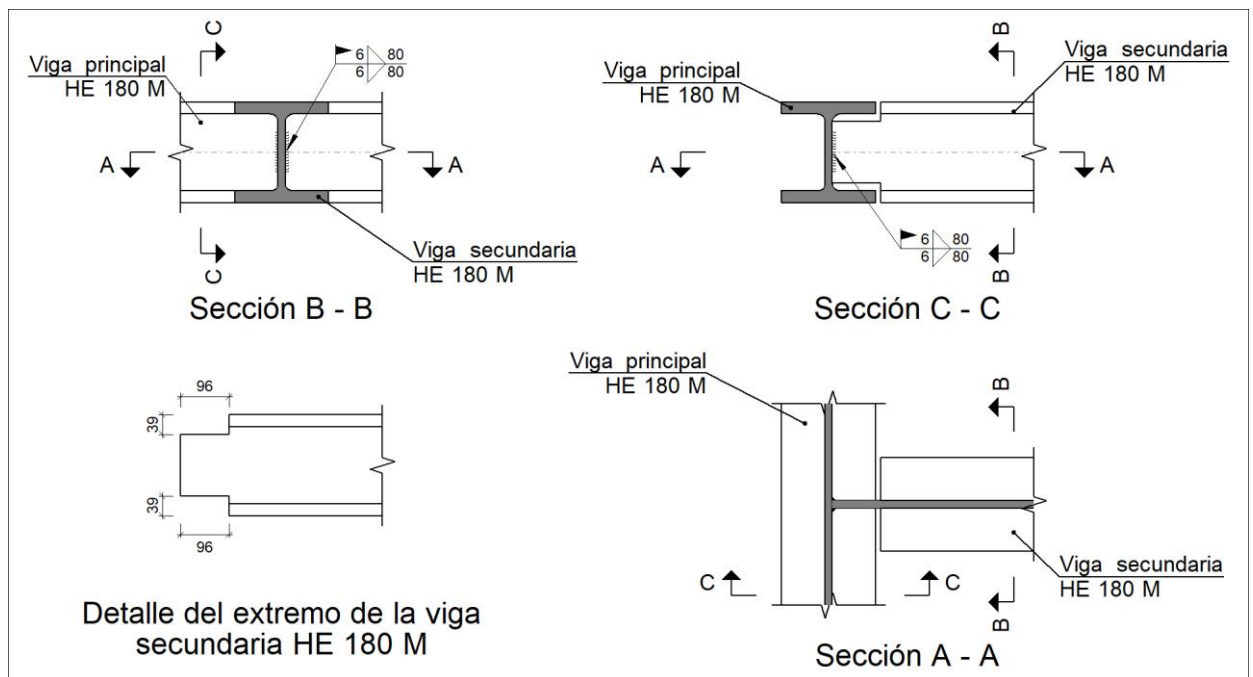
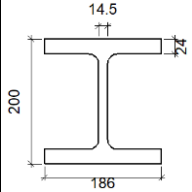


FIGURA 6.1.51: Unión en T.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_v$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	3.10	317.92	0.97
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	3.10	424.10	0.73

2) Viga secundaria HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	54.07	216.59	24.97
	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	28.60	261.90	10.92

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	6	80	14.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.5	3.1	19.8	34.8	9.02	3.1	0.93	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	6	160

2. Luego se ha resuelto a mano la soldadura en ángulo entre los dos perfiles y la soldadura de estos al alma del perfil del paso 1, de modo que se completa la unión.

Unión en ángulo entre perfiles.

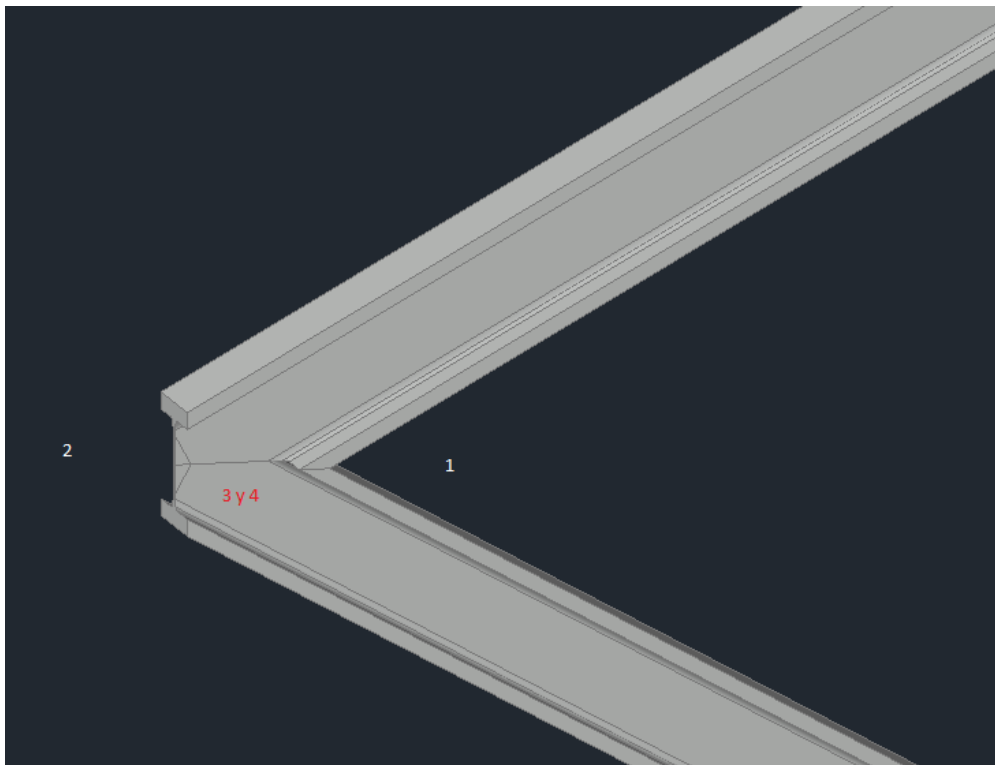


FIGURA 6.1.52: Unión entre perfiles en ángulo.

Soldadura 2,3 y 4. Como el ángulo entre ellas es mayor a 120°, se considera que no transmiten esfuerzos, por lo que no es necesario calcular estas soldaduras.

Soldadura 1. Como el ángulo es menor a 60°, la soldadura se considera a tope con penetración parcial, por lo que necesita calcularse.

Soldadura 1.

- Cordones de soldadura.

El espesor de ambas chapas es de 24 mm (espesor de las alas), por lo que tal y como indica la siguiente tabla, se escoge un cordón de 10mm de ancho. Como es mayor a 3mm cumple.

Espesor de la pieza (mm)	Garganta a		Espesor de la pieza (mm)	Garganta a	
	Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)		Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)
4,0-4,2	3	3	13,5-14,1	9,5	5
4,3-4,9	3	3	14,2-15,5	10	5
5,0-5,6	3,5	3	15,6-16,9	11	5,5
5,7-6,3	4	3	17,0-18,3	12	5,5
6,4-7,0	4,5	3	18,4-19,7	13	6
7,1-7,7	5	3	19,8-21,2	14	6
7,8-8,4	5,5	3	21,3-22,6	15	6,5
8,5-9,1	6	3,5	22,7-24,0	16	6,5
9,2-9,9	6,5	3,5	24,1-25,4	17	7
10,0-10,6	7	4	25,5-26,8	18	7
10,7-11,3	7,5	4	26,9-28,2	19	7,5
11,4-12,0	8	4	28,3-31,1	20	7,5
12,1-12,7	8,5	4,5	31,2-33,9	22	8
12,8-13,4	9	4,5	34,0-36,0	24	8

FIGURA 6.1.53: Espesores de soldadura.

- Longitud del cordón de soldadura.

La longitud del cordón de soldadura es igual al ancho del ala 186 mm. Como es mayor a 40mm y a  $6 \cdot a = 60\text{mm}$ , cumple.

Las tensiones que debe soportar la soldadura están directamente aplicadas sobre el plano de soldadura. Además, como la soldadura es perpendicular a los cortantes, solo tiene que soportar el axil, ya que los momentos están aplicados directamente sobre el centro de gravedad de la soldadura y no provocan axil.

La soldadura debe aguantar la mitad del axil último ya que se debe a una soldadura empotrada.

$$\frac{N_{pl,rd}}{2} = 225\text{KN}$$

El área de la soldadura es  $1860\text{ mm}^2$ .

- Las tensiones en el plano de soldadura son:

$$\sigma_{\perp} = \frac{225000}{1860} = 121\text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\perp} = 0$$

$$\zeta_{\parallel} = 0$$

- Como las tensiones están directamente aplicadas sobre el plano de garganta, aplicamos las fórmulas de comprobación directamente.

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\zeta_{\perp}^2 + \zeta_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{m2}}; 120 \leq 386$$

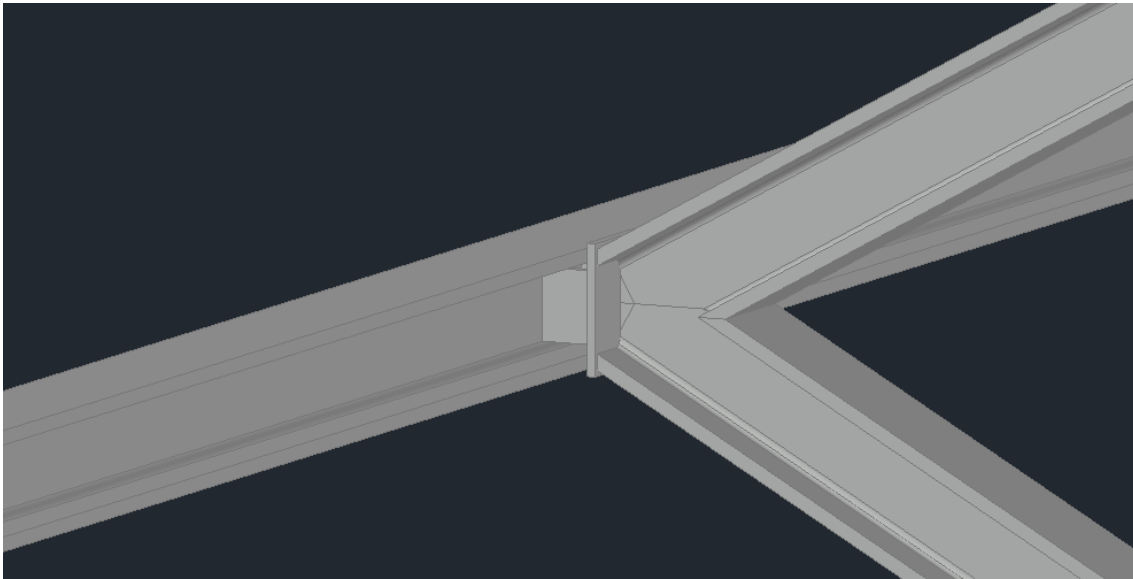
La primera comprobación se cumple.

$$\sigma \perp \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}}; 121 \leq 328$$

La segunda comprobación también se cumple.

La soldadura está comprobada. 10mm de garganta y 186mm de longitud del cordón.

Unión de los perfiles unidos al perfil perpendicular.



*FIGURA 6.1.54: Unión de perfiles soldados al alma del perfil principal.*

Para realizar esta soldadura, se han colocado Rigidizadores en el alma y se les ha soldado una chapa para realizar la unión empotrada de forma correcta.

- Unión de los Rigidizadores al alma.

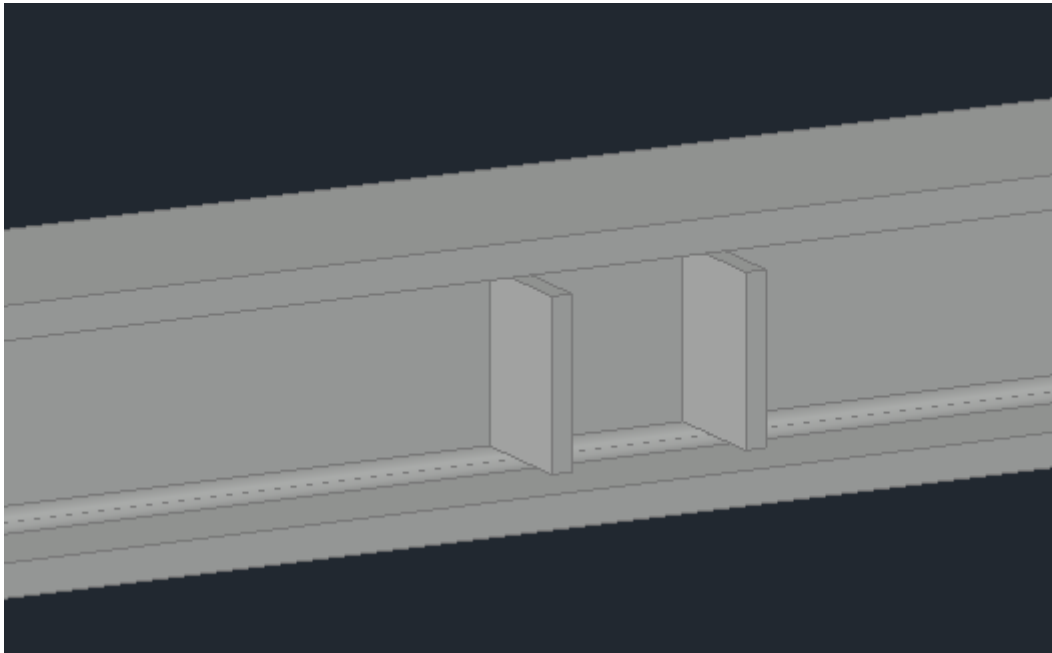


FIGURA 6.1.55: Unión rigidizadores-alma.

Se van a soldar dos Rigidizadores al alma de la pieza. Las dimensiones de los Rigidizadores son 122x86x15mm.

Los cordones de soldadura, teniendo en cuenta que el espesor del rigidizador es de 15mm y del alma de la pieza es 14,5mm (podemos escoger entre 5 y 10 mm según la tabla anterior) son de 8mm de espesor de garganta. Cumpliendo que sean mayores a 3mm.

La longitud de los cordones es de 122mm. Esta longitud es mayor a 40mm y a  $6 \cdot 8 = 48\text{mm}$  de longitud que exige la norma.

Al ser 4 soldaduras, se reparten los esfuerzos. Cada soldadura debe soportar como mínimo:

$$\frac{N_{pl,rd}}{12} = 37,5\text{KN}$$

$$\frac{V_{ply,rd}}{12} = 120\text{KN}$$

$$\frac{V_{plz,rd}}{12} = 37\text{KN}$$

$$\frac{M_{plz,rd}}{12} = 9254\text{KN} \cdot \text{mm}$$

$$\frac{M_{ply,rd}}{12} = 16325,5\text{KN} \cdot \text{mm}$$

El área de soldadura es  $976\text{mm}^2$ .

El momento de inercia en el eje Z es:  $I_z=5135305\text{mm}^4$ .

El momento de inercia en el eje y es:  $I_y=1210565\text{mm}^4$ .

Las tensiones en el plano perpendicular al plano de garganta son de:

$$n_{\perp} = \frac{37500}{976} + \frac{9254000 * 72,5}{5135305} + \frac{16325500 * 0}{1210565} = 168,5 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \frac{120000}{976} = 123 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\parallel} = \frac{37000}{976} = 38 \text{ N/mm}^2$$

Calculando, las tensiones en el plano de garganta quedan:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} * 168,5 + \frac{\sqrt{2}}{2} * 123 = 206 \text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} * 123 - \frac{\sqrt{2}}{2} * 168,5 = -32 \text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\parallel} = 38 \text{ N/mm}^2$$

Comprobaciones:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\zeta_{\perp}^2 + \zeta_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{m2}}; 223 \leq 386$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}}; 206 \leq 328$$

Ambas cumplen, luego la soldadura de los Rigidizadores con el perfil es válida.



Unión de los Rigidizadores a la chapa.

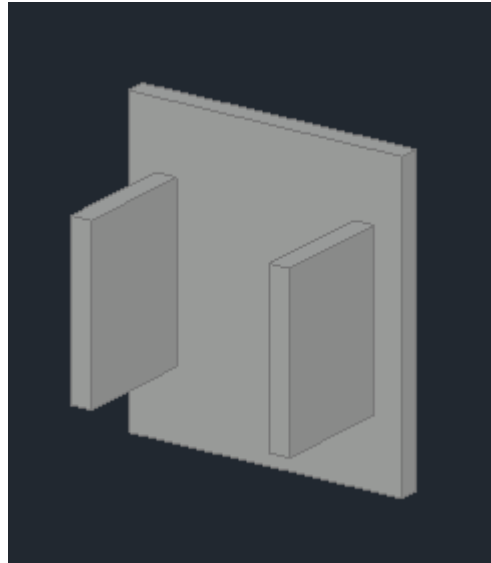


FIGURA 6.1.56: Unión rigidizadores-chapa.

La unión entre los Rigidizadores y la chapa es exactamente igual que entre los Rigidizadores y el perfil. 4 cordones de 8 mm de espesor de garganta y una longitud de 122 mm y, como se ha visto anteriormente, esta soldadura cumple.

Unión de la chapa a los perfiles anteriormente unidos.

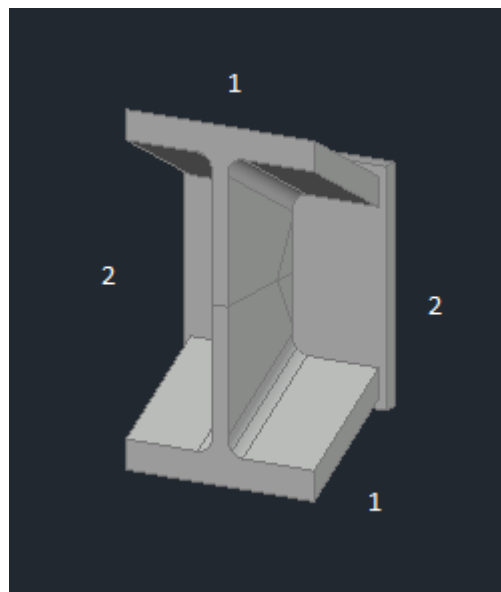


FIGURA 6.1.57: Unión chapa-perfiles.

Se distinguen 2 soldaduras iguales. La soldadura 1 y la soldadura 2.

Calculo de la soldadura 1.

La soldadura 1 aguanta la mitad del axil, el cortante en z y el momento en y.

El espesor del cordón de soldadura es, teniendo en cuenta que la placa tiene 15mm y el ala tiene 24mm (Podemos escoger en un rango de 6 a 10mm) es de 10mm. Como es mayor a 3mm cumple con la norma.

La longitud del cordón de soldadura será la longitud del ala, 186mm. Como es mayor a 40mm y a  $6*a=60mm$  cumple con los criterios de la normativa.

El área de la soldadura es  $1860mm^2$ .

El momento de inercia en el eje z es:  $I_z=6820620mm^4$ .

Las tensiones normales que actúan en el plano de abatimiento son:

$$n_{\perp} = \frac{37500}{1860} + \frac{32651000 * 28}{6820620} = 155 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\parallel} = \frac{240000}{1860} = 130 \text{ N/mm}^2$$

Por lo que las tensiones en el plano de garganta son:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} * 155 + \frac{\sqrt{2}}{2} * 0 = 109 \text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} * 0 - \frac{\sqrt{2}}{2} * 155 = -109 \text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\parallel} = 130 \text{ N/mm}^2$$

Y las comprobaciones de la soldadura son:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\zeta_{\perp}^2 + \zeta_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{m2}}; 338 \leq 386$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}}; 109 \leq 328$$

El cordón de soldadura cumple.

Calculo de la soldadura 2.

La soldadura 2 aguanta la mitad del axil, el cortante en y y el momento en z.

El espesor de garganta de la soldadura es de 10mm y la longitud de 110mm.

El área de soldadura es  $1100mm^2$ .

El momento de inercia en z es:  $I_z=1436485\text{mm}^4$ .

Las tensiones normales que actúan en el plano de abatimiento son:

$$n_{\perp} = \frac{37500}{1100} + \frac{18508000 * 17,25}{1436485} = 34 + 226 = 260 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\parallel} = \frac{73000}{1100} = 67 \text{ N/mm}^2$$

Por lo que las tensiones en el plano de garganta son:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} * 260 + \frac{\sqrt{2}}{2} * 0 = 184 \text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} * 0 - \frac{\sqrt{2}}{2} * 260 = -184 \text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\parallel} = 67 \text{ N/mm}^2$$

Las comprobaciones necesarias para la soldadura son:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\zeta_{\perp}^2 + \zeta_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{m2}}; 385 \leq 386$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}}; 184 \leq 328$$

A pesar de que la primera comprobación se cumple de forma muy justa, ambas se cumplen, por lo que la soldadura es válida.

### 3.4.2. Unión 7 en escaleras y 10 en rampas.

Para resolver esta unión, puesto que ni CYPE 3D ni CYPE Connect permiten realizarla, se ha decidido dividir la unión en dos partes y realizar cada una por separado en CYPE Connect. Los listados obtenidos de ambas uniones son los siguientes. Cabe mencionar que una vez realizado el nudo 1, el nudo 2 se realizará un poco más atrás, en la viga horizontal, para evitar la placa de soldadura.

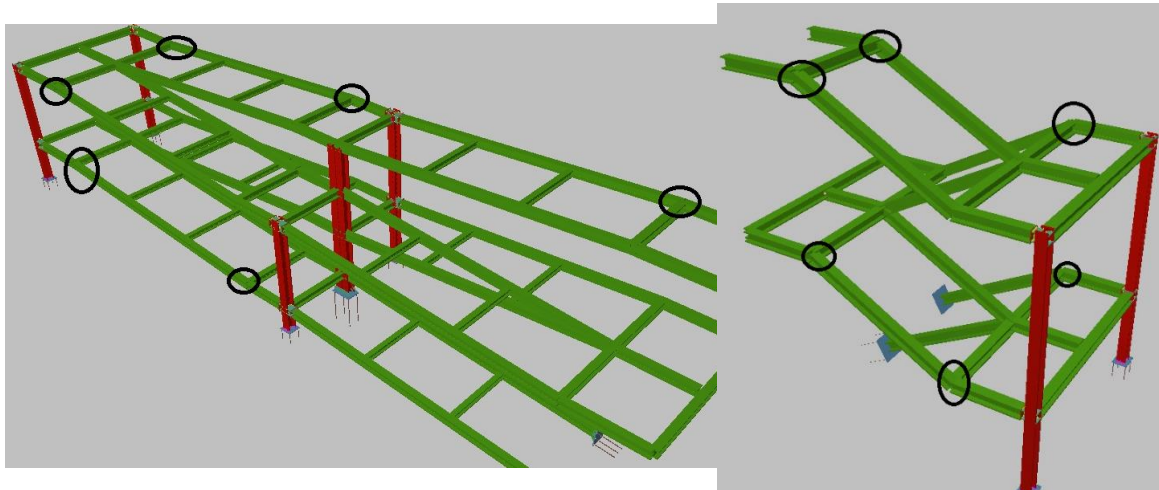


FIGURA 6.1.58: Posición de la unión 7-10.

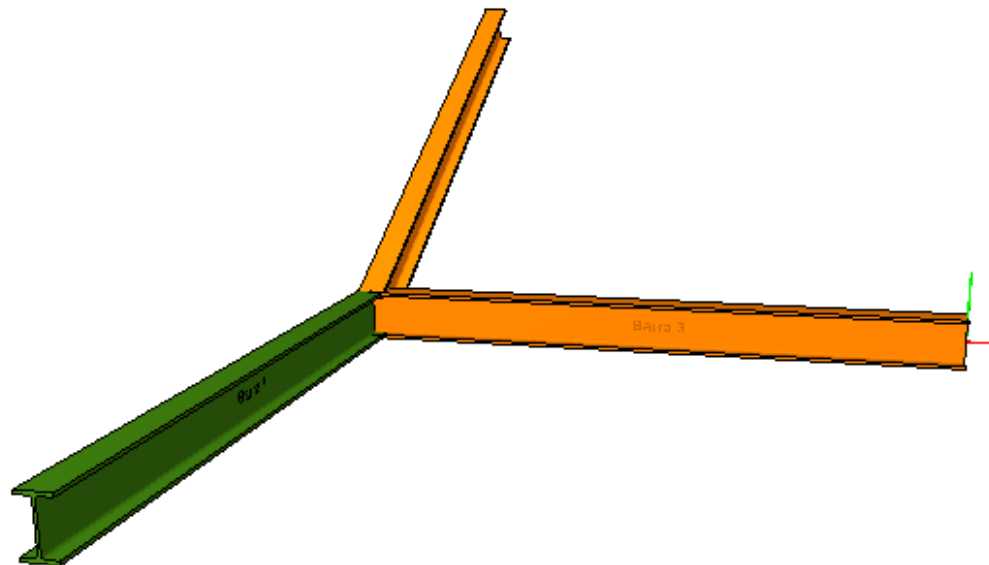


FIGURA 6.1.59: Unión 7-10.

Nudo 1:

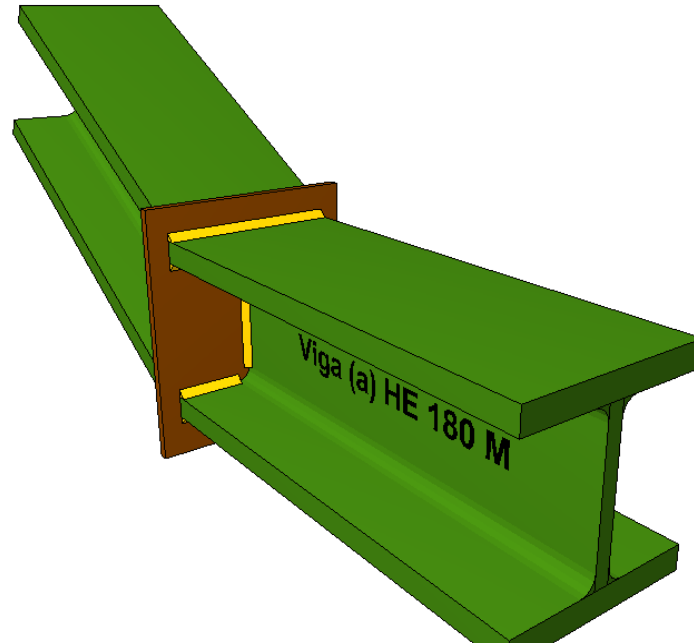
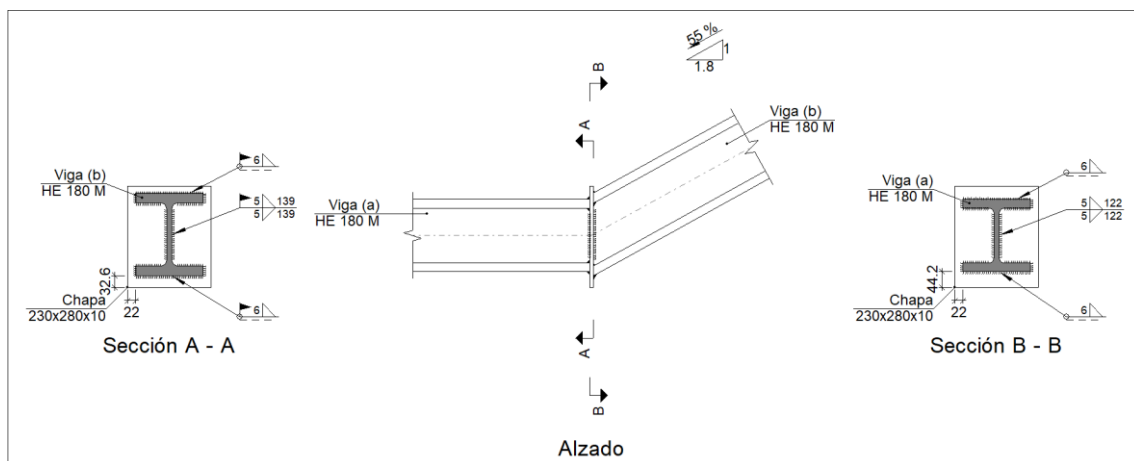
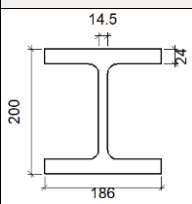


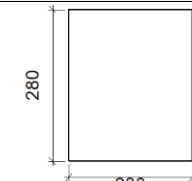
FIGURA 6.1. 60: Nudo 1.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Chapa frontal		230	280	10	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Chapa frontal

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
Deformación admisible	mRad	--	2	0.00

2) Viga (a) HE 180 M

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	186	10.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	5	122	10.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	186	10.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	33.8	33.8	0.5	67.5	17.50	33.8	10.29	410.0	0.85
Soldadura del alma	11.9	11.9	4.7	25.2	6.53	11.9	3.63	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	33.0	33.0	0.5	66.1	17.12	33.0	10.07	410.0	0.85

### 3) Viga (b) HE 180 M

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	186	10.0	61.00				
Soldadura del alma	En ángulo	5	139	10.0	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	186	10.0	61.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	16.6	28.2	3.5	51.9	13.46	34.1	10.38	410.0	0.85
Soldadura del alma	10.4	10.4	1.0	20.9	5.41	10.4	3.17	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	20.6	34.9	2.6	64.0	16.59	29.0	8.85	410.0	0.85

d) Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	244
			6	751
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	279
			6	765

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	230x280x10	5.06
				Total

Nudo 2:

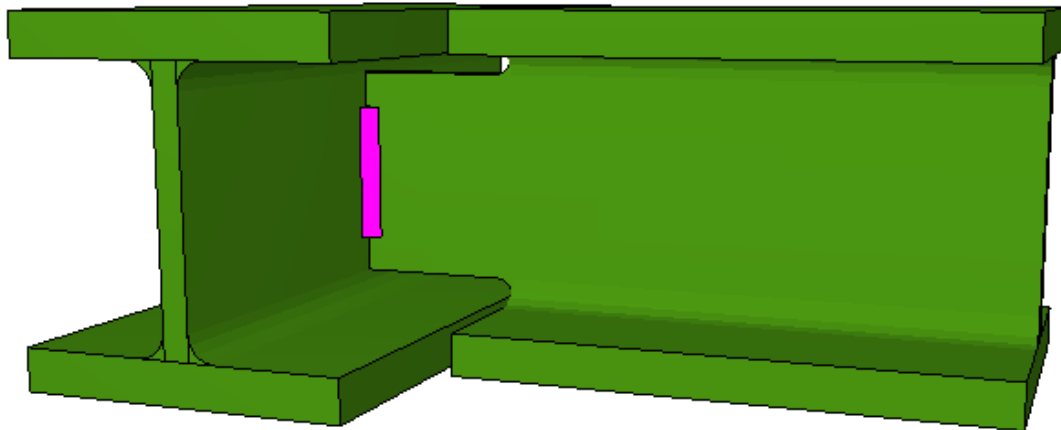
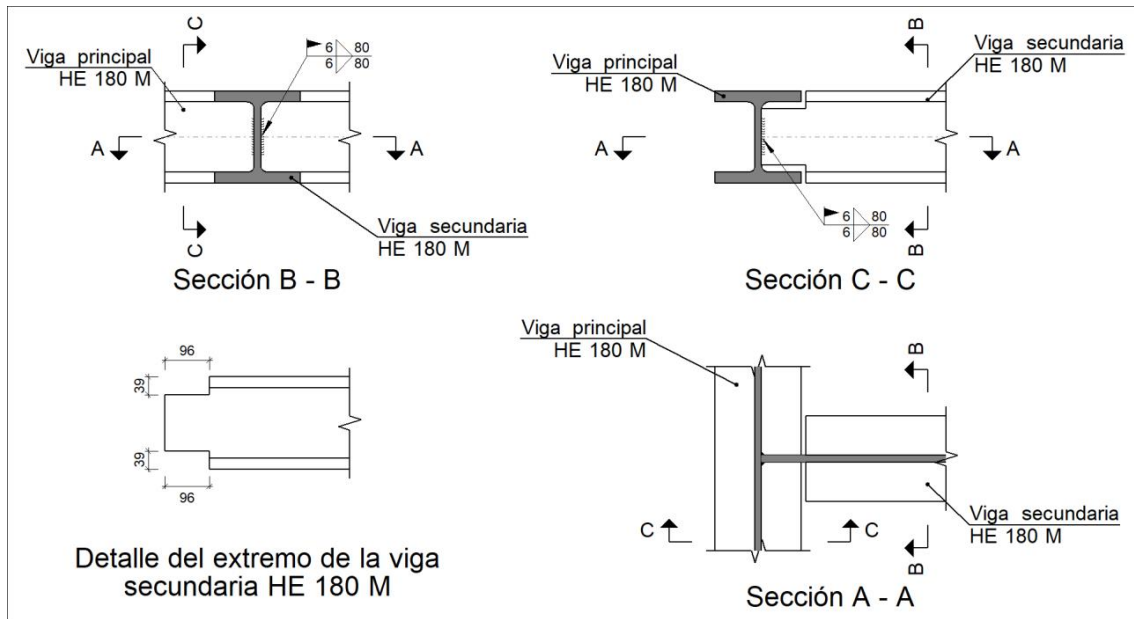


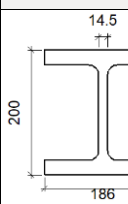
FIGURA 6.1.61: Nudo 2.



a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_v$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	2.94	317.92	0.92
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	2.94	424.10	0.69

2) Viga secundaria HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	3.45	261.90	1.32

### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	6	80	14.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{  }$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.0	3.3	0.0	5.8	1.51	3.3	1.01	410.0	0.85

#### d) Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En el lugar de montaje	En ángulo	6	160

### 3.4.3. Unión 8 en escaleras y 12 en rampas.

Esta unión tampoco permite diseñarla el programa CYPE, por lo que se ha realizado a mano. Los resultados obtenidos han sido los siguientes.

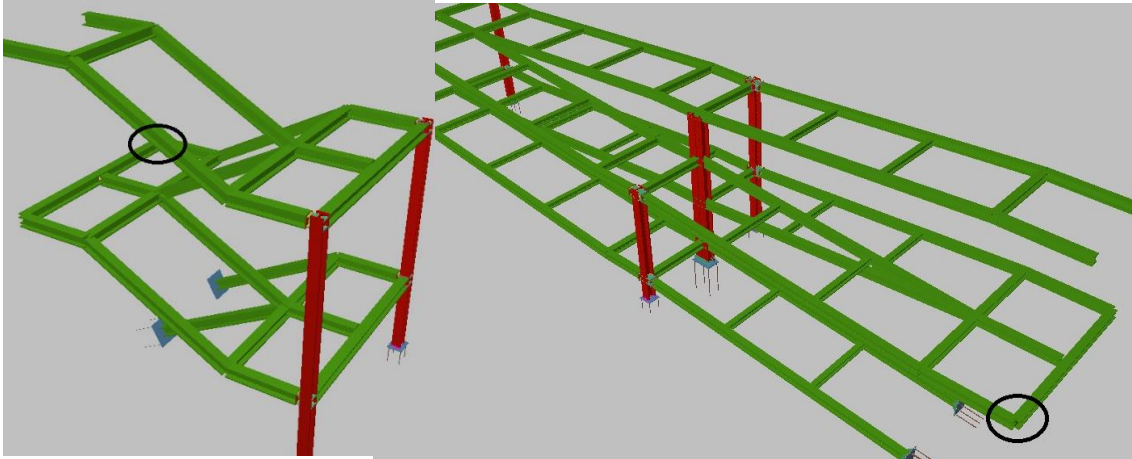


FIGURA 6.1.62: Unión 8-12.

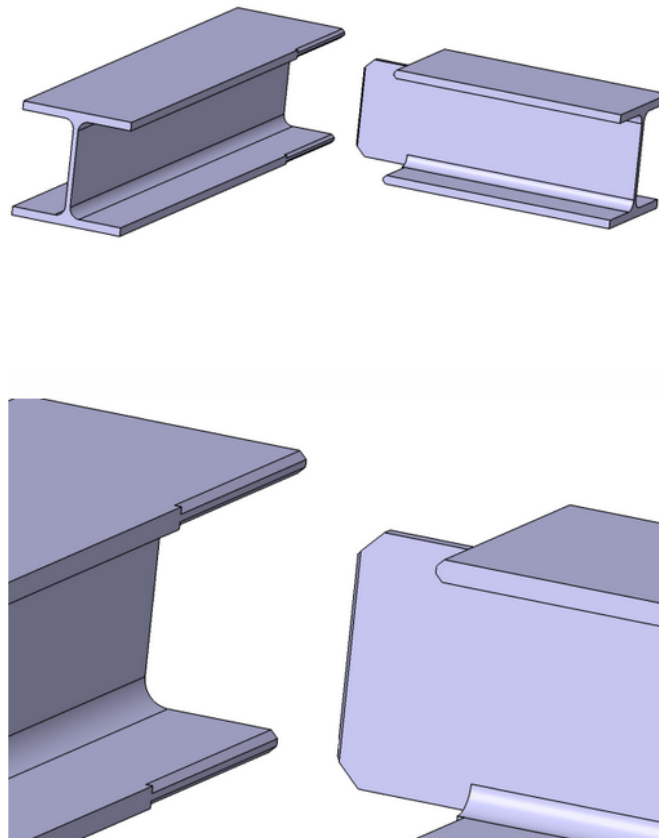


FIGURA 6.1.63: Unión 8-12.

Calculo de la soldadura.

La soldadura propuesta debe de ser articulada, por lo que solo se pretende soldar el alma de la pieza a unir al alma de la pieza.

Para que un perfil entre dentro del otro, se deben recortar las alas y el alma. La longitud que se deben recortar las alas son 72mm y el alma debe recortarse el radio de unión y 4mm de margen, por lo que quedará con una longitud de 118mm.

- Cordones de soldadura.

Ambos espesores son iguales (espesor del alma=14,5mm) lo que corresponde a un espesor de gargant de entre 5 y 10mm. Se escogen 10mm, que es mayor a 3mm que es lo que marca la norma como minimo.

- Longitud del cordón de soldadura.

La longitud del cordón de soldadura es igual a la longitud del alma recortada, 118mm. Mayor a 40mm y a 60mm, lo que marca la norma como minimo.

Como la unión es articulada, no debe de aguntar momentos flectores. Solo cortantes y axil.

Cada una de las soldaduras debe aguntar como minimo:

$$\frac{N_{pl,rd}}{6} = 75KN$$

$$\frac{V_{ply,rd}}{12} = 240KN$$

$$\frac{V_{plz,rd}}{12} = 73,5KN$$

El área de la soldadura es 1180 mm<sup>2</sup>.

- Las tensiones normales que actúan en el plano de abatimiento son:

$$n_{\perp} = \frac{75000}{1180} = 63 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \frac{240000}{1180} = 204 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\parallel} = \frac{73500}{1180} = 63 \text{ N/mm}^2$$

- Las tensiones en el plano de soldadura son:

$$\sigma_{\perp} = 189 \text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\perp} = 100 \text{ N/mm}^2$$

$$\zeta_{\parallel} = 63 \text{ N/mm}^2$$

– Comprobaciones:.

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 * (\zeta_{\perp}^2 + \zeta_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{m2}}; 289 \leq 386$$

La primera comprobación se cumple.

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}}; 189 \leq 328$$

La segunda comprobación también se cumple.

La soldadura está comprobada. 10mm de garganta y 118mm de longitud del cordón.

#### 3.4.4. Uniones 7 en rampas.

La unión del pilar central de las rampas con las vigas que forman la propia rampa y descansillos no se ha podido dimensionar en CYPE debido a que el pilar central es un pilar compuesto, por lo que su realización se ha hecho a mano y utilizando CYPE Connect para las vigas soldadas al alma, obteniéndose los siguientes resultados:

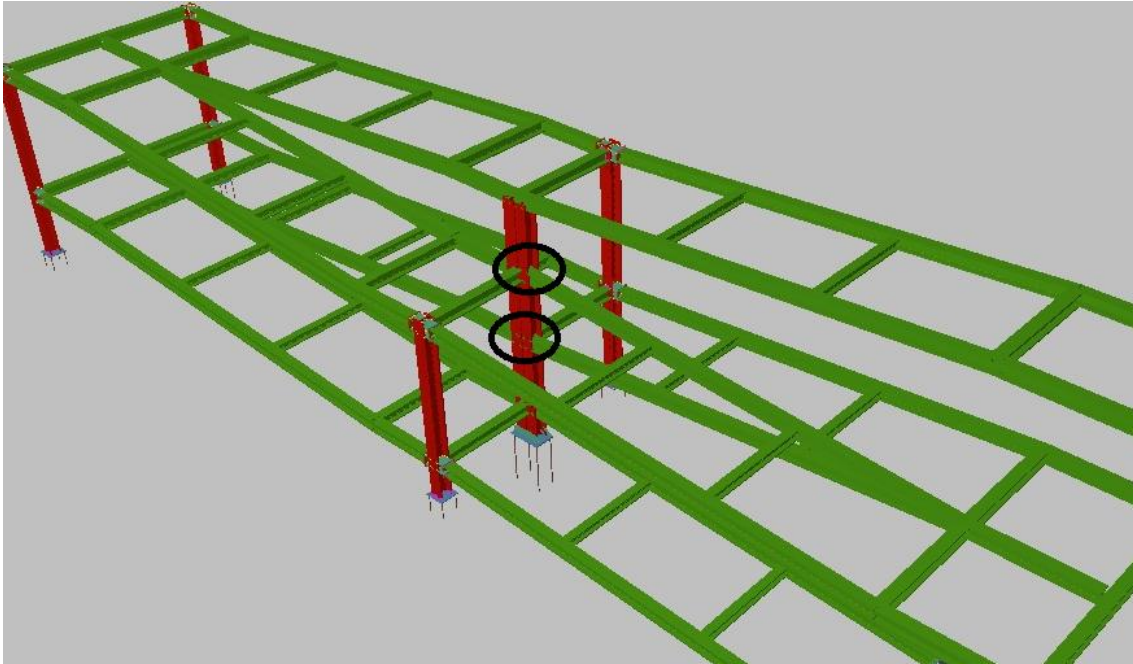


FIGURA 6.1.64: Posición de la unión 7.

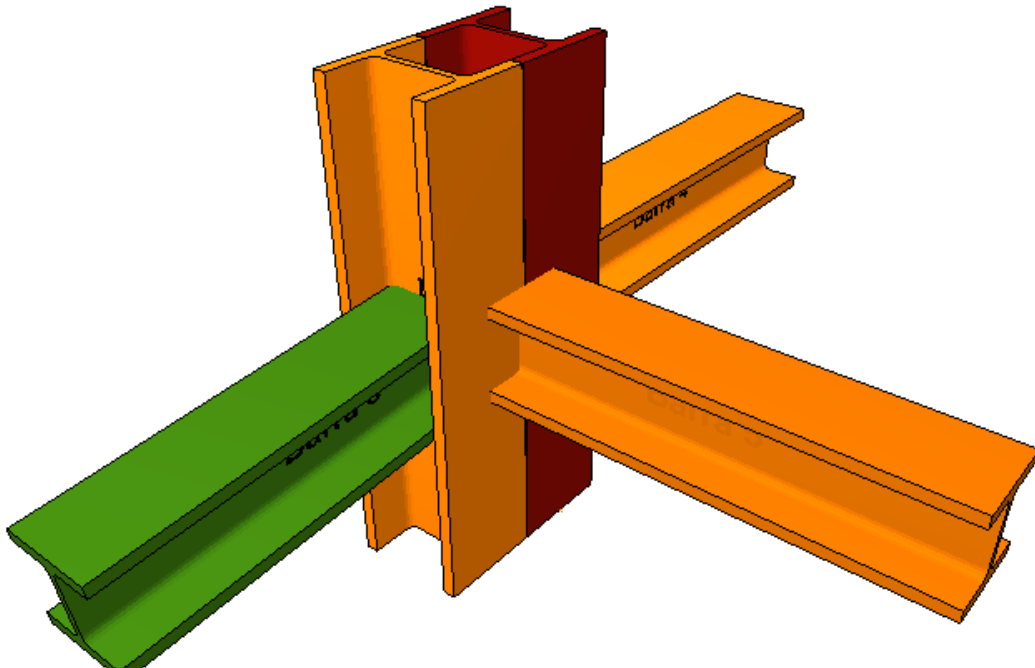
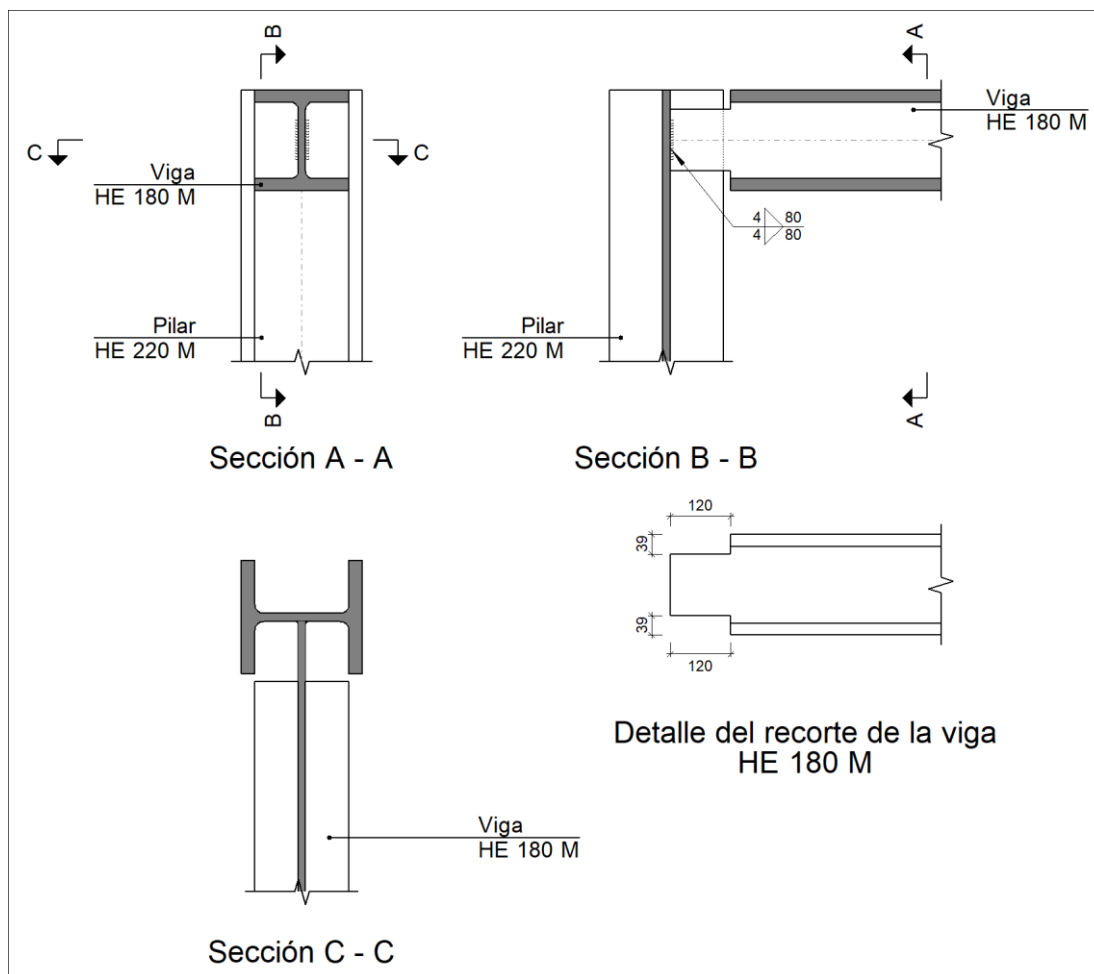


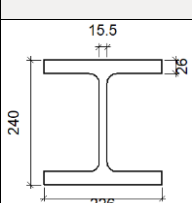
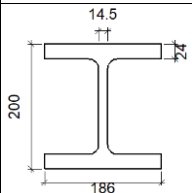
FIGURA 6.1.65: Unión 7.

Nudo 2 y 3. Como la inclinación de la barra es solo del 8% y las cargas prácticamente iguales, se ha decidido interpretar estos nudos como iguales.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Tipo	Acero	
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)		$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 220 M		240	226	26	15.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	HE 180 M		200	186	24	14.5	S275	2803.3	4179.4

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 M

Comprobaciones de resistencia						
	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Viga HE 180 M	Alma	Punzonamiento	kN	139.92	576.53	24.27
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	139.92	211.65	66.11

2) Viga HE 180 M

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	22.48	196.17	11.46
	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	120.99	261.90	46.20

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	80	14.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>	
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )			Aprov. (%)
Soldadura del alma	154.6	154.6	9.9	309.7	80.25	154.6	47.13	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	160



## Nudo 1.

La unión del nudo 1 es articulada, por lo que tendrá que aguantar solo 1/3 de la resistencia última axial y cortante y no se transmitirán momentos flectores. Además solo se realizarán dos soldaduras en el alma.

- Cordones de soldadura.

El margen de espesor para alma del perfil HEM 180 es de entre 10 y 5mm, mientras que para las alas del perfil HEM 220 es de entre 16 y 6,5mm. Se ha elegido un cordón de 10mm de espesor de garganta y, como supera 3mm, es válido tal y como dice la normativa.

- Longitud del cordón de soldadura.

El cordón de soldadura tendrá la misma longitud del alma, que es de 122mm. Esta longitud es mayor a 40mm y a 60mm, tal y como se especifica en la norma.

Cada soldadura deberá aguantar, como mínimo:

$$\frac{N_{pl,rd}}{6} = 77,5KN$$

$$\frac{V_{ply,rd}}{12} = 240KN$$

$$\frac{V_{plz,rd}}{12} = 73,5KN$$

El área de la soldadura es 1220 mm<sup>2</sup>.

- Las tensiones normales que actúan en el plano de abatimiento son:

$$n_{\perp} = \frac{77500}{1220} = 64 N/mm^2$$

$$t_{\perp} = \frac{240000}{1220} = 197 N/mm^2$$

$$t_{\parallel} = \frac{73500}{1220} = 60 N/mm^2$$

- Las tensiones en el plano de soldadura son:

$$\sigma_{\perp} = 115 N/mm^2$$

$$\zeta_{\perp} = 94 N/mm^2$$

$$\zeta_{\parallel} = 60 N/mm^2$$

– Comprobaciones:

$$\sqrt{\sigma \perp^2 + 3 * (\zeta \perp^2 + \zeta \parallel^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{m2}}; 230 \leq 386$$

La primera comprobación se cumple.

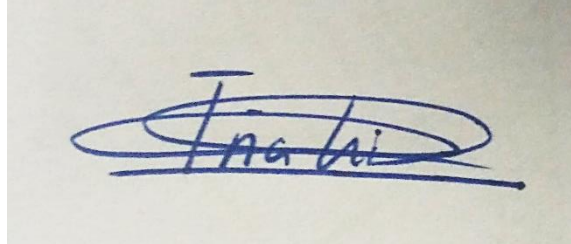
$$\sigma \perp \leq \frac{f_u}{\gamma_{m2}}; 94 \leq 328$$

La segunda comprobación también se cumple.

La soldadura está comprobada. 10mm de garganta y 122mm de longitud del cordón.

Villamediana de Iregua (La Rioja), Junio de 2018.

Por el autor



Fdo. Iñaki Mateo Oliván 16632513-V

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO N° 6.2. – CIMENTACIÓN.*

**Alumno/Alumna:** MATEO OLIVÁN, IÑAKI

**Director/Directora:** LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

**Curso:** 2017/2018

**Fecha:** 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	534
2. CIMENTACIÓN.....	535
2.1. Cimentación 1.....	536
2.1.1. Geometría.....	536
2.1.2. Armadura.....	536
2.1.3. Comprobaciones E.L.U.....	537
2.2. Cimentación 2.....	539
2.1.1. Geometría.....	539
2.2.2. Armadura.....	540
2.2.3. Comprobaciones E.L.U.....	540
2.3. Cimentación 3.....	545
2.3.1. Geometría.....	545
2.3.2. Armadura.....	545
2.3.3. Comprobaciones E.L.U.....	546
2.4. Cimentación 4.....	550
2.4.1. Geometría.....	550
2.4.2. Armadura.....	550
2.4.3. Comprobaciones E.L.U.....	551
2.5. Cimentación 5.....	553
2.4.1. Geometría.....	553
2.5.2. Armadura.....	553
2.5.3. Comprobaciones E.L.U.....	554
2.6. Cimentación 6.....	559
2.6.1. Geometría.....	559
2.6.2. Armadura.....	559
2.6.3. Comprobaciones E.L.U.....	559
4. CONCLUSIONES.....	565

## 1. INTRODUCCIÓN.

En el presente anejo se van a definir la geometría de las zapatas de las que se compone la cimentación, las armaduras de la misma, así como las distintas comprobaciones de Estado Limite Ultimo de cada una de ellas. Los cálculos se han realizado mediante el programa CYPE en el apartado de cimentaciones.

## 2. CIMENTACIÓN.

A continuación se muestra un esquema 3D de la disposición de la cimentación, así como una vista en planta y una numeración a partir de la cual se van a describir cada una de las distintas zapatas.

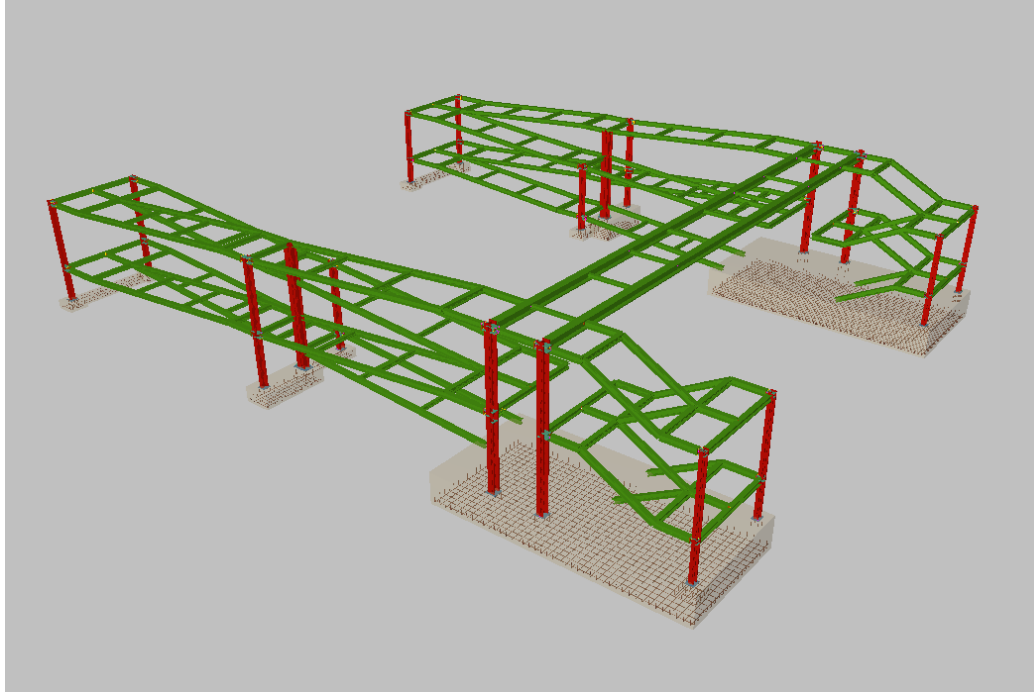


FIGURA 6.2.1: Estructura 3-D de la cimentación.

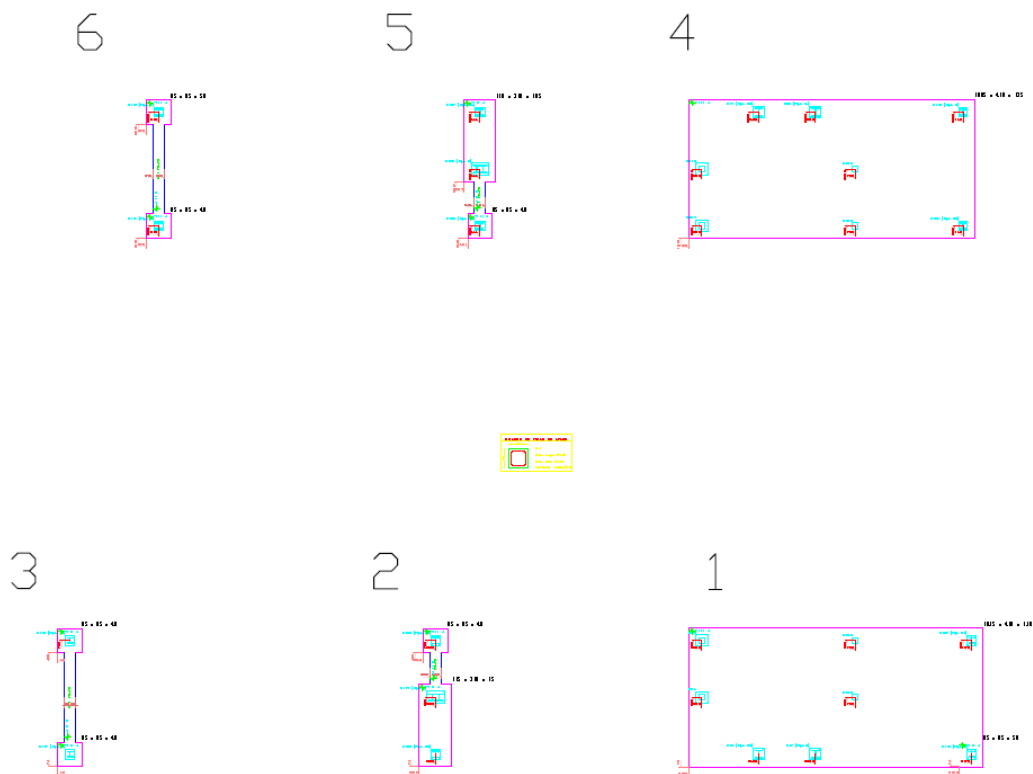


FIGURA 6.2.2: Disposición en planta de la cimentación.

## 2.1. Cimentación 1.

La cimentación 1 consiste en una losa de cimentación que recoge tanto los pilares de las escaleras y del tablero del lado alto y el remate de las escaleras y rampas de este mismo lado.

### 2.1.1. Geometría.

La geometría de la cimentación 1 es:

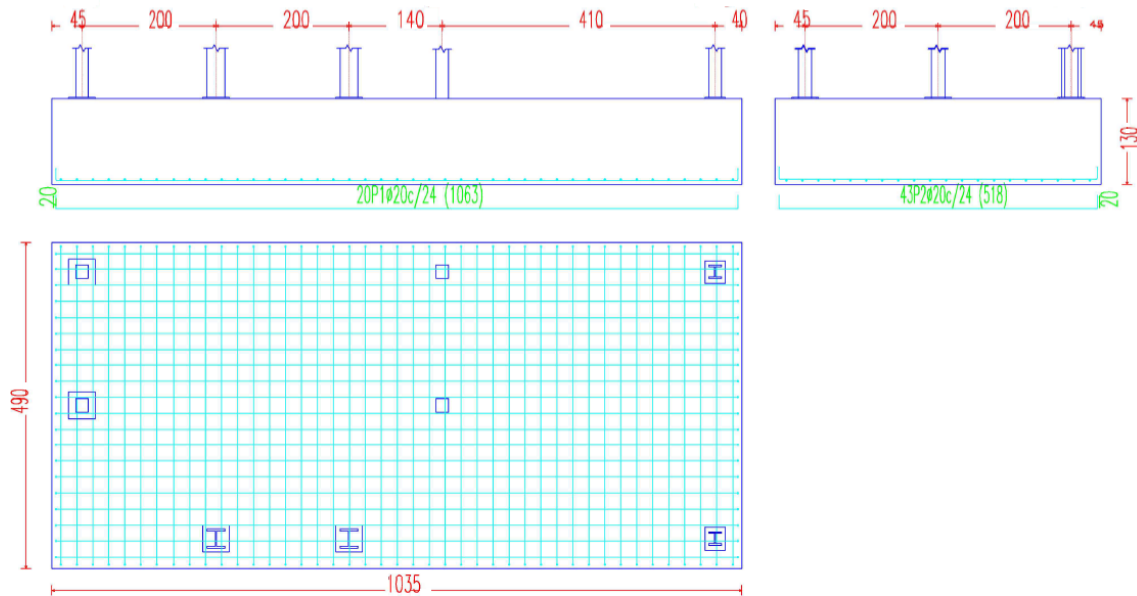


FIGURA 6.2.3: Dimensiones de la cimentación 1.

### 2.1.2. Armadura.

Los esfuerzos que transmiten los pilares solo hacen necesario que la armadura sea inferior. Esta se compone de barras corrugadas de acero B 400 S,  $Y_s=1,15$ . La armadura se compone de barras de 20mm de diámetro dispuestas longitudinal y transversalmente. El número de barras es 20 barras de forma longitudinal de 1063 cm de longitud y 43 barras de forma transversal con una longitud de 518 cm, todas ellas con una separación de 24 cm entre cada barra. Las patillas tienen 20 cm de prolongación.



### 2.1.3. Comprobaciones E.L.U.

Dimensiones: 1035 x 490 x 130 Armados: Xi:Ø20c/24 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>-Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 2 kp/cm<sup>2</sup> Calculado: 0.428 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>Máximo: 2.5 kp/cm<sup>2</sup> Calculado: 0.648 kp/cm<sup>2</sup></p> <p>Máximo: 2.5 kp/cm<sup>2</sup> Calculado: 0.675 kp/cm<sup>2</sup></p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i></p> <p>-En dirección X:</p> <p>-En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 8611.7 %</p> <p>Reserva seguridad: 343.3 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>-En dirección X:</p> <p>-En dirección Y:</p>	<p>Momento: -63.15 t·m</p> <p>Momento: -41.05 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>-En dirección X:</p> <p>-En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 23.78 t</p> <p>Cortante: 20.52 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>-Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>	<p>Máximo: 509.68 t/m<sup>2</sup> Calculado: 26.32 t/m<sup>2</sup></p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 130 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>-N17:</p> <p>-N18:</p> <p>-N116:</p> <p>-N137:</p>	<p>Calculado: 102 cm</p> <p>Mínimo: 30 cm</p> <p>Mínimo: 30 cm</p> <p>Mínimo: 40 cm</p> <p>Mínimo: 30 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuántía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i></p> <p>-Armado inferior dirección X:</p> <p>-Armado superior dirección X:</p> <p>-Armado inferior dirección Y:</p> <p>-Armado superior dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p> <p>Calculado: 0.001</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuántía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>-Armado inferior dirección X:</p> <p>-Armado inferior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0001</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>

Dimensiones: 1035 x 490 x 130		
Armados: Xi:Ø20c/24 Yi:Ø20c/24 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø20c/24		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0006	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 20 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 20 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 24 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 289 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 339 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 159 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 129 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## 2.2. Cimentación 2.

La cimentación dos consiste en una zapata que recoge dos de los pilares centrales de las rampas del lado alto, otra zapata aislada con la tercera zapata de las rampas de la zona central del lado alto y una viga de atado que une estas dos zapatas.

### 2.1.1. Geometría.

La geometría de la cimentación 2 es:

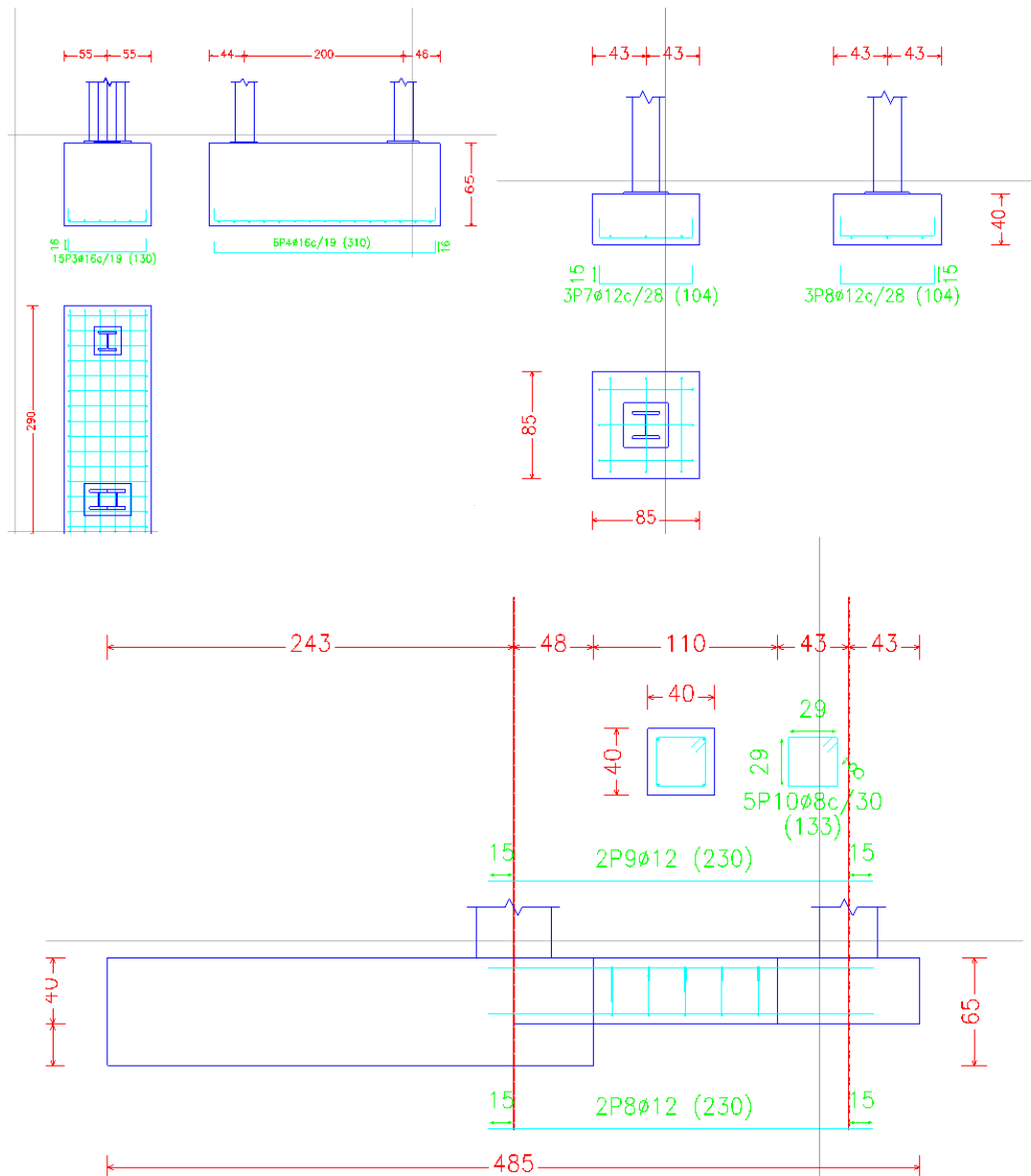


FIGURA 6.2.4: Dimensiones de la cimentación 2.

### 2.2.2. Armadura.

Todas las armaduras de esta cimentación se compone de barras corrugadas B 400 S con  $Y_s=1,15$ .

La zapata que une las dos vigas centrales tiene 17 barras en posición transversal con un diámetro de 12 cm, con una separación de 17 cm y una longitud de 134 cm. En posición longitudinal tiene 6 barras de 12 cm de diámetro, una separación de 17 cm y una longitud de barra de 309 cm.

La zapata aislada del tercer pilar central es una zapata cuadrada, por lo que las dimensiones longitudinal y transversal serán iguales y de 3 barras con una separación de 28 cm, de 12 cm de diámetro y 104 cm de longitud.

La viga de atado que une ambas zapatas posee 4 barras longitudinales de 12 cm de diámetro, de 200 cm de longitud sin contar 15 cm de prolongación a cada lado. Además, la armadura transversal se compone de 5 zunchos de 8 cm de diámetro separados unos 20 cm.

### 2.2.3. Comprobaciones E.L.U.

#### 2.2.3.1. Zapata de los dos pilares centrales.

Dimensiones: 115 x 290 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.014 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.121 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.383 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 129.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 393.9 %	Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X:	Momento: 22.61 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 11.59 t·m	Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X:	Cortante: 14.24 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 11.27 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 61.15 t/m <sup>2</sup>	Cumple

Dimensiones: 115 x 290 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Calculado: 58 cm	
-N119:	Mínimo: 54 cm	Cumple
-N155:	Mínimo: 30 cm	Cumple
Cuántía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuántía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 25 cm	Cumple

Dimensiones: 115 x 290 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 67 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 22 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 22 cm Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 147 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 122 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 2.2.3.2. Zapata aislada.

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.272 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.109 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.157 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Vuelco de la zapata:		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 335.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 379.4 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 2.96 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.95 t·m	Cumple

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
Cortante en la zapata:		
-En dirección X:	Cortante: 3.20 t	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 1.92 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
-Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup>	
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Calculado: 57.95 t/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm	
<i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
-N156:	Mínimo: 30 cm	
	Calculado: 33 cm	Cumple
Cuántía geométrica mínima:		
<i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuántía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
-Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm	
<i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
<i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
<i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 17 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 17 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 2.2.3.3. Viga de atado.

-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		
- No llegan estados de carga a la cimentación.		



## 2.3. Cimentación 3.

La cimentación 3 se compone de dos zapatas aisladas, cada una para uno de los pilares extremos de la rampa del lado alto, unidas por una viga de atado.

### 2.3.1. Geometría.

La geometría de la cimentación 3 es:

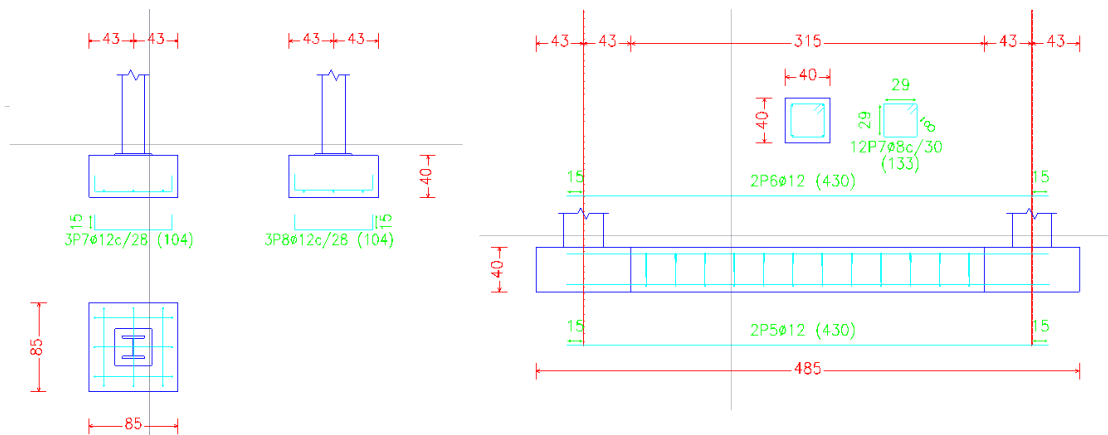


FIGURA 6.2.5: Dimensiones de la cimentación 3.

### 2.3.2. Armadura.

Todas las armaduras de esta cimentación se compone de barras corrugadas B 400 S con  $Y_s=1,15$ .

Ambas zapatas de los pilares son iguales. Son zapatas cuadradas con 3 barras corrugadas a cada lado de 12 cm de diámetro y una longitud de 104 cm, con unas patillas de 15 cm de prolongación.

La viga de atado que une ambas zapatas posee 4 barras longitudinales de 12 cm de diámetro, de 400 cm de longitud sin contar 15 cm de prolongación a cada lado. Además, la armadura transversal se compone de 12 zunchos de 8 cm de diámetro separados unos 25 cm.

### 2.3.3. Comprobaciones E.L.U.

#### 2.3.3.1. Zapata del pilar inferior.

Dimensiones: 85 x 85 x 40 Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> -Tensión media en situaciones persistentes: -Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: -Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.228 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.049 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.265 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b> <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> -En dirección X: -En dirección Y:	Reserva seguridad: 345.6 % Reserva seguridad: 224.3 %	Cumple Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b> -En dirección X: -En dirección Y:	Momento: 2.35 t·m Momento: 2.53 t·m	Cumple Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b> -En dirección X: -En dirección Y:	Cortante: 2.55 t Cortante: 2.73 t	Cumple Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b> -Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 54.88 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Canto mínimo:</b> <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b> -N117:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
<b>Cuántía geométrica mínima:</b> <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple Cumple
<b>Cuántía mínima necesaria por flexión:</b> <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0008 Calculado: 0.0011	Cumple

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
- Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 2.3.3.2. Zapata del pilar superior.

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.451 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.382 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.49 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Vuelco de la zapata:</b> <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 380.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 348.4 %	Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b>		
- En dirección X:	Momento: 2.32 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.75 t·m	Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b>		
- En dirección X:	Cortante: 1.62 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.10 t	Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Calculado: 54.29 t/m <sup>2</sup>	
<b>Canto mínimo:</b> <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm	Cumple
	Calculado: 40 cm	
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>		
- N118:	Mínimo: 30 cm	Cumple
	Calculado: 33 cm	
<b>Cuantía geométrica mínima:</b> <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	
	Calculado: 0.001	Cumple
<b>Cuantía mínima necesaria por flexión:</b> <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0008	
	Mínimo: 0.0007	Cumple
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm	Cumple
<i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Calculado: 12 mm	
<b>Separación máxima entre barras:</b> <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	
	Calculado: 28 cm	Cumple
<b>Separación mínima entre barras:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 10 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	
	Calculado: 28 cm	Cumple
<b>Longitud de anclaje:</b> <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm	Cumple
	Calculado: 15 cm	

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 2.3.3.3. Viga de atado.

-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		
- No llegan estados de carga a la cimentación.		

## 2.4. Cimentación 4.

La cimentación 4 recoge los mismos pilares que la cimentación 1. La única diferencia real entre la cimentación 1 y la cimentación 4 son las cargas a las que esta sometida.

### 2.4.1. Geometría.

La geometría de la cimentación 4 es:

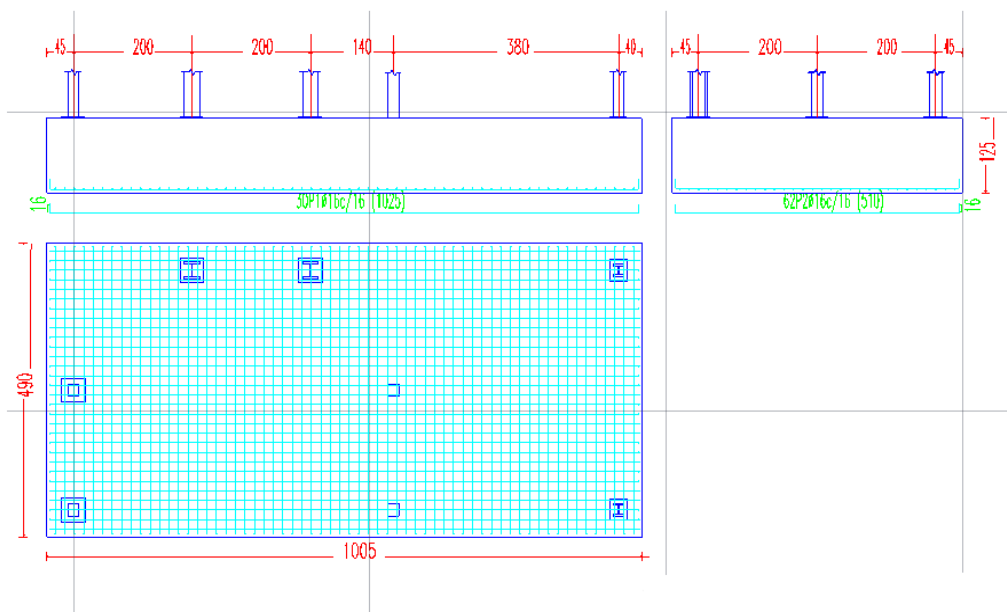


FIGURA 6.2.6: Dimensiones de la cimentación 4.

### 2.4.2. Armadura.

Los esfuerzos que transmiten los pilares solo hacen necesario que la armadura sea inferior. Esta se compone de barras corrugadas de acero B 400 S,  $Y_s=1,15$ . Al contrario que en la cimentación 1, en la cimentación 4, al existir unas cargas inferiores, la armadura se compone longitudinalmente por 30 barras de 16 cm de diámetro, una longitud de 1025 cm y 16 cm de separación. La armadura transversal se compone de 62 barras de 16 cm de diámetro, una longitud de 510 cm y también 16 cm de separación. Las patillas tienen una prolongación de 16 cm.

### 2.4.3. Comprobaciones E.L.U.

Dimensiones: 1005 x 490 x 125 Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.349 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.47 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.491 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 5210.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 563.4 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -14.00 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -25.93 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 12.64 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 14.85 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 17.64 t/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 125 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N19:	Mínimo: 49 cm	Cumple
- N20:	Mínimo: 60 cm	Cumple
- N113:	Mínimo: 49 cm	Cumple
- N154:	Mínimo: 40 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple

Dimensiones: 1005 x 490 x 125		
Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Cuántía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p> <p>- Parrilla superior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 16 mm</p> <p>Calculado: 16 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia abajo:</p>	<p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 108 cm</p> <p>Calculado: 142 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 349 cm</p> <p>Calculado: 483 cm</p> <p>Calculado: 176 cm</p> <p>Calculado: 206 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Longitud mínima de las patillas:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p>	<p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>



Dimensiones: 1005 x 490 x 125		
Armados: Xi:Ø16c/16 Yi:Ø16c/16 Xs:Ø16c/16 Ys:Ø16c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## 2.5. Cimentación 5.

La cimentación 5, al igual que lo que ocurría con la cimentación 1 y 4, es similar a la 2.

### 2.4.1. Geometría.

La geometría de la cimentación 5 es:

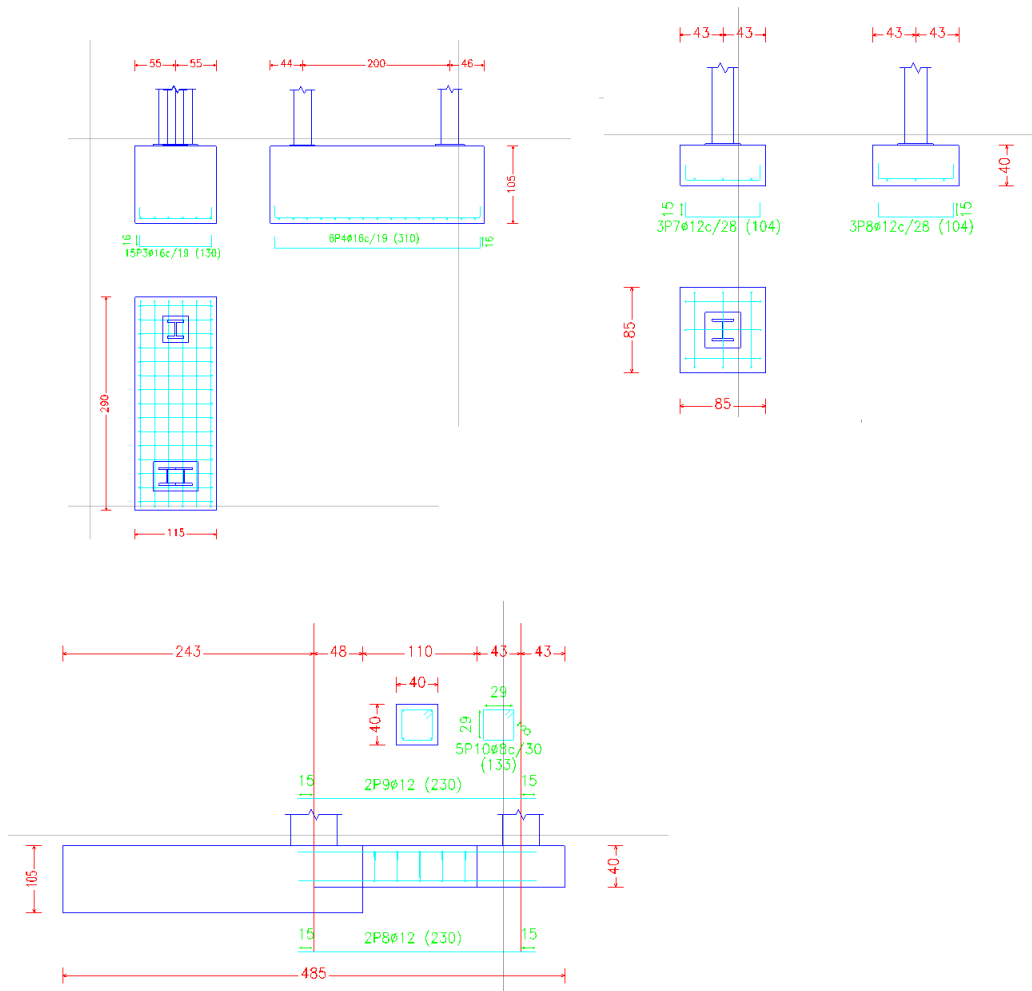


FIGURA 6.2.7: Dimensiones de la cimentación 5.

### 2.5.2. Armadura.

La armadura se compone de barras corrugadas de acero B 400 S,  $Y_s=1,15$ .

Al contrario que en la cimentación 2, la zapata que une las dos vigas centrales tiene 15 barras en posición transversal con un diámetro de 16 cm, con una separación de 19 cm y una longitud de 130 cm. En posición longitudinal tiene 6 barras de 16 cm de diámetro, una separación de 19 cm y una longitud de barra de 310 cm.

La zapata aislada del tercer pilar central exactamente igual que en la cimentación 2 y la viga de atado también.

### 2.5.3. Comprobaciones E.L.U.

#### 2.5.3.1. Zapata de los dos pilares centrales.

Dimensiones: 110 x 290 x 105 Armados: Xi:Ø16c/19 Yi:Ø16c/19 Xs:Ø16c/19 Ys:Ø16c/19		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Tensiones sobre el terreno:</b> <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.994 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.103 kp/cm <sup>2</sup> Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.332 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b> <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 173.2 % Reserva seguridad: 365.1 %	Cumple Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 26.74 t·m Momento: 14.74 t·m	Cumple Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b> - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 0.00 t Cortante: 0.00 t	Cumple Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 40.93 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Canto mínimo:</b> <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 105 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b> - N120: - N157:	Calculado: 97 cm Mínimo: 95 cm Mínimo: 30 cm	Cumple Cumple
<b>Cuántía geométrica mínima:</b> <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple

Dimensiones: 110 x 290 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/19 Yi:Ø16c/19 Xs:Ø16c/19 Ys:Ø16c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 43 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 99 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 126 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple

Dimensiones: 110 x 290 x 105		
Armados: Xi:Ø16c/19 Yi:Ø16c/19 Xs:Ø16c/19 Ys:Ø16c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 2.5.3.2. Zapata aislada.

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
<b>Tensiones sobre el terreno:</b>		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.267 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.958 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.092 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b>		
<i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 408.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 398.2 %	Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b>		
- En dirección X:	Momento: 2.00 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.39 t·m	Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b>		
- En dirección X:	Cortante: 1.29 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.79 t	Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 47.77 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
<b>Canto mínimo:</b>		
<i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>		
- N158:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
<b>Cuánta geométrica mínima:</b>		
<i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
Cuántía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 2.5.3.3. Viga de atado.

-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	

-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos:		
- Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

## 2.6. Cimentación 6.

Al igual que lo que ocurre entre la cimentación 1 y 4, y entre la 2 y la 5, la cimentación 6 es similar a la cimentación 3.

### 2.6.1. Geometría.

La geometría de la cimentación 6 es:

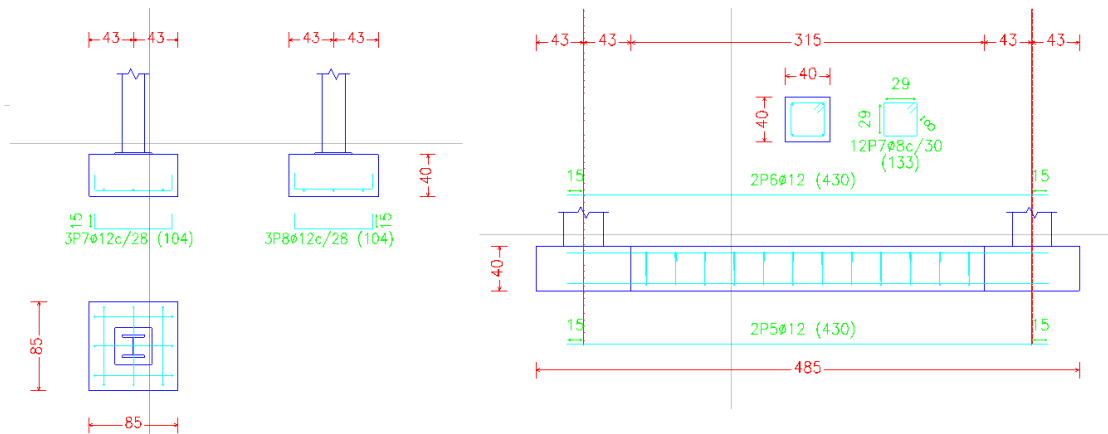


FIGURA 6.2.8: Dimensiones de la cimentación 6.

### 2.6.2. Armadura.

La armadura de la cimentación 6 es exactamente la misma que en la cimentación 3.

### 2.6.3. Comprobaciones E.L.U.

#### 2.3.3.1. Zapata del pilar inferior.

Dimensiones: 85 x 85 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: Criterio de CYPE Ingenieros -Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 0.871 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple

Dimensiones: 85 x 85 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.021 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.874 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
<b>Vuelco de la zapata:</b> <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
-En dirección X:	Reserva seguridad: 128.3 %	Cumple
-En dirección Y:	Reserva seguridad: 735.9 %	Cumple
<b>Flexión en la zapata:</b>		
-En dirección X:	Momento: 3.96 t·m	Cumple
-En dirección Y:	Momento: 2.48 t·m	Cumple
<b>Cortante en la zapata:</b>		
-En dirección X:	Cortante: 3.09 t	Cumple
-En dirección Y:	Cortante: 1.77 t	Cumple
<b>Compresión oblicua en la zapata:</b>		
-Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 33.97 t/m <sup>2</sup>	Cumple
<b>Canto mínimo:</b> <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
<b>Espacio para anclar arranques en cimentación:</b>		
-N115:	Mínimo: 40 cm Calculado: 43 cm	Cumple
<b>Cuántía geométrica mínima:</b> <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
<b>Cuántía mínima necesaria por flexión:</b> <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0007	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0005	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
<b>Diámetro mínimo de las barras:</b> <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>		
-Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
-Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
<b>Separación máxima entre barras:</b> <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple



Dimensiones: 85 x 85 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 2.3.3.1. Zapata del pilar superior.

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.009 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1.863 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.5 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2.026 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 252.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 376.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 2.45 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.70 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 2.76 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.79 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m <sup>2</sup> Calculado: 43.9 t/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N114:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0008	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0006	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Máximo: 30 cm Calculado: 28 cm	Cumple

Dimensiones: 85 x 85 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 18 cm Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

### 2.3.3.1. Viga de atado.

-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple

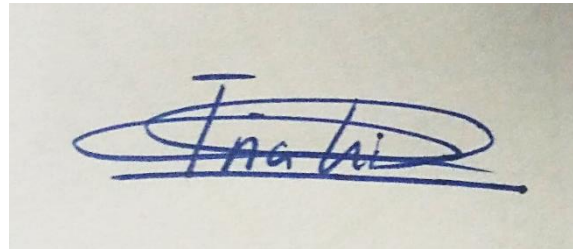
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
<b>Información adicional:</b> - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

#### 4. CONCLUSIONES.

En caso de la no comprensión de alguna de las descripciones geométricas tanto para las cimentaciones como para las barras que componen la armadura de la cimentación definida en este anejo, consultar los planos que hacen referencia a la cimentación.

Villamediana de Iregua (La Rioja), Junio de 2018.

Por el autor



Fdo. Iñaki Mateo Oliván 16632513-V

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 7 – OBRA DE CONTENCIÓN.*

**Alumno/Alumna:** MATEO OLIVÁN, IÑAKI

**Director/Directora:** LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

**Curso:** 2017/2018

**Fecha:** 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. ....	568
2. NORMATIVA VIGENTE .....	568
3. CRITERIOS DE INSTALACIÓN. ....	569
4. CRITERIOS DE EMPLEO DE LAS BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS. ....	574
4.1. Selección de la clase y nivel de contención .....	574
4.2. Selección de la clase de anchura de trabajo y deflexión dinámica. ....	575
4.2.1. Protección frente a un obstáculo. ....	575
4.2.2. Protección frente a un desnivel. ....	576
4.3. Selección del índice de severidad. ....	576
5. ELECCIÓN DEL SISTEMA .....	578
6. DISPOSICIÓN. ....	579
6.1. Disposición longitudinal. ....	579
6.1.1. Generalidades. ....	579
6.1.2. Anticipación del comienzo. ....	579
6.1.3. Prolongación de la terminación. ....	580
6.1.4. Continuidad. ....	581
6.2. Disposición transversal. ....	581
6.2.1. Distancias al borde de calzada. ....	581
6.2.2. Distancias a obstáculos o desniveles. ....	582
6.3. Disposición en altura. ....	583
6.4. Inclinación. ....	584
6.5. Cimentación .....	584
6.6. Extremos .....	585
7. ELECCIÓN DE LA BARRERA. ....	588
8. DISPOSICIÓN FINAL Y CONCLUSIONES. ....	589
8.1. Disposición final. ....	589
8.2. Conclusiones. ....	589
9. PLANOS. ....	590

## 1. INTRODUCCIÓN.

Las barreras de seguridad metálicas como sistemas de contención de vehículos son elementos de las carreteras cuya función es sustituir un accidente de circulación por otro de consecuencias más predecibles y menos graves, pero no evitan que el mismo se produzca, ni están exentas de algún tipo de riesgo para los ocupantes del vehículo.

Para el presente proyecto, se debe de tener en cuenta esto para la protección de la propia estructura y para la seguridad de los conductores.

Cabe destacar que en el margen derecho ya existe una obra de contención, pero el objetivo de este anejo es comprobar que con dicha barrera es suficiente en dicho margen y además comprobar si será necesaria en el otro.

## 2. NORMATIVA VIGENTE



Las barreras de seguridad se han proyectado de acuerdo con la siguiente normativa:

- O.C. 18/2004 sobre “Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas”.
- O.C. 18bis/2008 sobre “Criterios de empleo de sistemas para protección de motociclistas”, ampliación de la O.C. 18/2004.
- O.C. 28/2009 sobre “Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas”.
- Desde el 1 de enero de 2011 es obligatorio el marcado CE también en barreras y pretilos de hormigón. En consecuencia, sólo aquellas barreras y pretilos de hormigón que una vez ensayadas cumplan todos los requisitos y posean el correspondiente certificado de conformidad CE, Norma UNE-EN-1317, podrán ser instaladas en la Red de Carreteras del Estado.

### 3. CRITERIOS DE INSTALACIÓN.

La instalación de barreras de seguridad metálicas estará justificada en los siguientes casos:

- Zonas en las que se detecte, como consecuencia de la presencia de obstáculos, desniveles o elementos de riesgo próximos a la calzada, la probabilidad de que se produzca un accidente normal, grave o muy grave y haya que descartar las soluciones alternativas.
- Zonas cuya protección haya sido incluida entre las medidas correctoras derivadas de una Declaración de Impacto Ambiental (como lagos, humedales, cursos de agua, yacimientos arqueológicos, etc.), aun cuando no haya un obstáculo o desnivel en las proximidades del borde de la calzada.

En el primero de los casos (presencia de obstáculos, desniveles o elementos de riesgo cercanos a la calzada) se considerará el riesgo de accidente, relacionado con la probabilidad del suceso y con la magnitud de los daños y lesiones previsibles, tanto para los ocupantes del vehículo como para otras personas o bienes situados en las proximidades. Se admitirá que el riesgo de accidente es el siguiente:

1) Riesgo de accidente muy grave:

- a) Paso sobre:
  - Una vía férrea de alta velocidad.
  - Una vía férrea por la que circulen, de media anual, más de 6 trenes por hora.
  - Una vía férrea por la que circulen, de media anual, más de 6 trenes por semana, que contengan al menos un vagón cargado con gases inflamables o tóxicos, o líquidos inflamables.
- b) Existencia de una vía férrea paralela próxima a la carretera y situada a más de 1 m por debajo del nivel de esta.
- c) Existencia a nivel inferior de instalaciones contiguas a una obra de paso, permanentemente habitadas o utilizadas para almacenamiento de sustancias peligrosas, o que presten servicio público de interés general, previamente autorizadas a tal fin y situadas dentro de la zona de afección de la carretera.
- d) Existencia a nivel inferior de una vía férrea, autopista, autovía o carretera convencional, y que en el emplazamiento de la carretera concurren curvas horizontales o acuerdos verticales de dimensiones inferiores a las admisibles por la norma de trazado.

2) Riesgo de accidente grave:

- a) Casos en los que falte alguno de los requisitos descritos para ser considerado como riesgo de accidente muy grave, siendo la intensidad media diaria (IMD) por calzada superior a 10 000 vehículos.
- b) Velocidad de proyecto  $V_p$  superior a 60 km/h y en las proximidades existencia de:
  - Elementos en los que un choque pueda producir la caída de objetos de gran masa sobre la plataforma (tales como pilas de pasos superiores, pórticos o banderolas de señalización, estructuras de edificios, pantallas antirruído y otros similares).

- Obstáculos tales que el choque de un vehículo contra ellos pueda producir daños graves en elementos estructurales de un edificio, paso superior u otra construcción.
  - c) Velocidad de proyecto  $V_p$  superior a 80 km/h y existencia en las proximidades de:
    - Ríos, embalses y otras masas de agua con corriente impetuosa o profundidad superior a 1 m y barrancos o zanjas profundas.
    - Accesos a puentes, túneles y pasos estrechos.
  - d) Carreteras o calzadas paralelas en el sentido opuesto de circulación, en las que la anchura de la mediana (definida según Reglamento General de Carreteras; R.D. 1812/1994), de las calzadas, o entre la calzada principal y la de servicio, sea inferior a la establecida en la tabla 1 o que, siendo esta distancia igual o superior a la mencionada, esté justificado específicamente.
- 3) Riesgo de accidente normal:
- a) Casos en los que falte alguno de los requisitos descritos para ser considerado como riesgo de accidente grave.
  - b) Velocidad de proyecto  $V_p$  superior a 80 km/h y existencia en las proximidades de:
    - Obstáculos, árboles o postes, de más de 15 cm de diámetro, o postes SOS.
    - Elementos de sustentación de carteles de señalización o báculos de alumbrado no provistos de un fusible estructural (según la norma UNE-EN 12767) que permita su fácil desprendimiento o abatimiento ante un impacto o que, aun estando provistos de un fusible estructural, su caída en caso de impacto pueda provocar daños a terceros.
    - Muros, tablestacados, edificios, instalaciones, cimentaciones o elementos del drenaje superficial (arquetas, impostas, etc.) que sobresalgan del terreno más de 7 centímetros.
    - Siempre que la intensidad media diaria (IMD) sea superior a 1.500 vehículos, los escalones y cunetas de más de 15 cm de profundidad, excepto las denominadas cunetas de seguridad.
    - Desmontes, si el talud (relación H: V) es inferior a:
      - 3:1, si los cambios de inclinación transversal no se han redondeado.
      - 2:1, si los cambios de inclinación transversal se han redondeado.
    - Terraplenes, si el talud (relación H: V) es inferior a:
      - 5:1, si los cambios de inclinación transversal no se han redondeado.
      - 3:1, si los cambios de inclinación transversal se han redondeado o, en todo caso, si el terraplén es de altura superior a 3 metros.
  - c) Obras de paso, cuando no se den los requisitos para que el riesgo de accidente sea grave o muy grave.
  - d) Existencia en las proximidades de un muro de sostenimiento en una carretera con velocidad de proyecto  $V_p$  superior a 60 km/h y terreno accidentado o muy accidentado.
  - e) Siempre que se justifique, en emplazamientos singulares, tales como:
    - Nudos complejos en los que resulte más probable un error por parte del conductor.
    - Intersecciones situadas en las proximidades de obras de paso.
    - Emplazamientos con una accidentalidad anormalmente elevada.

De acuerdo a la mencionado anteriormente, el tipo de riesgo del proyecto es riesgo grave, ya que la velocidad de proyecto es superior a 60km/h y que un choque contra el paso elevado puede ocasionar daños graves en los elementos estructurales.

Además de lo anterior, la siguiente tabla expresa la distancia mínima en metros desde el borde de la carretera a un obstáculo o desnivel por debajo de la cual se justifica la disposición de barreras de seguridad.

**TABLA 1. DISTANCIA (m) DEL BORDE DE LA CALZADA (BORDE EXTERIOR DE LA MARCA VIAL) A UN OBSTÁCULO O DESNIVEL, POR DEBAJO DE LA CUAL SE CONSIDERA QUE EXISTE RIESGO DE ACCIDENTE, SEGÚN LA GRAVEDAD DEL MISMO**

TIPO DE CARRETERA	TIPO DE ALINEACIÓN	INCLINACIÓN <sup>(*)</sup> TRANSVERSAL DEL MARGEN <sup>(**)</sup> HORIZONTAL:VERTICAL	RIESGO DE ACCIDENTE	
			GRAVE O MUY GRAVE	NORMAL
CARRETERAS DE CALZADA ÚNICA	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	7,5	4,5
		8:1 a 5:1	9	6
	< 5:1	12	8	
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
< 5:1	16	14		
CARRETERAS CON CALZADAS SEPARADAS	Recta, lados interiores de curvas, lado exterior de una curva de radio > 1 500 m	> 8:1	10	6
		8:1 a 5:1	12	8
	< 5:1	14	10	
	Lado exterior de una curva de radio < 1 500 m	> 8:1	12	10
		8:1 a 5:1	14	12
< 5:1	16	14		

<sup>(\*)</sup>: en todo el texto de estas Recomendaciones las pendientes transversales se expresan mediante la relación «horizontal:vertical».

<sup>(\*\*)</sup>: entre el borde exterior de la marca vial y el obstáculo o desnivel. Los valores indicados corresponden a una pendiente transversal, es decir, donde la cota del margen disminuya al alejarse de la calzada; para el caso opuesto (rampa transversal) se emplearán los límites dados para una pendiente transversal > 8:1. La rampa transversal podrá incluir una cuneta, siempre que la inclinación de sus taludes sea inferior a 5:1. En todo caso los cambios de inclinación transversal se suavizarán, particularmente para pendientes < 5:1.

*FIGURA 7.1: Distancia en metros del borde de la calzada a un obstáculo o desnivel por debajo de la cual existe riesgo de accidente.*

Para el proyecto, el margen derecho corresponde al lado exterior de una curva de radio mayor a 1500 metros y además con un terraplén menor a 5:1, en concreto 2:1 en la anteriormente mencionada acequia, por lo que la distancia mínima para justificar una barrera es de 16 metros, teniendo nosotros un metro y medio, por lo que está totalmente justificada. Además, la distancia hasta la obra de paso sería de 3,5 metros, que también justifican la implantación de una obra barrera. En cuanto al margen izquierdo, tenemos el

lado interior de una curva, con un terraplén de 6:1, por lo que la distancia mínima será de 9 metros y aproximadamente se tienen unos 4 metros, por lo que la obra de contención en este margen también está justificada. Cabe decir que en ambos casos el riesgo es grave o muy grave.

## 4. CRITERIOS DE EMPLEO DE LAS BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS.

### 4.1. Selección de la clase y nivel de contención

La selección de la clase y nivel de contención de una barrera de seguridad metálica a disponer en los márgenes de la carretera se efectuará atendiendo al riesgo de accidente detectado (apartado 3) y se seguirán los siguientes criterios:

- Donde las características del tramo en estudio determinen la existencia de un riesgo de accidente normal, (apartado 3), las barreras de seguridad metálicas deberán ser de contención normal (nivel N2). Excepcionalmente y siempre que se justifique, podrán emplearse niveles de contención superiores al indicado.
- Donde se detecte un riesgo de accidente grave o muy grave (apartado 3), las barreras de seguridad metálicas deberán ser de contención alta (niveles H1, H2 y H3).
- Las barreras de seguridad metálicas podrán ser de contención muy alta (nivel H4) exclusivamente donde se determine la existencia de un riesgo de accidente muy grave (apartado 3) y se deberán utilizar con carácter excepcional. A los efectos anteriores, el empleo de una barrera de seguridad metálica de contención muy alta requerirá autorización expresa de la Dirección General de Carreteras, que deberá solicitarse para cada obra o actuación concreta.
- Cuando otras circunstancias no derivadas de la existencia de un obstáculo o desnivel o elemento de riesgo justifiquen la instalación de barreras de seguridad metálicas, se podrán emplear dispositivos de contención normal (nivel N2).

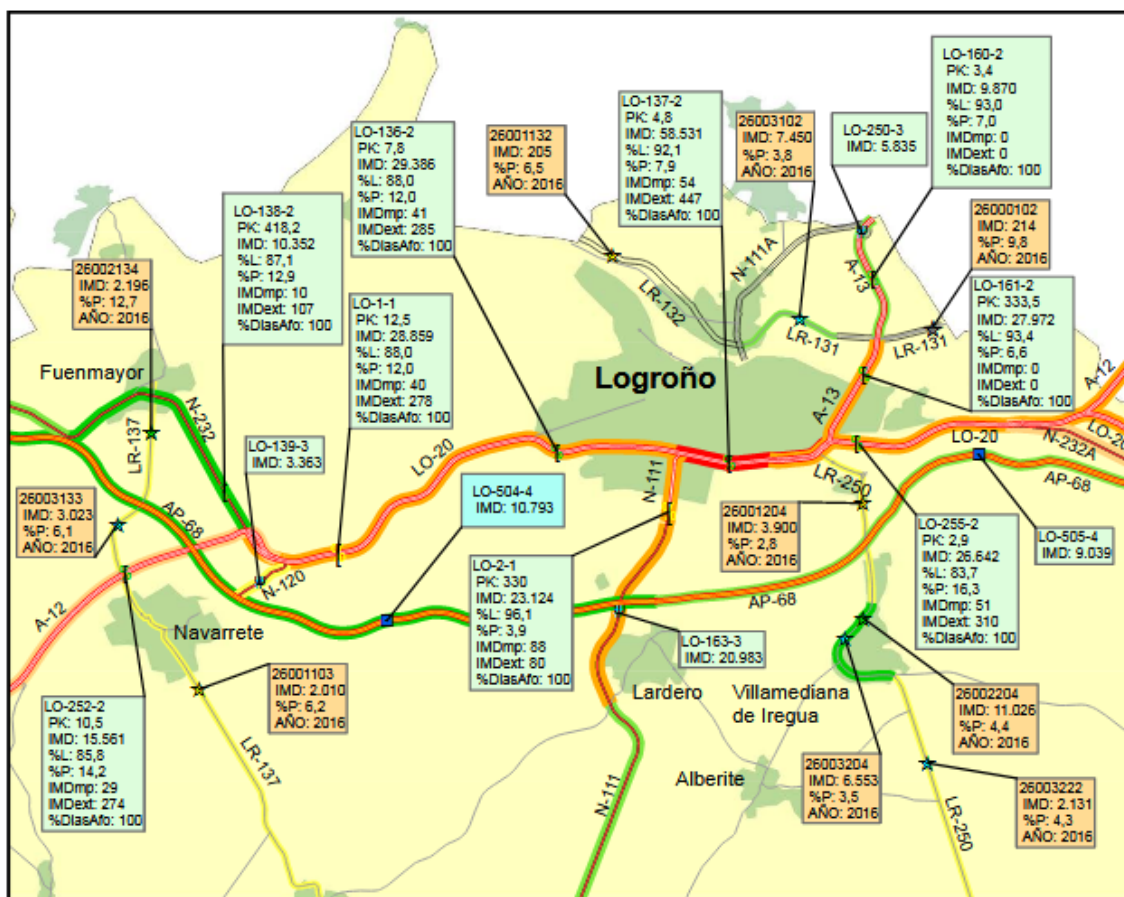
La selección de un nivel de contención determinado deberá tener en cuenta al menos los parámetros de la carretera, especialmente la velocidad de proyecto y el valor de intensidad media de vehículos pesados (incluidos autocares) por sentido. La tabla 6 proporciona un criterio orientativo de selección para cada tipo de accidente en función de la intensidad media de vehículos pesados.

**TABLA 6. SELECCIÓN DEL NIVEL DE CONTENCIÓN RECOMENDADO PARA BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS, SEGÚN EL RIESGO DE ACCIDENTE**

RIESGO DE ACCIDENTE <sup>(*)</sup>	CLASE DE CONTENCIÓN	INTENSIDAD MEDIA DE PESADOS POR SENTIDO	NIVEL DE CONTENCIÓN
MUY GRAVE	Muy alta		H3 – H2 – H1
GRAVE	Alta	$IMD_p \geq 5000$	H2 - H1
		$400 \leq IMD_p < 5000$	H1
		$IMD_p < 400$	H1 – N2
NORMAL	Normal		H1 – N2

<sup>(\*)</sup> Definición del riesgo de accidente según Apartado 2.2 «Criterios de instalación» del Capítulo 2 «Empleo de las barreras de seguridad metálicas» de la O. C. 28/2009 «Criterios de aplicación de barreras de seguridad metálicas».

*FIGURA 7.2: Selección del nivel de contención en función del riesgo de accidente.*



**Ampliación Logroño Escala 1 : 80.000**

Figura 7.3: IMD carreteras de La Rioja. Ministerio de fomento

Como se puede observar en el mapa de aforos del ministerio de fomento, el tramo de la carretera LR-250 tiene una IMD de 6553, con un 3,5% de pesados, por lo que tenemos una IMDp de 230 vehículos pesados.

Como se tiene una gravedad alta y una IMDp menor a 400, el nivel de contención que corresponde es H1-N2.

## 4.2. Selección de la clase de anchura de trabajo y deflexión dinámica.

### 4.2.1. Protección frente a un obstáculo.

Cuando una barrera de seguridad metálica tenga por objeto proteger al vehículo del impacto con un obstáculo, se seleccionará la clase de anchura de trabajo de la barrera de seguridad metálica a disponer en los márgenes de la carretera, para lo cual se tendrá en cuenta lo establecido en la tabla 7 en función de la distancia transversal al obstáculo a proteger (do). La clase de anchura de trabajo deberá ser alguna de las indicadas en la citada tabla.

**TABLA 7. DISTANCIA TRANSVERSAL AL OBSTÁCULO ( $d_o$ )  
 Y CLASES DE ANCHURA DE TRABAJO (UNE-EN 1317)**

DISTANCIA AL OBSTÁCULO, $d_o$ (m)	CLASE DE ANCHURA DE TRABAJO NECESARIA
$d_o \leq 0,6$	W1
$0,6 < d_o \leq 0,8$	W2 a W1
$0,8 < d_o \leq 1,0$	W3 a W1
$1,0 < d_o \leq 1,3$	W4 a W1
$1,3 < d_o \leq 1,7$	W5 a W1
$1,7 < d_o \leq 2,1$	W6 a W1
$2,1 < d_o$	W7 a W1

FIGURA 7.4: Distancia al obstáculo y anchuras de trabajo.

La distancia hasta el obstáculo será la distancia desde el borde de la carretera hasta el obstáculo. En el caso del margen derecho es de 2,1 metros, y en el margen izquierdo es de 4,1 metros.

Por lo tanto, en el margen derecho se puede escoger desde W1 hasta W6 y en el margen izquierdo desde W1 hasta W7.

#### 4.2.2. Protección frente a un desnivel.

Cuando una barrera de seguridad metálica tenga por objetivo proteger al vehículo de la caída por un desnivel, se seleccionará de manera que la distancia transversal al desnivel ( $d_n$ ) sea igual o mayor a la deflexión dinámica.

#### 4.3. Selección del índice de severidad.

El impacto de un vehículo contra una barrera de seguridad metálica, además de producir un desplazamiento transversal del sistema de contención, implica ciertos riesgos a sus ocupantes.

Por ese motivo, otra característica importante que define el comportamiento de una barrera de seguridad metálica es la severidad que el impacto supone para los ocupantes del vehículo. Este se determina mediante el índice de severidad de impacto, definido en la norma UNE-EN 1317, que está relacionado con tres indicadores que se calculan a partir de los resultados obtenidos en los ensayos de impacto con vehículos ligeros. Estos indicadores son el índice de severidad de la aceleración (ASI), la velocidad teórica de impacto de la cabeza (THIV) y la deceleración de la cabeza tras el choque (PHD).

Las barreras de seguridad metálicas se clasifican según su índice de severidad de impacto en las clases A, B y C, tal como se recoge en la norma UNE-EN 1317, siendo la clase A de menor severidad para los ocupantes del vehículo que la B y a su vez menor que la C.



En la FIGURA 7.5 se definen los índices de severidad de impacto y los valores de los indicadores ASI, THIV y PHD definidos en la norma UNE-EN 1317 para las barreras de seguridad metálicas.

**TABLA 4. ÍNDICES DE SEVERIDAD DEL IMPACTO DE BARRERAS DE SEGURIDAD METÁLICAS, SEGÚN LA NORMA UNE-EN 1317**

ÍNDICE DE SEVERIDAD DEL IMPACTO	VALORES DE LOS INDICADORES		
	ASI	THIV (km/h)	PHD (g) <sup>(*)</sup>
A	ASI ≤ 1,0	≤ 33	≤ 20
B	1,0 < ASI ≤ 1,4	≤ 33	≤ 20
C	1,4 < ASI ≤ 1,9	≤ 33	≤ 20

<sup>(\*)</sup>: aceleración de la gravedad.

FIGURA 7.5: Índices de severidad.

A efectos de seleccionar el índice de severidad de las barreras de seguridad metálicas, serán preferibles, a igualdad de contención y desplazamiento transversal durante el impacto, las de índice de severidad A sobre las del B. No se admitirá el empleo de barreras de seguridad metálicas de severidad C ( $1,4 < ASI \leq 1,9$ ), salvo casos excepcionales que se justifiquen adecuadamente y requiriéndose autorización expresa de la Dirección General de Carreteras, que deberá solicitarse para cada obra o actuación concreta.

Tal y como se indica en la norma, se elige un índice de severidad A porque es el más seguro, tanto para la estructura como para los ocupantes de un vehículo en caso de accidente.

## 5. ELECCIÓN DEL SISTEMA

Una vez se haya definido la clase, nivel de contención e índice de severidad de la barrera de seguridad metálica y, en su caso, el tipo (simple o doble), clase de anchura de trabajo o de deflexión dinámica, se seleccionará el sistema de barrera de seguridad metálica más adecuado. La selección del sistema se efectuará atendiendo a lo establecido en estas recomendaciones y se tendrán en cuenta especialmente los siguientes aspectos:

- Características del sistema y sus condiciones de ensayo, según la norma UNE-EN 1317.
- Para las clases de contención alta y muy alta, el tipo de vehículo cuyo franqueamiento se quiere evitar, que determinará el nivel de contención necesario.
- El espacio físico disponible para la instalación del sistema y para su desplazamiento transversal en caso de impacto de un vehículo.
- La severidad del impacto de un vehículo ligero con el sistema, dado por el índice de severidad del impacto obtenido en los ensayos realizados según la norma UNE EN 1317.
- El coste de instalación y conservación del sistema.
- Las condiciones del terreno para el cimiento y, en su caso, el anclaje.
- Necesidades especiales, como tramos desmontables, anclajes, extremos, etc.
- La conexión con otras barreras de seguridad metálicas o pretilas contiguos.
- Las previsiones de recrecimiento a medio plazo de los elementos adyacentes que puedan modificar la rasante de la carretera (rehabilitación del firme, variación del perfil de la carretera, etc.).
- Los sistemas de barreras de seguridad metálicas dispuestos en tramos anteriores y posteriores, a efectos de utilizar el menor número de sistemas distintos.

En tramos con elevadas intensidades de circulación (carreteras en tramos urbanos) se valorará especialmente la disponibilidad del espacio necesario para realizar las labores de conservación y reposición de los elementos del sistema con la menor afeción al flujo de tráfico.

## 6. DISPOSICIÓN.

### 6.1. Disposición longitudinal.

#### 6.1.1. Generalidades.

Las barreras de seguridad metálicas se situarán como norma general paralelas al eje de la carretera (aunque en curvas se podrán adoptar otras disposiciones para reducir el ángulo de impacto), de forma que intercepten la trayectoria de los vehículos fuera de control que, de no estar aquellas, llegarían a alcanzar los desniveles u obstáculos.

En los apartados siguientes se establecen las longitudes de anticipación del comienzo y de prolongación de la terminación de las barreras de seguridad metálicas. Estas longitudes tienen por objeto evitar que el vehículo pueda alcanzar el obstáculo o desnivel del cual el sistema de contención le pretende proteger. Por otro lado, las barreras de seguridad metálicas precisan una longitud mínima de instalación para poder funcionar adecuadamente frente al impacto de un vehículo. Esta longitud mínima de una barrera de seguridad metálica dispuesta de forma aislada, corresponderá con la longitud empleada en los ensayos de choque según la norma UNE EN 1317. Por lo tanto, si la longitud total que resulta de la aplicación de los siguientes criterios es inferior a la longitud de instalación empleada en los ensayos de impacto a escala real, se adoptará esta última.

#### 6.1.2. Anticipación del comienzo.

Cuando una barrera de seguridad metálica paralela a la carretera tenga por objeto evitar que un vehículo alcance un desnivel o un obstáculo de grandes dimensiones (conjunto de árboles, desmontes, edificaciones, estructuras, soportes de pórtico o banderolas, etc.), se recomienda iniciar la barrera de seguridad metálica antes de la sección en que empieza el obstáculo o desnivel, a una distancia mínima  $L_r$  dada por la tabla 9 (sin contar la longitud del extremo o tratamiento del inicio o fin de la barrera de seguridad metálica) manteniendo el tipo de barrera de seguridad metálica y su nivel de contención. Ver figura 5.

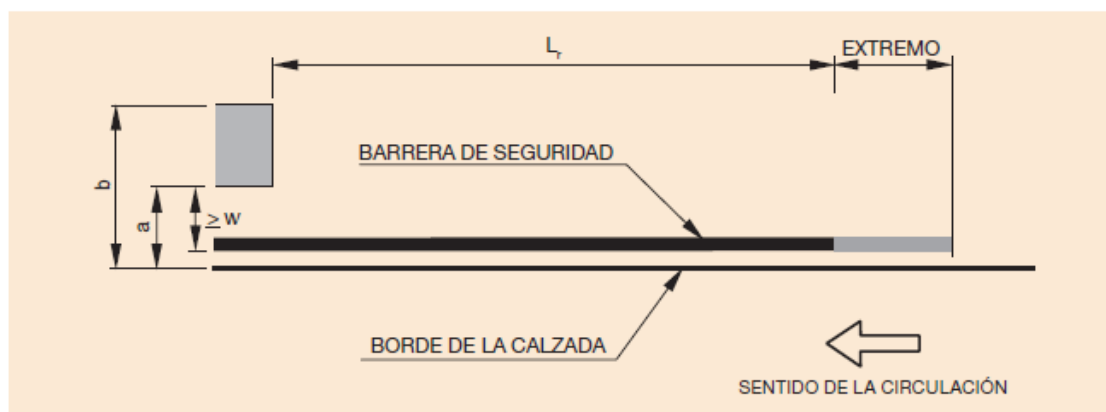


FIGURA 7.6: Longitud de anticipación.

**TABLA 9. DISTANCIA MÍNIMA  $L_r$  (m) DEL COMIENZO DE LA BARRERA DE SEGURIDAD METÁLICA A LA SECCIÓN EN QUE RESULTA ESTRICTAMENTE NECESARIA**

DISTANCIA TRANSVERSAL A UN OBSTÁCULO O DESNIVEL		TIPO DE CARRETERA	
		CALZADA ÚNICA	CALZADAS SEPARADAS
$a < 2 \text{ m}$	$b$ cualquiera	100	140
	$b \leq 4 \text{ m}$	64	84
$a \geq 2 \text{ m}$	$4 \text{ m} < b \leq 6 \text{ m}$	72	92
	$b > 6 \text{ m}$	80	100

*FIGURA 7.7: Distancia mínima desde el comienzo de la barrera hasta el obstáculo.*

Para la acequia del margen derecho,  $a$  es un metro y medio, por lo que la distancia mínima del comienzo de la barrera de seguridad es de 100 metros, pero como la barrera ya colocada es continua a lo largo de la carretera no debería existir ningún problema. En cuanto al margen izquierdo,  $a$  es mayor a dos metros y  $b$  es mayor a 6 metros, por lo que la distancia mínima del comienzo de la barrera de seguridad es de 100 metros.

### 6.1.3. Prolongación de la terminación.

Más allá (en el sentido de circulación del vehículo) de la sección en que termina el obstáculo o desnivel, se recomienda prolongar la barrera de seguridad metálica, con los siguientes criterios:

- En carreteras de calzada única y calzadas con carriles reversibles, la prolongación de la terminación de la barrera de seguridad metálica para un sentido de circulación, deberá ser igual a la anticipación de su comienzo para el sentido contrario (ver figura 8).
- En carreteras con calzadas separadas, la prolongación de la terminación de la barrera de seguridad metálica será como mínimo de 4 m de longitud, realizada de forma paralela al borde de la calzada.
- En carreteras con calzadas separadas existentes en las que sea muy frecuente disponer temporalmente carriles adicionales para la circulación en la calzada opuesta, se podrá justificar la disposición de una prolongación de la terminación igual a la anticipación del comienzo.

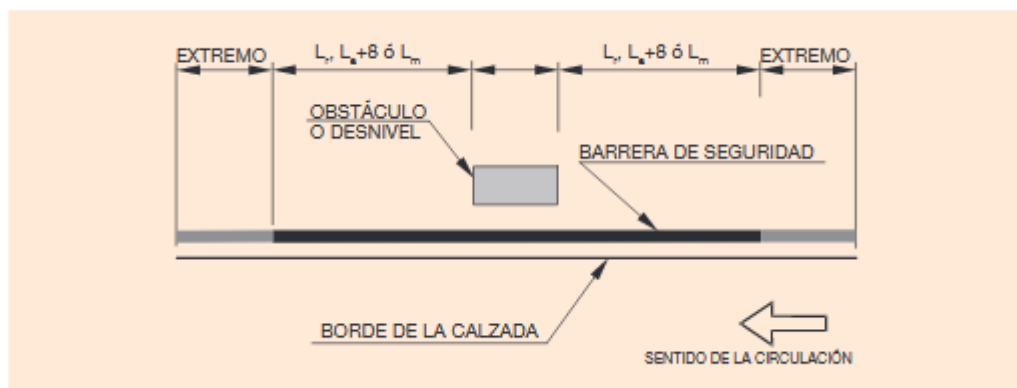


FIGURA 7.8: Prolongación de la terminación.

Por lo tanto, tanto para el margen derecho como para el margen izquierdo se escogen las longitudes que se han calculado anteriormente tanto para la anticipación del comienzo como para la prolongación de la terminación.

#### 6.1.4. Continuidad.

Si entre dos tramos consecutivos de barreras de seguridad metálicas quedaran menos de 50 m sin contabilizar los extremos, se unirán de forma continua, excepto donde esté justificada una interrupción (v.g.: por un acceso).

No deberíamos de tener ningún problema, ya que en el lado derecho ya existe una barrera y, aunque tengamos que cambiar parte de ella ya tiene continuidad, y en el margen izquierdo, al existir una barrera previa, deberemos de comprobar si la separación final entre ellas es mayor o menor a esos 50m.

#### 6.2. Disposición transversal.

##### 6.2.1. Distancias al borde de calzada.

Las barreras de seguridad metálicas se colocarán siempre fuera del arcén de la carretera y cuando la anchura de este sea inferior a 0,50 m o no haya arcén, la barrera de seguridad metálica se colocará a una distancia transversal del borde de la calzada de, al menos, 0,50 m. Se recomienda, en cualquier caso, colocar las barreras de seguridad metálicas siempre que sea posible separadas del borde pavimentado, sin rebasar las distancias máximas indicadas en la tabla 8, ni afectar a la zona prevista para su funcionamiento en caso de impacto (ver y figura 10).

La zona comprendida entre el arcén y la barrera de seguridad metálica deberá ser llana, estar compactada y desprovista de obstáculos y, en caso de recrecimiento sobre el pavimento existente, se reacondicionará para evitar desniveles que puedan dirigir las ruedas de los vehículos y afectar, en su caso, al funcionamiento del sistema de contención.

En el caso del presente proyecto, ambos arcenes son mayores a 0,5 metros y se tiene la posibilidad de colocar barreras metalizadas separadas del borde del pavimento.

### 6.2.2. Distancias a obstáculos o desniveles.

La distancia entre la parte anterior de una barrera de seguridad metálica y el obstáculo o desnivel a proteger no será inferior a la anchura de trabajo o deflexión dinámica respectivamente, del sistema a emplear. En dicha distancia, necesaria para permitir el desplazamiento transversal de la barrera de seguridad metálica en caso de impacto de un vehículo, el terreno también deberá ser llano y estar desprovista de obstáculos.

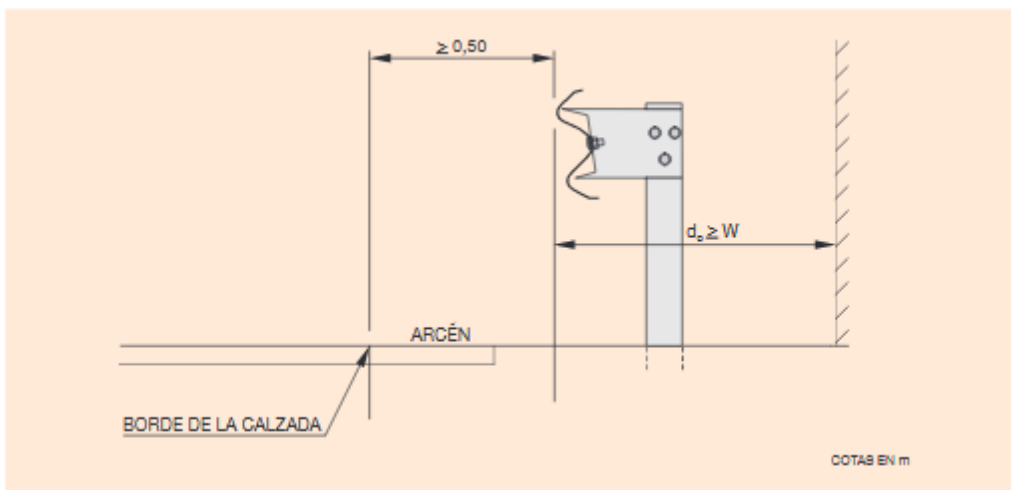


FIGURA 7.9: Distancia mínima entre la barrera y un obstáculo.

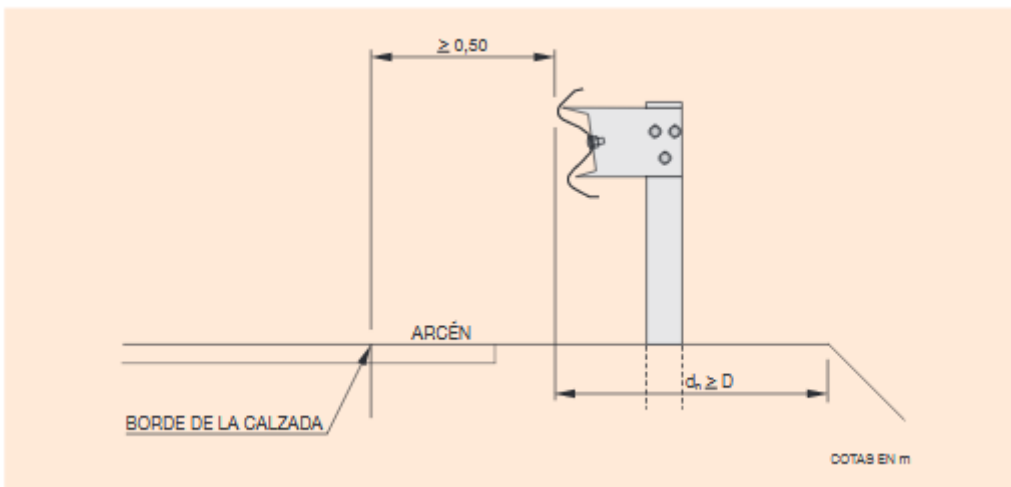


FIGURA 7.10: Distancia mínima entre una barrera y un desnivel.

Clases de niveles de anchura de trabajo	Niveles de anchura de trabajo (m)
W1	$W \leq 0,6$
W2	$W \leq 0,8$
W3	$W \leq 1,0$
W4	$W \leq 1,3$
W5	$W \leq 1,7$
W6	$W \leq 2,1$
W7	$W \leq 2,5$
W8	$W \leq 3,5$

Figura 7.11: Correspondencia entre anchura de trabajo y longitud libre.

Por lo tanto, la distancia a la que deben estar las barreras depende del nivel de la anchura de trabajo, que a su vez, depende de la propia barrera. En el caso del proyecto, como se puede poner desde W1 hasta W6 se va a escoger una barrera y se colocará a la distancia adecuada para que cumpla dicha condición.

### 6.3. Disposición en altura

Siempre que se instalen, se repongan o sea necesario recrecer las barreras de seguridad metálicas, la altura de la parte superior del sistema será la definida en los ensayos, según la norma UNE EN 1317. Si la distancia de esta al borde de la calzada no excede de 2 m, la altura de su parte superior la definirá un plano paralelo a la superficie del arcén y que pase por el extremo superior de la barrera de seguridad metálica (ver figura 13); en los demás casos se referirá al terreno, en que esté colocada, a 0,5 m de la cara delantera de la barrera de seguridad metálica.

En la situación del proyecto, la distancia en ambos márgenes no excede los dos metros.

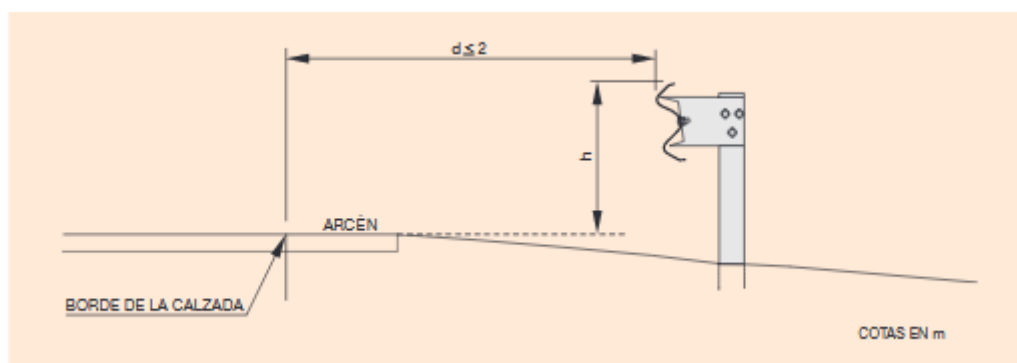


FIGURA 7.12: Disposición de las barreras situadas a menos de dos metros del borde.

## 6.4. Inclinación

Durante su instalación o puesta en obra, se cuidará especialmente la inclinación de la barrera de seguridad metálica respecto de la plataforma adyacente, de forma que resulte perpendicular a esta.



FIGURA 7.13: Inclinación de las barreras de seguridad.

## 6.5. Cimentación

Para evaluar si la resistencia del terreno es suficiente, se realizará, antes de colocar la barrera de seguridad metálica, un ensayo «in situ» sobre un poste hincado aislado, dispuesto en la zona donde se vaya a instalar el sistema y a la misma distancia del borde de la calzada a la que se vayan a instalar los postes. El ensayo consistirá en aplicar una fuerza de empuje  $F$ , (figura 17) sobre el poste, situada en el instante inicial en un plano paralelo al del terreno de referencia y a 55 cm de altura sobre el mismo, en la dirección normal al eje de la carretera y sentido hacia el exterior.

Se medirá, en primer lugar, la fuerza de empuje necesaria para un desplazamiento del punto de aplicación de 25 cm, ( $L$ , figura 17). Posteriormente, se incrementará la fuerza de empuje hasta alcanzar un desplazamiento del punto de aplicación de 45 cm, momento en el que se medirá el desplazamiento de la sección del poste a nivel del terreno ( $L_0$ )

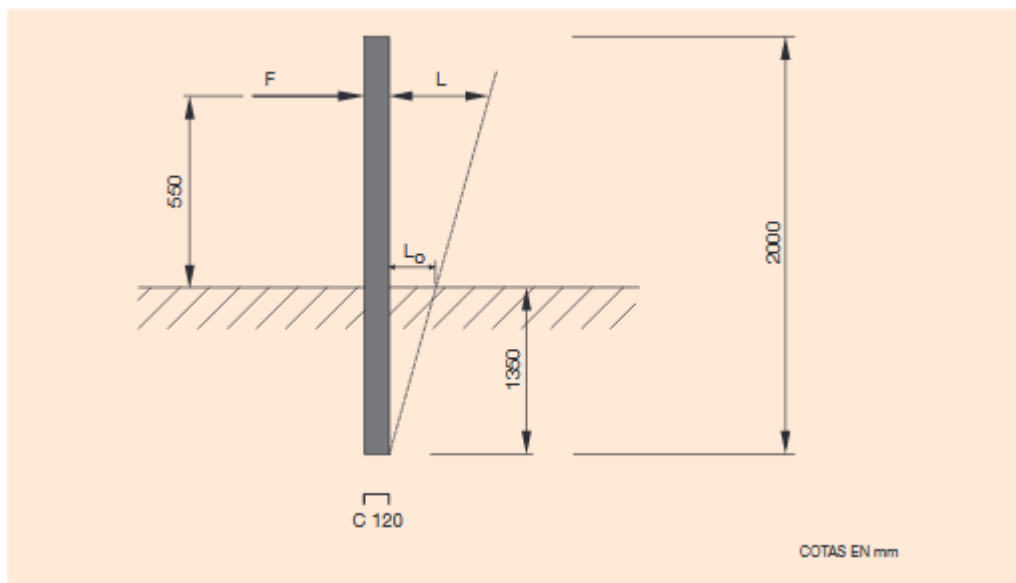


FIGURA 7.14: Ensayo in situ para la evaluación de la resistencia del terreno.



Se considerará que la resistencia del terreno es adecuada si se cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- a) La fuerza que produce un desplazamiento  $L$  de su punto de aplicación igual a 25 cm es superior a 8 kN.
- b) Para un desplazamiento  $L$  del punto de aplicación de la fuerza igual a 45 cm, el del poste a nivel del terreno ( $L_0$ ), es inferior a 15 cm.

Si no se cumpliese alguna de las dos condiciones anteriores (resistencia insuficiente del terreno), se cajeará a lo largo de la línea de cimentación de los postes, en una anchura de 50 cm y una profundidad de 15 cm; dicho cajeo se rellenará con hormigón HA25, disponiendo una armadura de 4  $\Phi 12$ , con cercos  $\Phi 8$  cada 50 cm. Se dejarán cajetines cuadrados, de 20 cm de lado, en el centro de la viga armada así formada, para hincar los postes a través de ellos. Se dispondrán juntas transversales de hormigonado a intervalos de 12 m, en correspondencia con un cuarto de una valla. Los cajetines se rellenarán de arena con una capa superior impermeabilizante.

En terrenos duros no aptos para la hinca, el poste se alojará en un taladro de diámetro adecuado (140 mm para C120 y poste tubular) y 500 mm de profundidad mínima. Este taladro podrá ser obtenido por perforación en macizos pétreos, o moldeando un tubo en un macizo cúbico de hormigón HM25, de 50 cm de lado, en los demás casos. El poste se ajustará con cuñas y los huecos se rellenarán con arena con una capa superior impermeabilizante, y en ningún caso con hormigón.

Como en la zona del proyecto ya existe una barrera de protección colocada, se usará el mismo método que en la instalación de la misma, siendo el método de hinca.

## 6.6. Extremos

Los extremos de las barreras de seguridad metálicas se dispondrán de forma semejante a como se hayan instalado en los ensayos de impacto realizados con dicho sistema de contención, según la norma UNE-EN 1317. En todo caso, si los extremos constituyesen un peligro adicional para los vehículos que choquen contra ellos, se protegerán como si se tratase de un obstáculo aislado.

En el extremo frontal en carreteras con calzadas separadas o reversibles, y en todos los extremos en carreteras de calzada única, se recomienda elegir entre las disposiciones siguientes:

- a) Empotramiento del extremo de la barrera de seguridad metálica en el talud del desmonte. Esta disposición es más recomendable que la siguiente, y se combina con el tramo en ángulo. Como ejemplo, en la figura 18 se recoge esta disposición para las barreras de seguridad metálicas simples con una sola valla.
- b) Abatimiento hasta el terreno de los 12 m extremos de la barrera de seguridad metálica (abatimiento en tres vallas o abatimiento normal). Como ejemplo, en la figura 19 se recoge esta disposición para las barreras de seguridad metálicas simples con una sola valla en altura. En estas, las tres vallas extremas tendrán postes cada 2 m, los cinco postes más bajos no tendrán separador y los dos últimos quedarán completamente enterrados.

En cualquiera de las disposiciones, la valla permanecerá siempre en un plano perpendicular a la calzada, incluso en el tramo abatido hasta el terreno. En el extremo de la valla abatida se colocará una pieza especial de tope, que deberá quedar totalmente enterrada.

- c) Disposición en el extremo de un terminal especial para barreras de seguridad metálicas específicamente diseñado para absorber un impacto frontal. El empleo de estos elementos requerirá haber superado los ensayos definidos en la norma UNE EN 1317

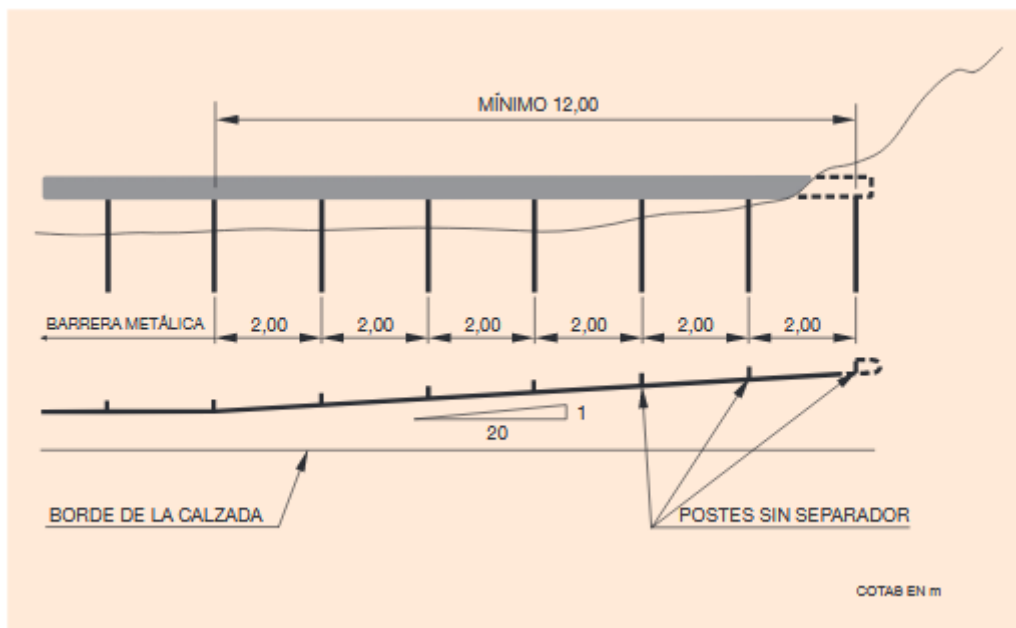


FIGURA 7.15: Empotramiento del extremo en el talud.

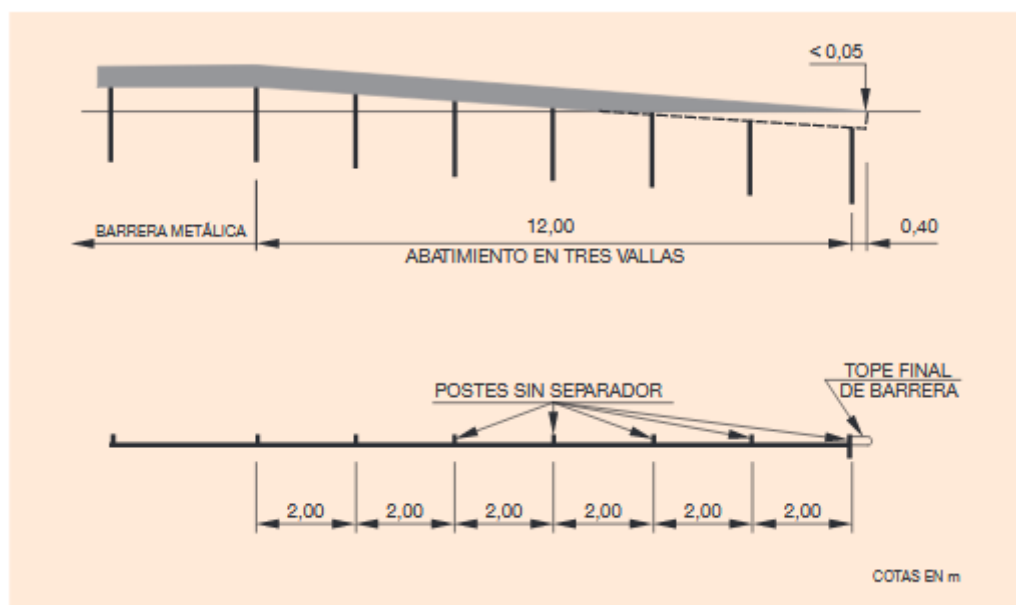


FIGURA 7.16: Abatimiento de barreras de una sola valla.

A pesar de que la norma indica que la solución a es la mejor, es imposible hincar la terminación en el talud por la inexistencia del mismo. Así pues, la terminación de las barreras de protección del proyecto se realizarán mediante la opción b, abatimiento normal de las barreras.

## 7. ELECCIÓN DE LA BARRERA.

En función de la clase y nivel de contención: de H1 a N2, al ancho de trabajo: desde w1 hasta w7 y del índice de severidad A, vamos a escoger la barrera metálica simple BMSRA4/C. A continuación mostramos sus características:


BARRERA METÁLICA SIMPLE BMSRA4/C		DEFINICIÓN		FICHA 1 DE 6	
 <p>Barrera metálica simple con postes C-120 cada 4 m</p>		Clase y nivel de contención: Normal N2		Ancho de trabajo: W6	
		Deflexión dinámica (m): 2,0		Índice de severidad: A	
		Empleo e instalación : Barrera metálica de seguridad de empleo permanente.		Extremos y elementos finales: Abatimiento en 3 vallas. Abatimiento en 1 valla.	
		Materiales (tipo y caracterización): Acero tipo S 235 JR según UNE EN 10025 con limitaciones de silicio y fósforo siguientes: Si ≤ 0,03% y Si + 2,5P ≤ 0,09 %.			
Condiciones de durabilidad (materiales, recubrimientos protectores y su evaluación) : Protección contra la corrosión mediante galvanizado en caliente según UNE EN 1461 (70 µm de espesor y 505 gr/m <sup>2</sup> de recubrimiento). Calidad del zinc conforme a UNE EN 1179.					
Observaciones adicionales: Sistema no sujeto a propiedad industrial.					
Caracterización de los ensayos realizados según la UNE-EN 1317					
Ensayo: TB32 226-287-BE08		Fecha: 8/03/2004		Laboratorio: CIDAUT	
Terreno empleado en el ensayo: ZA-20 (artículo 510 del PG-3, Orden FOM 891/2004) compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95 % del ensayo Proctor Modificado.		Vehículo empleado en el ensayo: Vehículo ligero. Ford Scorpio.		Longitud total ensayada: 76,4 m.	Elementos desprendidos de peso superior a 0,5 kg.  NO
Ensayo: TB11 226-287-BA01		Fecha: 18/03/2004		Laboratorio: CIDAUT	
Terreno empleado en el ensayo: ZA-20 (artículo 510 del PG-3, Orden FOM 891/2004) compactado hasta alcanzar una densidad seca del 95 % del ensayo Proctor Modificado.		Vehículo empleado en el ensayo: Vehículo ligero. Opel Corsa.		Longitud total ensayada: 76,4 m.	Elementos desprendidos de peso superior a 0,5 kg.  NO

FIGURA 7.17: Características de la barrera metálica simple BMSRA4/C

Como se puede observar la anterior FIGURA, la barrera metálica simple BMSRA4/C cumple con la clase y nivel de contención: N2, el ancho de trabajo W6, la deflexión metálica es de 2m y el índice de severidad es A, por lo que cumple con todas las especificaciones requeridas para la protección de la obra de paso.

Además hay que añadir que esta barrera se corresponde con la barrera ya existente en el margen derecho de la carretera, por lo que no será necesario añadir o realizar cambios en este margen.

## 8. DISPOSICIÓN FINAL Y CONCLUSIONES.

### 8.1. Disposición final.

En este punto se va a resumir la disposición final de nuestra barrera una vez elegida. Al existir dos márgenes vamos a analizarlos de forma separada:

-Margen derecho o lado sin edificar: En este lado, al disponer ya de una barrera continua, no hace falta mencionar mucho salvo que la distancia mínima a la que podemos construir algo respecto de la propia protección existente es 2m debido a la flexión dinámica y anchura de trabajo específicas de la barrera existente, y que se puede observar en la figura anterior.

-Margen izquierdo o lado edificado: En este lado se tiene una barrera ya existente alejada unos 50 metros del punto en el que se pretende realizar la obra de paso, por lo que se tendrá que darle continuidad hasta cubrir toda la obra de paso, y una vez superado el obstáculo darle una continuidad de 100m, tal y como se ha calculado anteriormente y se rematará mediante abatimiento normal de la barrera, debiéndole dar una continuidad añadida de 12 metros para dicho abatimiento.

La realización de este abatimiento viene reflejada en el apartado 6.6. En cuanto a la disposición transversal, se deberá tener en cuenta la anchura de trabajo y flexión dinámica de la barrera elegida a la hora de construir el paso a nivel. En este caso, no existe ningún problema ya que se tiene bastante espacio para la realización del mismo, pudiéndose salvar estas distancias fácilmente.

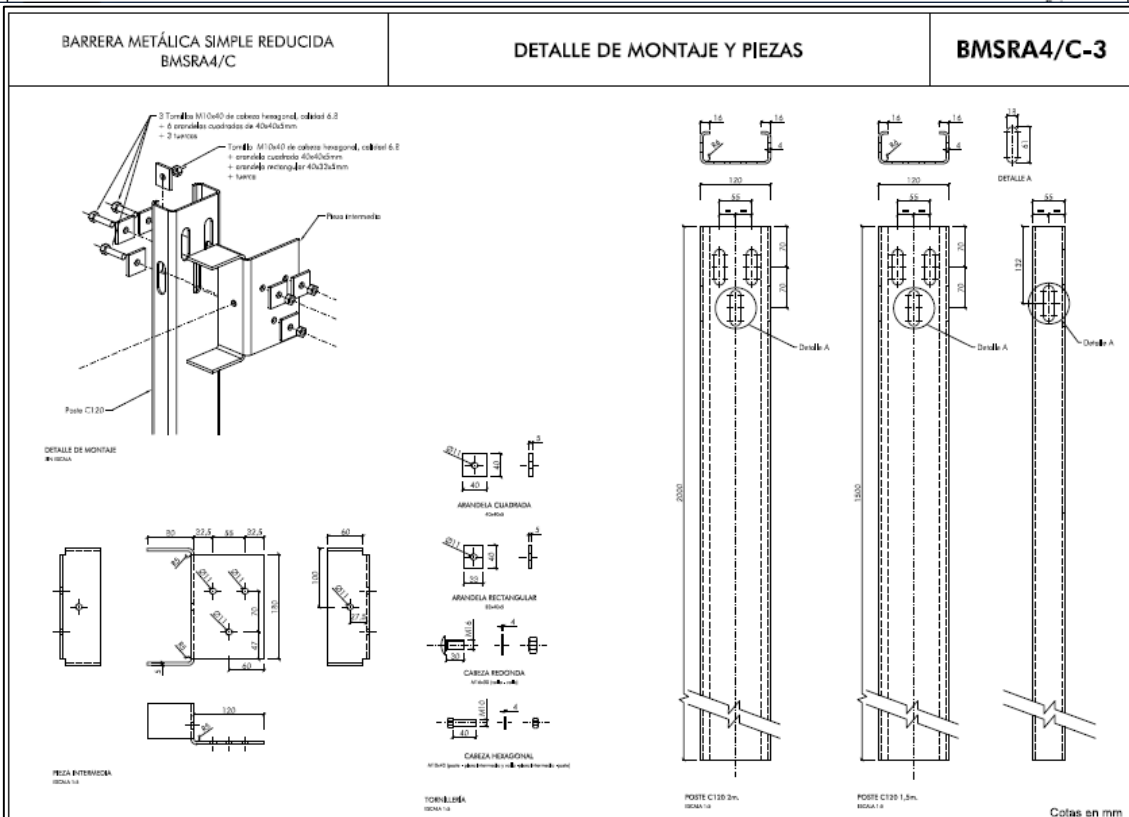
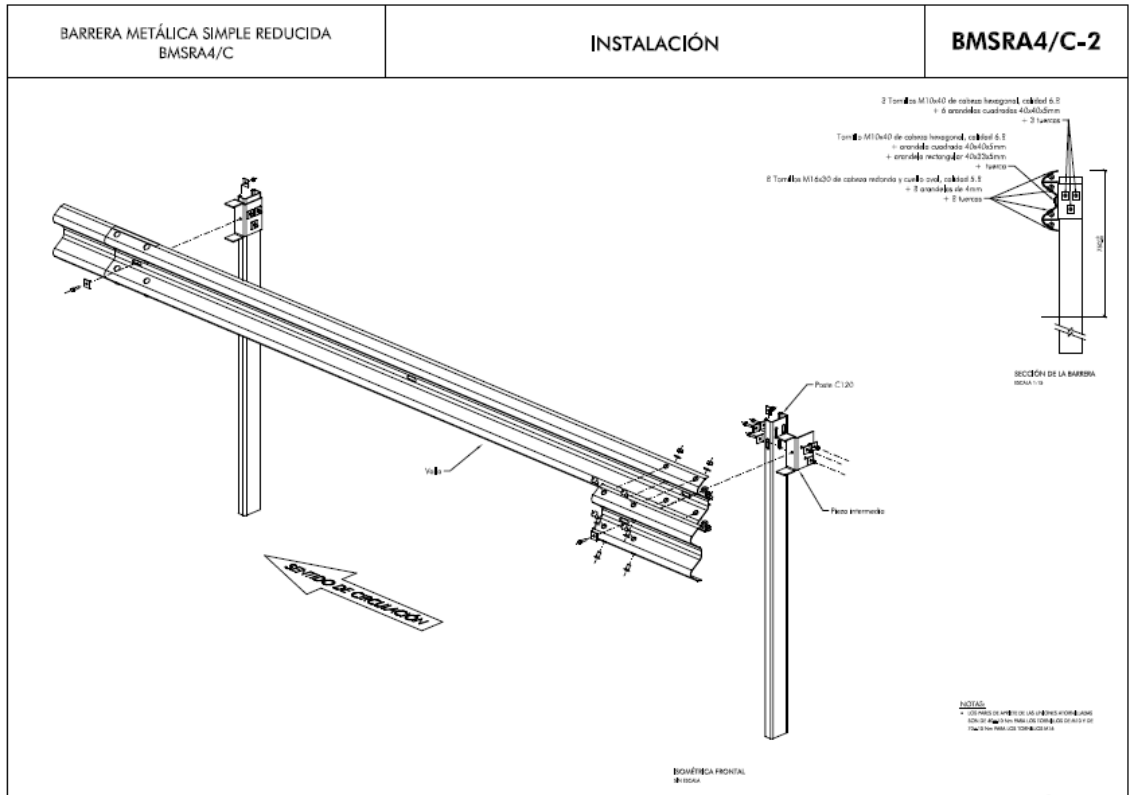
Finalmente, la cimentación de la barrera será llevada a cabo mediante hinca de los postes que sujetan la barrera.

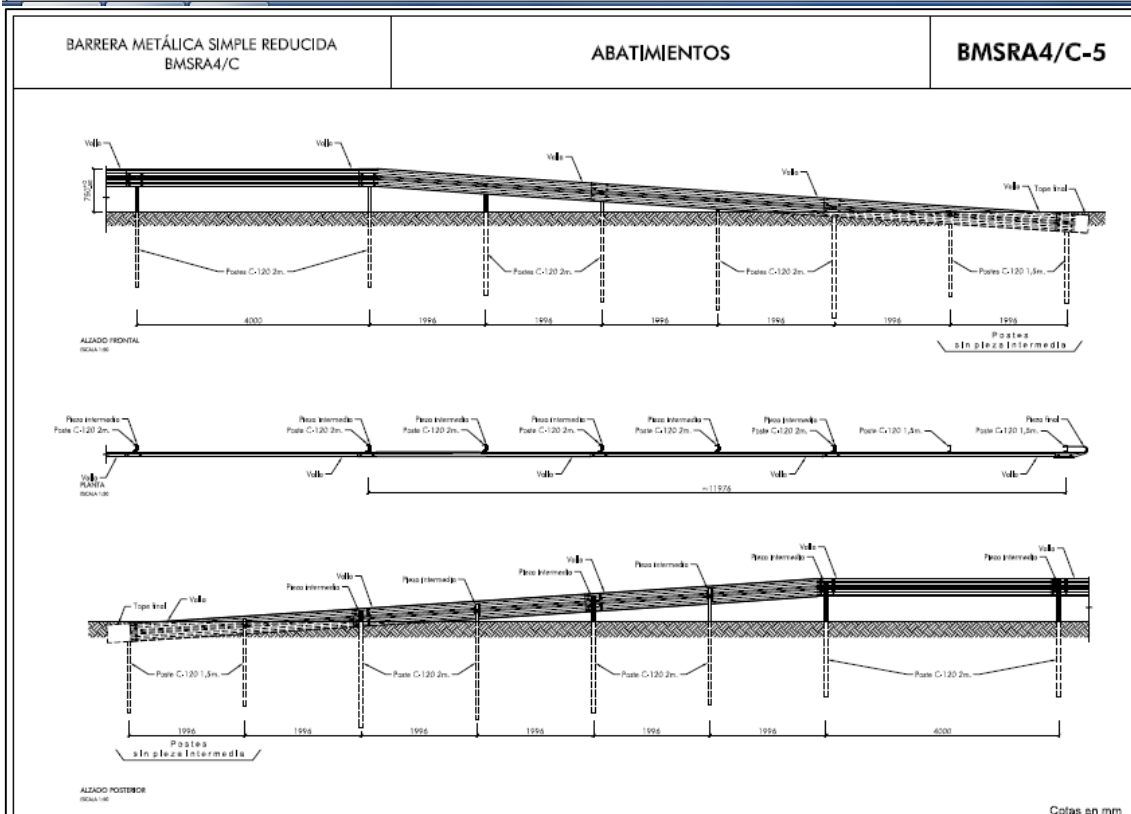
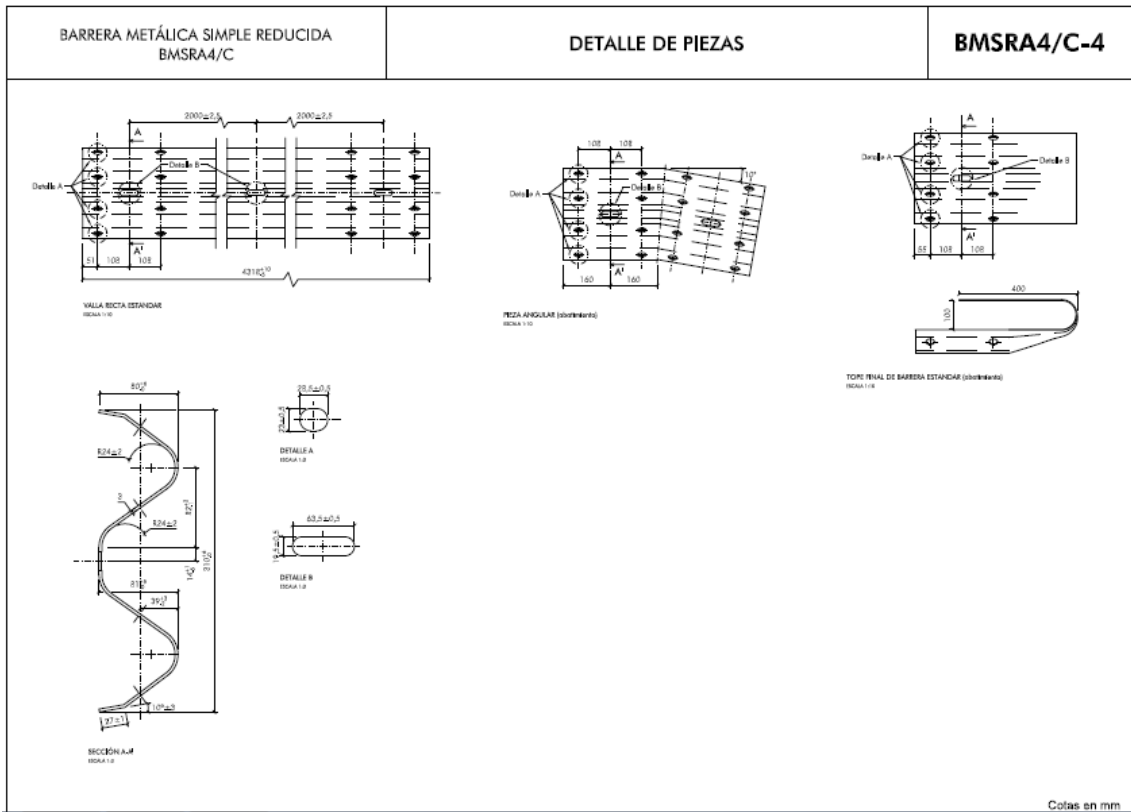
### 8.2. Conclusiones.

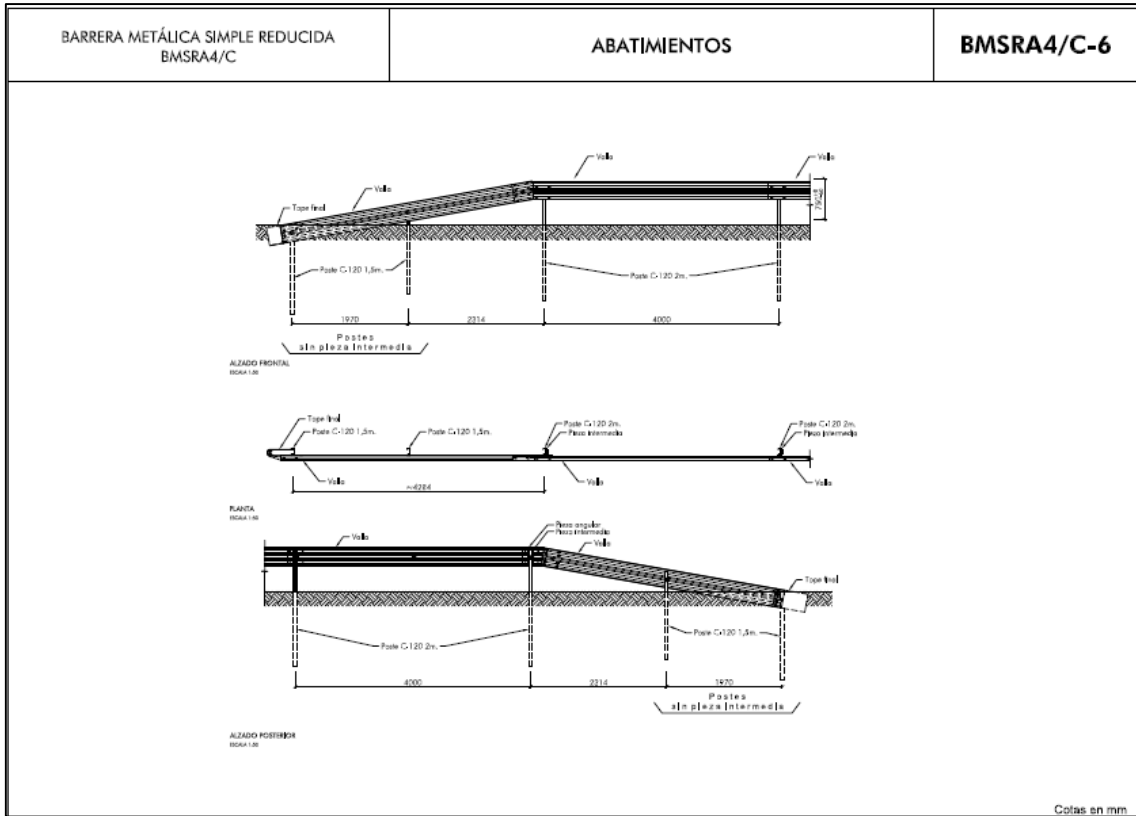
Finalmente, en el margen del campo de fútbol no será necesario realizar la puesta de una obra de contención debido a que ya existe, mientras que en el margen de la calle Gustavo Adolfo Bécquer, se deberán instalar en total unos 144 metros en total.

## 9. PLANOS.

A continuación se muestran los planos correspondientes a la barrera BMSRA4/C:









GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 8 – ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	595
2. ADECUACIÓN DEL TERRENO .....	596
3. REALIZACIÓN DE UN CAMINO QUE CONECTE LA PASARELA CON EL CAMINO DE VILLAMEDIANA.....	597
3.1. Soterramiento de la acequia existente.....	597
3.2. Adecuación del camino.....	598
4. JARDINERÍA.....	599
4.1. Preparación del terreno.....	599
4.2. Especies elegidas.....	599
4.2.1. Césped.....	600
4.2.2. Arbustos y flores.....	600
4.3. Plantación y disposición.....	602
4.3.1. Césped.....	602
4.3.2. Arbustos y flores.....	602
5. MOBILIARIO URBANO.....	602
5.1. Bancos.....	602
5.1.1. Materiales de los bancos.....	603
5.1.2. Instalación.....	603
5.2. Pasamanos.....	604

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo tiene como objetivo realizar un acondicionamiento del terreno existente para la realización de la obra, en concreto realizar un tapado de la acequia existente en el margen que da al campo de fútbol para evitar riesgos y accidentes, y la introducción de vegetación y mobiliario urbano en las zonas colindantes a la pasarela con el objetivo de ofrecer una sensación agradable a los viandantes.

Para evitar caídas en la acequia, se pretende realizar un tapado de la misma mediante un tubo de hormigón en todo el trayecto que transcurre por las inmediaciones de la pasarela.

En cuanto a la flora, se pretende introducir especies autóctonas y duraderas con el objetivo de reducir costes de mantenimiento y conservación.

## 2. ADECUACIÓN DEL TERRENO.

En este apartado se pretende diseñar el canal de hormigón necesario para cubrir toda la parte de la acequia que queda colindante con la pasarela. Para ello primero vamos a definir la acequia que tenemos en el lugar del proyecto.

Las dimensiones de la acequia existente y que se pretende entubar son de aproximadamente unos 4 metros de ancho y 1,5 metros de profundidad. La entubación deberá extenderse en toda la longitud de la pasarela y algunos metros más para evitar riesgos innecesarios.

Lo primero que se deberá hacer será eliminar toda la broza existente y luego introducir los tubos de hormigón prefabricado de 800mm de diámetro. Este diámetro se ha elegido en función del caudal de agua máximo que suelen llevar estas acequias, y teniendo en cuenta que se encuentra en una cuneta cerca de una carretera concurrida.

Para la introducción de los tubos, se deberá rellenar la acequia con arena para cubrir el hueco existente y recubrirlo también por encima de arena.

En total se necesitaran 32 metros para cubrir la zona de la pasarela incluyendo la rampa y escaleras. A esto se añaden 2 metros a cada lado para dar un pequeño margen de seguridad, quedando en total 36 metros de tubo.

El tubo elegido viene con una longitud de fábrica de 2,4 metros, por lo que se necesitarán 16 tubos. Además, hay que añadir que se necesitaran un total de unos 200 m<sup>3</sup> de arena para rellenar el hueco restante:

$$m^3 \text{ totales de la zanja} - m^3 \text{ del tubo} = 36 * 1,5 * 4 - \pi r^2 * 36 = 216 - 18 \\ = 198m^3$$

### 3. REALIZACIÓN DE UN CAMINO QUE CONECTE LA PASARELA CON EL CAMINO DE VILLAMEDIANA.

En este apartado se pretende realizar un camino que conecte la pasarela con el camino existente en las inmediaciones. Para ello, el soterramiento de la acequia existente en el margen del campo de futbol deberá extenderse hasta el comienzo de este camino. Además se deberá conformar un camino de tierra hasta el camino ya existente.

#### 3.1. Soterramiento de la acequia existente.

Al igual que lo anteriormente mencionado en cuanto al soterramiento de la acequia en las inmediaciones de la pasarela, deberemos ampliar esta obra para cubrir todo el trayecto desde la pasarela hasta el camino existente. Para ello usaremos los mismos tubos anteriormente mencionados en toda la longitud de la acequia. Los metros de soterramiento que se deben añadir son 115, incluyendo los ya calculados con la pasarela, y a esto le tenemos que añadir los metros de tierra que se deberán introducir en el hueco de la acequia para poder implementar el tubo perfectamente.

Como se ha calculado anteriormente, los metros cúbicos de tierra que se necesitaran en total para cubrir la totalidad de la acequia tanto para la pasarela como para realizar el camino son:

$$\begin{aligned} m^3 \text{ totales de la zanja} - m^3 \text{ del tubo} &= 115 * 1,5 * 4 - \pi r^2 * 115 = 690 - 57,8 \\ &= 632,2m^3 \end{aligned}$$

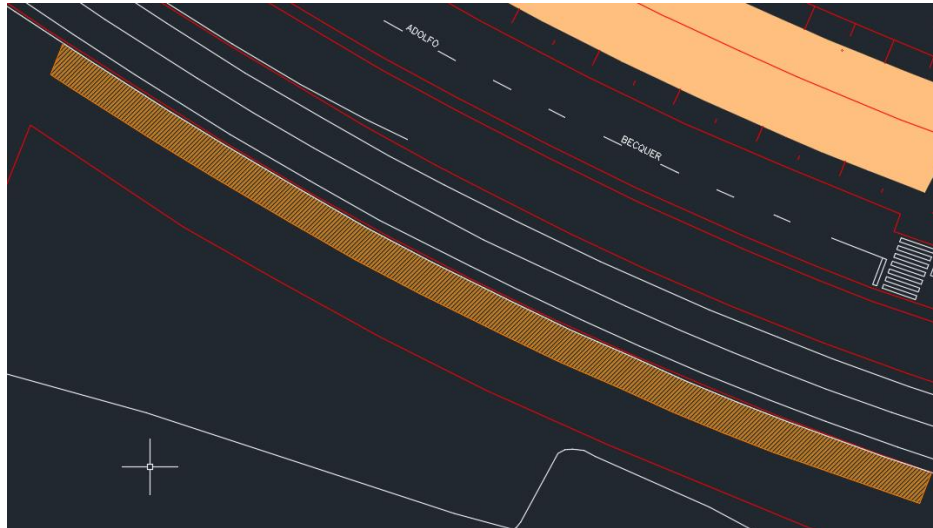


FIGURA 8.1: Camino.

### 3.2. Adecuación del camino.

Una vez colocado el tubo y tapada toda la acequia, se procede a la adecuación del camino para un correcto confort de los viandantes. Para ello, se va a plantar el mismo césped y se van a colocar distintos bancos a lo largo del mismo para el confort de los usuarios. Para adecuar el camino, se realizará una compactación de la tierra existente mediante una apisonadora.

## 4. JARDINERÍA.

A continuación se plantean las distintas soluciones que se adoptarán para la implantación de jardinería en la zona:

### 4.1. Preparación del terreno.

Actualmente el jardín que se encuentra en la zona del proyecto que da a la calle Gustavo Adolfo Béquér se encuentra totalmente descuidada, y en la zona del otro margen crecen diversas especies salvajes. Se pretende eliminar toda la broza existente en el margen del campo de futbol, necesario además para la instalación del canal, y añadir tierra de cultivo para la posterior siembra. En el otro margen se pretende eliminar el césped existente, totalmente descuidado, y utilizar la tierra existente de modo que se minimicen viajes a vertedero y se aproveche el material existente.

### 4.2. Especies elegidas.

La vegetación ha sido escogida en base a los siguientes criterios:

- Bajo coste de mantenimiento.
- Adaptación a la climatología existente en la zona.

#### 4.2.1. Césped.

Los criterios que tendremos en cuenta a la hora de elegir la especie de césped que se colocará son:

- Clima: El clima de la zona del proyecto es mediterráneo continental, que se caracteriza por inviernos fríos y veranos cálidos, por lo que se tiene una oscilación climática bastante amplia. Además hay que añadir que el césped escogido debe ser resistente a heladas.
- Utilización prevista: La utilización prevista del césped será meramente estética, pudiendo ocasionalmente, ser pisado. Por este motivo no se tendrá en cuenta la resistencia del césped al tránsito.
- Disponibilidad de agua: Debido a la inexistencia de sistemas de regadío y la imposibilidad de instauración de uno debido a que no hay canalizaciones de agua en la zona del campo de futbol, se elegirá un césped resistente a la sequía y que no necesite mucho riego. Con el de la lluvia debe ser suficiente.
- Exposición solar: Como no se pretende colocar árboles, la única zona de sombra que existirá en las inmediaciones del proyecto será la de la propia pasarela. Por este motivo el césped no estará mucho en la sombra y este criterio no será muy a tener en cuenta a la hora de escoger el césped.

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente mencionados, el césped elegido para la siembra de las zonas verdes del proyecto es *Festuca rubra*. La especie elegida tiene una gran capacidad de adaptación a diferentes climas y a zonas sombrías. Además no requiere de un abonado continuo y su resistencia a la sequía es adecuada. La única contraparte es que tiene una baja resistencia mecánica, pero para el proyecto es irrelevante.

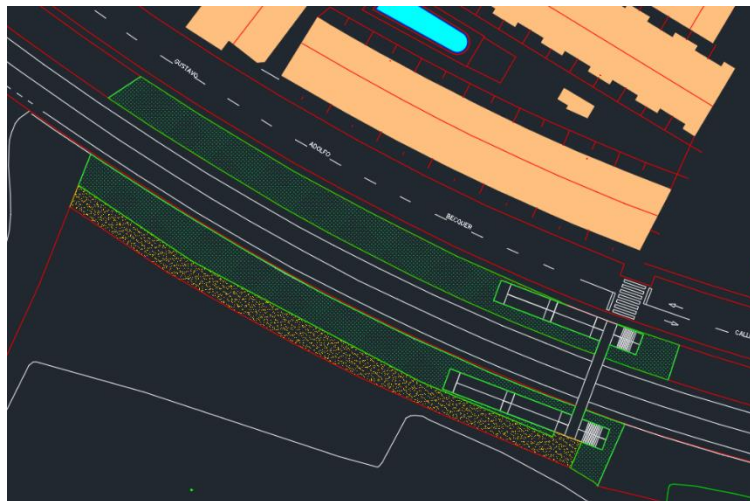


FIGURA 8.2: Zona de césped.

#### 4.2.2. Arbustos y flores.

Para las inmediaciones de la pasarela se van colocar arbustos del tipo lavanda. Esta planta es un arbusto aromático que resiste a heladas y no requiere un suelo específico para su cultivo. Es de hoja perenne y requiere de poca agua para su crecimiento y



mantenimiento. Por todo esto, su mantenimiento es muy bajo, siendo ideal su plantación. Su floración se produce en verano.

Además al ser una planta aromática que proporciona una suave fragancia en las inmediaciones y da el toque de color a la zona, la lavanda no es tóxica y es incluso útil para algunos fines.

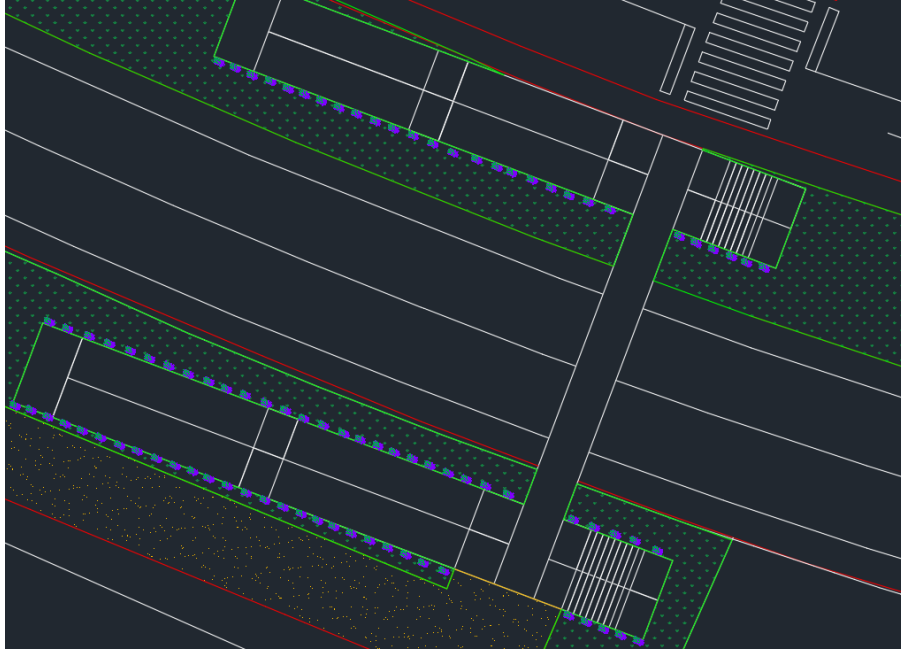


FIGURA 8.3: Lavandas.



FIGURA 8.4: Imagen de una planta de lavanda.

### 4.3. Plantación y disposición.

#### 4.3.1. Césped.

La siembra del césped escogido se realizará mediante siembra hidráulica. Este método de siembra de césped se caracteriza por ser el mejor método para establecer una superficie de césped. Este método consiste en que una hidrosebradora mezcla agua, mulch (mantillo), semillas y fertilizantes en una papilla homogénea que se esparce por el suelo. El mulch actúa como aislante, protegiendo a las semillas y al suelo de la erosión y almacenando agua, proporcionando una humedad constante a la semilla en la germinación.

El césped será plantado en todas las zonas de las inmediaciones de la pasarela.

#### 4.3.2. Arbustos y flores.

La disposición de las lavandas será alrededor de toda la pasarela en hileras. Lo más importante a la hora de plantar lavanda, es que el drenaje sea óptimo, por lo que cuando se cavén los agujeros en donde irán las plantas, se deberá de cubrir el fondo con piedras para facilitar el mismo.

## 5. MOBILIARIO URBANO.

En este apartado se va a definir las características y disposición del mobiliario urbano que se pretende colocar en el proyecto.

Además, el mobiliario urbano deberá cumplir la normativa Norma UNE-EN ISO 9001, y el sistema de gestión medioambiental cuenta con la certificación ISO 14001.

### 5.1. Bancos.

Se planea colocar 4 bancos a lo largo del camino que conecta la pasarela con el camino de Villamediana en la zona ajardinada. Los bancos elegidos son del tipo Lassure suministrados por la empresa Papelera de Reciclaje. Esta empresa se especializa en productos que respetan el medio ambiente.

Las medidas de los bancos son de 677mm de ancho, 1800mm de largo y 830 mm de altura, tal y como se indica en la siguiente figura:

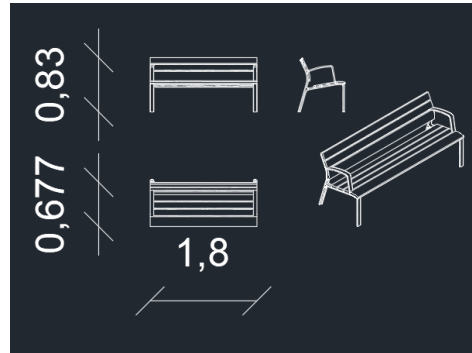


FIGURA 8.5: Croquis de los bancos.

### 5.1.1. Materiales de los bancos.

La estructura del banco está compuesta por tubos de acero con tratamiento especial con imprimación anticorrosiva rica en zinc, mejorando la resistencia a la corrosión.

El anclaje al suelo se compone por 4 tornillos de anclaje M8 de expansión fabricados con acero con tratamiento anticorrosivo de alta resistencia.

El respaldo y el asiento están compuestos por listones de madera de pino con el certificado FSE, provenientes de gestión de bosques responsable y barnizadas para una mayor durabilidad.



FIGURA 8.6: Imagen de los bancos elegidos.

### 5.1.2. Instalación.

La instalación de los bancos se realizará mediante los pernos anteriormente mencionados. Para ello, se realizarán los orificios en el pavimento, se colocarán los bancos en la posición final y se introducirán los pernos.

Los bancos se entregan desmontados, por lo que será necesario su montaje antes de la instalación. Además se entregan con los pernos de anclaje y manual de instalación.

## 5.2. Pasamanos.

Tanto las rampas, como las escaleras y el tablero estarán dotados por unos pasamanos de acero galvanizado y lacado en forja de color ferrita.

La empresa elegida para la suministración de estas barandillas es Trenza Metal y la barandilla elegida es el pasamanos de la serie BPA N, cuyos pasamanos es independiente del cuerpo de la barandilla y continuo en todo su recorrido.

Los pasamanos de la serie BP son pasamanos continuos, diseñados para minusválidos, con soportes para plano horizontal o inclinado. El cuerpo es independiente del pie de anclaje y está elaborado con reja trenzada soldada. Los pies de anclaje son independientes y adaptados a los diferentes suelos y desniveles resueltos con placas de 10cm de espesor. Los materiales que componen la barandilla son perfiles macizos de laminación en caliente de acero S-275-JR.

La unión entre el cuerpo y los pies de anclaje se realiza mediante tornillos roblonados normalizados protegidos por roblones de seguridad proporcionando una protección contra vandalismo.

La unión de los pies de anclaje al suelo desmontable, pudiéndose desmontar tanto cuerpo como pies de anclaje para su sustitución en caso de desperfecto.

El acabado de todos los materiales será mediante un Sistema Dúplex de acuerdo a la norma UNE-EN 13438, que consiste en un galvanizado en caliente de espesor mayor a 70 micrómetros de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 1461 y un desengrase ácido, fosfatado amorfo y un lacado poliéster al horno de espesor superior a 70 micrómetros de alta calidad.

Finalmente, la barandilla dispone de pasamanos para minusválidos a la altura de 70 centímetros.

Las dimensiones de la barandilla son de 1 metro de alto para el pasamanos principal, 70 centímetros para el pasamanos adaptado y de 2 metros de longitud.

A continuación se adjuntan algunas fotos de la barandilla y las tipologías de las uniones entre el pie y el forjado.

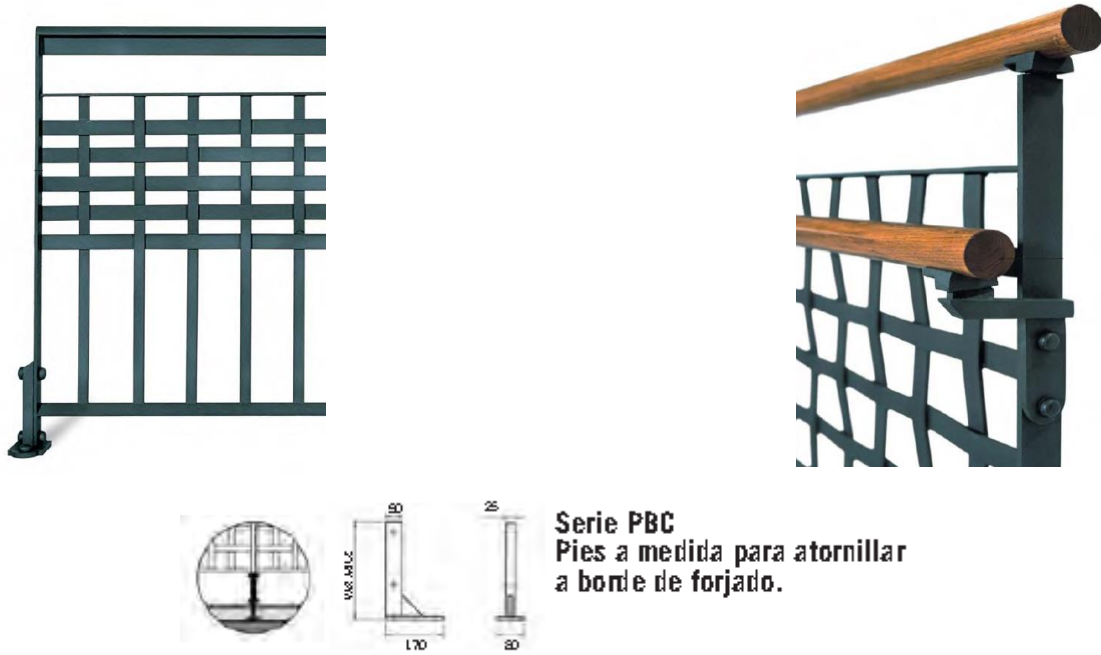


FIGURA 8.7: Imágenes y detalle de los pasamanos.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 9 –INSTALACIÓN ELÉCTRICA.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	609
2. NORMATIVA.....	609
3. DEFINICIONES.....	609
3.1. Deslumbramiento perturbador.....	609
3.2. Eficacia luminosa de una lámpara.....	610
3.3. Flujo luminoso.....	610
3.4. Flujo Hemisférico Superior Instalado de la Luminaria ( $FHS_{inst}$ ).....	610
3.5. Iluminancia horizontal en un punto de una superficie.....	610
3.6. Iluminancia media horizontal.....	610
3.7. Iluminancia mínima horizontal.....	610
3.8. Iluminancia vertical en un punto de una superficie.....	611
3.9. Índice de deslumbramiento GR.....	611
3.10. Intensidad luminosa.....	611
3.11. Luminancia de Velo.....	611
3.12. Luminancia de velo equivalente $L_{ve}$ producida por el entorno.....	612
3.13. Luminancia en un punto de una superficie.....	612
3.14. Luminancia media de una superficie.....	613
3.15. Luz intrusa o molesta.....	613
3.16. Relación Entorno.....	613
3.17. Rendimiento de una Luminaria.....	613
3.18. Resplandor Luminoso Nocturno.....	613
3.19. Uniformidad global de luminancias.....	613
3.20. Uniformidad longitudinal de luminancias.....	613
3.21. Uniformidad media de iluminancias.....	613
3.22. Uniformidad General de Iluminancias.....	614
3.23. Eficiencia energética de una instalación.....	614
3.23.1. Definición.....	614
3.23.2. Determinación.....	614
3.23.3. Mejora de la eficiencia energética.....	615
3.23.4. Requisitos mínimos de eficiencia energética.....	615
3.23.5. Calificación energética de las instalaciones de alumbrado.....	616
3.24. Deslumbramiento.....	616
4. ELEMENTOS COMUNES.....	618
4.1. Puestas a tierra.....	618

4.2. Redes de alimentación.....	618
4.2.1. Intensidades máximas admisibles .....	619
4.3. Características de la instalación subterránea. ....	620
4.3.1. Condiciones generales para cruzamiento, proximidad y paralelismo. ....	620
5. ILUMINACIÓN DE LA PASARELA. ....	624
5.1. Nivel de iluminación. ....	624
5.2. Luminarias.....	629
5.2.1. Luminarias en tablero y rampas. ....	629
5.2.2. Luminarias en las escaleras. ....	634
5.3. Instalación eléctrica.....	637
5.3.1. Realización de la conducción del cableado. ....	639
5.3.2. Cálculos eléctricos.....	639
6. CONCLUSIÓN. ....	643



## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo tiene como objetivo definir la iluminación del proyecto, así como su instalación. De este modo la pasarela quedará correctamente iluminada permitiendo una correcta visibilidad en todo momento.

## 2. NORMATIVA.

A la hora de realizar la instalación eléctrica, se han empleado las siguientes normativas:

REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.

Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación Alumbrado Público (G.A.I.A.P.).

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51

## 3. DEFINICIONES.

A la hora de realizar el presente anejo y de dimensionar la instalación eléctrica se han tenido en cuenta los siguientes parámetros que se definen a continuación:

### 3.1. Deslumbramiento perturbador.

Deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable. La medición de la pérdida de visibilidad producida por el deslumbramiento perturbador, ocasionado por las luminarias de la instalación de alumbrado público, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste. Su símbolo TI, carece de unidades y su expresión, en función de la luminancia de velo  $L_v$  y la luminancia media de la calzada  $L_m$  (entre 0,05 y 5 cd/m<sup>2</sup>), es la siguiente:

$$TI = 65 [L_v / (L_m)^{0,8}] \text{ (en \%)}$$

Donde:

TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador

$L_v$  = Luminancia de velo total en cd/m<sup>2</sup>.

$L_m$  = Luminancia media de la calzada en cd/m<sup>2</sup>.

En el caso de niveles de luminancia media en la calzada superiores a 5 cd/m<sup>2</sup>, el incremento de umbral de contraste viene dado por:

$$TI = 95 [L_v / (L_m)^{1,05}] \text{ (en \%)}$$

### 3.2. Eficacia luminosa de una lámpara.

Es la relación entre el flujo luminoso emitido por la lámpara y la potencia consumida por ésta. Se expresa en lm/W (lúmenes/vatio).

### 3.3. Flujo luminoso.

Potencia emitida por una fuente luminosa en forma de radiación visible y evaluada según su capacidad de producir sensación luminosa, teniendo en cuenta la variación de la sensibilidad del ojo con la longitud de onda. Su símbolo es  $\Phi$  y su unidad es el lumen (lm).

### 3.4. Flujo Hemisférico Superior Instalado de la Luminaria ( $FHS_{inst}$ ).

También denominado  $ULOR_{inst}$ , se define como la proporción en % del flujo de una luminaria que se emite sobre el plano horizontal que pasa por el centro óptico de la luminaria respecto al flujo total saliente de la luminaria, cuando la misma está montada en su posición de instalación.

### 3.5. Iluminancia horizontal en un punto de una superficie.

Cociente entre el flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto y el área de ese elemento. Su símbolo es E y la unidad el lux (lm/m<sup>2</sup>).

La expresión de la iluminancia horizontal en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, definida por las coordenadas (C,  $\gamma$ ) en la dirección del mismo, y de la altura h de montaje de la luminaria, es la siguiente:

$$E = [I(c, \gamma) \cos^3 \gamma] / h^2$$

### 3.6. Iluminancia media horizontal.

Valor medio de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es  $E_m$  y se expresa en lux.

### 3.7. Iluminancia mínima horizontal.

Valor mínimo de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es  $E_{mín}$  y se expresa en lux.

### 3.8. Iluminancia vertical en un punto de una superficie.

La iluminancia vertical en un punto P en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto y la altura h de montaje de la luminaria es la siguiente:

$$E = [I(c, \gamma) \text{ sen } \gamma \text{ cos}^2 \gamma] / h^2$$

### 3.9. Índice de deslumbramiento GR.

Es el índice que caracteriza el nivel de deslumbramiento (Glare Rating), mediante la formulación empírica reflejada en la norma CIE 112:94 según la siguiente expresión:

$$GR = 27 + 24 \log (L_v / L_{ve}^{0,9})$$

Siendo:

$L_v$  = luminancia de velo debida a las (n) luminarias.

$L_{ve}$  = luminancia de velo denominada equivalente, producida por el entorno.

### 3.10. Intensidad luminosa.

Es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido. Esta magnitud tiene característica direccional, su símbolo representativo es I y su unidad es la candela, cd = lm/sr (lumen/estereorradián).

### 3.11. Luminancia de Velo.

Es la luminancia uniforme equivalente resultante de la luz que incide sobre el ojo de un observador y que produce el velado de la imagen en la retina, disminuyendo de este modo la facultad que posee el ojo para apreciar los contrastes. Su símbolo es ( $L_v$ ) y se expresa en cd/m<sup>2</sup>.

La luminancia de velo se debe a la incidencia de la luz emitida por una luminaria sobre el ojo de un observador en el plano perpendicular a la línea de visión, dependiendo así mismo del ángulo comprendido entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión, así como del estado fisiológico del ojo del observador.

La luminancia de velo  $L_v$  responde a la siguiente expresión:

$$L_v = K (E_g / \theta^2)$$

Siendo:

$K$  = Constante que depende fundamentalmente de la edad del observador y, aunque es variable, se adopta como valor medio 10 si los ángulos se expresan en grados, y  $3 \times 10^{-3}$  si se expresan en radianes.

$E_g$  = iluminancia en lux sobre la pupila, en un plano perpendicular a la dirección visual y tangente al ojo del observador.

$\theta$  = Ángulo entre el centro de la fuente deslumbrante y la línea de visión, es decir, ángulo formado por la dirección visual del observador.

Para el conjunto total de una instalación de alumbrado público habrá que tener en cuenta todas las luminancias de velo para cada luminaria, considerando además que la primera luminaria a tener en cuenta es la que forma  $20^\circ$  en ángulo de alzada con la horizontal, es decir:

$$L_v = k \sum_{i=1}^{i=n} \frac{E_g}{\theta^2}$$

Siendo  $i$  = la primera luminaria cuyo ángulo de alzada con la horizontal es  $20^\circ$ , siendo válida la expresión para  $1,5^\circ < \theta < 30^\circ$

### 3.12. Luminancia de velo equivalente $L_{ve}$ producida por el entorno.

Se define considerando que la reflexión del entorno es totalmente difusa, se expresa en  $cd/m^2$ , y se calcula como:

$$L_{ve} = (0,035 r E_{hm}) / \pi$$

Siendo:

$r$  = Coeficiente de reflexión medio del área

$E_{hm}$  = Iluminancia horizontal media del área

### 3.13. Luminancia en un punto de una superficie.

Es la intensidad luminosa por unidad de superficie reflejada por la misma superficie en la dirección del ojo del observador. Su símbolo es  $L$  y su unidad la candela entre metro cuadrado ( $cd/m^2$ ).

La expresión de la luminancia en un punto  $P$ , en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, de la altura  $h$  de montaje de la luminaria y de las características de reflexión del pavimento  $r(\beta, \text{tg } \gamma)$ , es la siguiente:

$$L = [I(c, \gamma) r(\beta, \text{tg } \gamma)] / h^2$$

### 3.14. Luminancia media de una superficie.

Valor medio de la luminancia de la superficie considerada. Su símbolo es  $L_m$  y se expresa en  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

### 3.15. Luz intrusa o molesta.

Luz procedente de las instalaciones de alumbrado exterior que da lugar a incomodidad, distracción o reducción en la capacidad para detectar una información esencial y, por tanto, produce efectos potencialmente adversos en los residentes, ciudadanos que circulan y usuarios de sistemas de transportes.

### 3.16. Relación Entorno.

Relación entre la iluminancia media de la zona situada en el exterior de la calzada y la iluminancia media de la zona adyacente situada sobre la calzada, en ambos lados de los bordes de la misma. La relación entorno SR es la más pequeña de las dos relaciones entorno calculadas. La anchura de las dos zonas de cálculo para cada relación de entorno se tomará como 5 m o la mitad de la anchura de la calzada, si ésta es inferior a 10 m.

### 3.17. Rendimiento de una Luminaria.

Es la relación entre el flujo luminoso total procedente de la luminaria y el flujo luminoso emitido por la lámpara o lámparas instaladas en la luminaria. Su símbolo es  $\eta$  y carece de unidades.

### 3.18. Resplandor Luminoso Nocturno.

Luminosidad o brillo nocturno producido, entre otras causas, por la luz procedente de las instalaciones de alumbrado exterior, bien por emisión directa hacia el cielo o reflejada por las superficies iluminadas.

### 3.19. Uniformidad global de luminancias.

Relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es  $U_0$  y carece de unidades.

### 3.20. Uniformidad longitudinal de luminancias.

Relación entre la luminancia mínima y la máxima en el mismo eje longitudinal de los carriles de circulación de la calzada, adoptando el valor menor de todos ellos. Su símbolo es  $U_1$  y carece de unidades.

### 3.21. Uniformidad media de iluminancias.

Relación entre la iluminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es  $U_m$  y carece de unidades.

### 3.22. Uniformidad General de Iluminancias.

Relación entre la iluminancia mínima y la máxima de la superficie de la calzada. Su símbolo es  $U_g$  y carece de unidades.

### 3.23. Eficiencia energética de una instalación.

#### 3.23.1. Definición.

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\varepsilon = \frac{SE_m}{P} \left( \frac{m^2 \text{ lux}}{W} \right)$$

Siendo:

- $\varepsilon$  = eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ( $m^2 \text{ lux/W}$ ).
- $P$  = potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W).
- $S$  = superficie iluminada ( $m^2$ ).
- $E_m$  = iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux);

#### 3.23.2. Determinación.

La eficiencia energética se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

- $\varepsilon_L$  = eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares ( $\text{lum/W} = m^2 \text{ lux/W}$ )
- $f_m$  = factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)
- $f_u$  = factor de utilización de la instalación (en valores por unidad).

$$\varepsilon = \varepsilon_L f_m f_u \left( \frac{m^2 * \text{ lux}}{W} \right)$$

Donde:

**Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares ( $\varepsilon_L$ ):** Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

**Factor de mantenimiento ( $f_m$ ):** Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

**Factor de utilización (fu):** Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

### 3.23.3. Mejora de la eficiencia energética.

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores - eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de la instalación- sea máximo.

### 3.23.4. Requisitos mínimos de eficiencia energética.

El alumbrado vial ambiental es el que se utiliza generalmente en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc., considerados en la Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02 como situaciones de proyecto C, D y E, tal y como corresponde al presente proyecto.

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación -dimensiones de la superficie a iluminar (longitud y anchura), así como disposición de las luminarias (tipo de implantación, altura y separación entre puntos de luz)-, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la tabla 8.1.

<b>Illuminancia media en servicio Em(lux)</b>	<b>EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA (<math>\frac{m^2 \cdot lux}{W}</math>)</b>
<b>≥ 20</b>	9
<b>15</b>	7,5
<b>10</b>	6
<b>7,5</b>	5
<b>≤ 5</b>	3,5
<b>Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal</b>	

*Tabla 8.1: Requisitos de eficiencia energética.*

### 3.23.5. Calificación energética de las instalaciones de alumbrado.

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos, festivos y navideños, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I_e}$$

La tabla 8.2 determina los valores definidos por las respectivas letras de consumo energético, en función de los índices de eficiencia energética declarados.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
<b>A</b>	ICE < 0,91	$I_e > 1,1$
<b>B</b>	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_e > 0,92$
<b>C</b>	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_e > 0,74$
<b>D</b>	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_e > 0,56$
<b>E</b>	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_e > 0,38$
<b>F</b>	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_e > 0,20$
<b>G</b>	ICE $\geq 5,00$	$I_e \geq 0,20$

Tabla 8.2: Calificación energética.

### 3.24. Deslumbramiento.

La tabla siguiente proporciona las clases D de índice de deslumbramiento que se utilizara para satisfacer los requisitos apropiados del deslumbramiento molesto para las luminarias de ambiente con superficie luminosa difusora, instaladas a baja altura.

El índice de deslumbramiento se halla mediante la siguiente ecuación:

$$D = I * A - 0,5cd/m^2$$



Donde:

$I$  es el valor máximo de la intensidad luminosa (cd) en cualquier dirección que forme un ángulo de  $85^\circ$  con la vertical.

$A$  es el área aparente ( $m^2$ ) de las partes luminosas de la luminaria en un plano perpendicular a la dirección de la intensidad ( $I$ ).

Si en la dirección de la intensidad  $I$ , son visibles partes de la fuente luminosa, bien directamente o bien como imágenes, se aplicará la clase D0. En este caso se deberán utilizar fuentes luminosas de bajo brillo, por ejemplo lámparas fluorescentes.

Clase	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Índice de deslumbramiento máximo	-	7.000	5.500	4.000	2.000	1.000	500

Tabla 8.3: Índice de deslumbramiento máximo.

Para alumbrado de vías peatonales, las clases D de índice de deslumbramiento máximo en función de la altura  $h$  de montaje en metros de las luminarias, serán las indicadas en la tabla 8.4:

Altura de Montaje	Clases D
$h \leq 4,5$	D3
$4,5 \leq h \leq 6$	D2
$H > 6$	D1

Tabla 8.4: Deslumbramiento máximo en función de la altura de montaje.

## 4. ELEMENTOS COMUNES.

En el siguiente apartado se van a definir los distintos elementos que componen los elementos comunes de la instalación eléctrica de la pasarela. Para ello se va a usar el REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E INSTRUCCIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS (ITC) BT 01 A BT 51, en especial la instrucción técnica complementaria (ITC) BT-09 que hace referencia a las instalaciones de alumbrado exterior.

### 4.1. Puestas a tierra.

La máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser:

- Desnudos, de cobre, de 35 mm<sup>2</sup> de sección mínima, si forman parte de la propia red de tierra, en cuyo caso irán por fuera de las canalizaciones de los cables de alimentación.
- Aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm<sup>2</sup> para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une de cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm<sup>2</sup> de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra, se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

### 4.2. Redes de alimentación.

La tipología de red de alimentación a emplear en el proyecto es la red subterránea. Los conductores de las redes de alimentación subterránea deberán ser de cobre o aluminio y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la Norma UNE-HD 603. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm<sup>2</sup> para conductores de cobre y a 16 mm<sup>2</sup> para los de aluminio.

El tipo de cable elegido para la instalación es el cable NYCY de la casa NAKASE. Presenta las siguientes características:

- Conductor de cobre desnudo con aislamiento a base de PVC.
- No propaga la llama.
- Temperaturas de entre -40°C y 70°C.
- Cable flexible de clase 5.

#### 4.2.1. Intensidades máximas admisibles.

En la siguiente tabla se muestran las intensidades máximas permanentes admisibles en amperios para tipos de instalación enterrada en función de su sección y del aislante que los protege para cables con conductores de cobre.


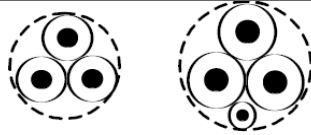
Sección nominal mm <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) y (2)    1 cable tripolar o tetrapolar (3)					
	Tipo de aislamiento					
						
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
<b>6</b>	72	70	63	66	64	56
<b>10</b>	96	94	85	88	85	75
<b>16</b>	125	120	110	115	110	97
<b>25</b>	160	155	140	150	140	125
<b>35</b>	190	185	170	180	175	150
<b>50</b>	230	225	200	215	205	180
<b>70</b>	280	270	245	260	250	220
<b>95</b>	335	325	290	310	305	265
<b>120</b>	380	375	335	355	350	305
<b>150</b>	425	415	370	400	390	340
<b>185</b>	480	470	420	450	440	385
<b>240</b>	550	540	485	520	505	445
<b>300</b>	620	610	550	590	565	505
<b>400</b>	705	690	615	665	645	570
<b>500</b>	790	775	685	-	-	-
<b>600</b>	885	870	770	-	-	-

Tabla 8.5: Sección de cable.

Tipo de aislamiento

XLPE: Polietileno reticulado. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (servicio permanente).

EPR: Etileno propileno. Temperatura máxima en el conductor 90 °C (servicio permanente).

PVC: Policloruro de vinilo. Temperatura máxima en el conductor 70 °C (servicio permanente).

Temperatura del terreno 25 °C.

Profundidad de instalación 0,70 m.

Resistividad térmica del terreno 1 K.m/W.

(1) Incluye el conductor neutro, si existe.

(2) Para el caso de dos cables unipolares, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna de la terna de cables unipolares de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

(3) Para el caso de un cable bipolar, la intensidad máxima admisible será la correspondiente a la columna del cable tripolar o tetrapolar de la misma sección y tipo de aislamiento, multiplicada por 1,225.

### 4.3. Características de la instalación subterránea.

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y a poder ser paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Asimismo, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección.

El sistema de cables aislados se instalará directamente enterrado. Para ello se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La profundidad, hasta la parte inferior del cable, no será menor de 0,60 m en acera, ni de 0,80 m en calzada.
- El lecho de la zanja que va a recibir el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc... En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable. Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor.
- Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
- Por encima de la arena todos los cables deberán tener una protección mecánica, como por ejemplo, losetas de hormigón, placas protectoras de plástico, ladrillos o rasillas colocadas transversalmente. Podrá admitirse el empleo de otras protecciones mecánicas equivalentes. Se colocará también una cinta de señalización que advierta de la existencia del cable eléctrico de baja tensión. Su distancia mínima al suelo será de 0,10 m, y a la parte superior del cable de 0,25m.
- Se admitirá también la colocación de placas con la doble misión de protección mecánica y de señalización.

#### 4.3.1. Condiciones generales para cruzamiento, proximidad y paralelismo.

Los cables subterráneos, cuando estén enterrados directamente en el terreno, deberán cumplir, además de los requisitos reseñados en el presente punto.

- Cruzamientos.

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados.

## CALLES Y CARRETERAS

Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

Tal y como se describe en la ITC-BT-21 para tubos y canales protectores, los tubos protectores en canalizaciones enterradas deberán de cumplir las características mínimas que se indican en la siguiente tabla:

Característica	Código	Grado
<b>Resistencia a la compresión</b>	NA	250 N / 450 N / 750 N
<b>Resistencia al impacto</b>	NA	Ligero / Normal / Normal
<b>Temperatura mínima de instalación y servicio</b>	NA	
<b>Temperatura máxima de instalación y servicio</b>	NA	
<b>Resistencia al curvado</b>	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
<b>Propiedades eléctricas</b>	0	No declaradas
<b>Resistencia a la penetración de objetos sólidos</b>	4	Protegido contra objetos D > 1 mm
<b>Resistencia a la penetración del agua</b>	2	Protegido contra el agua en forma de lluvia
<b>Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos</b>	2	Protección interior y exterior media
<b>Resistencia a la tracción</b>	0	No declarada
<b>Resistencia a la propagación de la llama</b>	1	No declarada
<b>Resistencia a las cargas suspendidas</b>	0	No declarada
<b>Notas</b> NA: No aplicable (*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal		

Tabla 8.6: Características mínimas de canalizaciones enterradas.

## OTROS CABLES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Siempre que sea posible, se procurará que los cables de baja tensión discurren por encima de los de alta tensión.

La distancia mínima entre un cable de baja tensión y otros cables de energía eléctrica será:

0,25 m con cables de alta tensión y 0,10 m con cables de baja tensión. La distancia del punto de cruce a los empalmes será superior a 1 m.

## CABLES DE TELECOMUNICACIÓN

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes,

tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.

Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas. Todo tipo de protección en la cubierta del cable debe ser aislante.

### **CANALIZACIONES DE AGUA Y GAS**

Siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua.

La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m. Se evitará el cruce por la vertical de las juntas de las canalizaciones de agua o gas, o de los empalmes de la canalización eléctrica, situando unas y otros a una distancia superior a 1 m del cruce.

### **CONDUCCIONES DE ALCANTARILLADO**

Se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior. Se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo, y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas.

Cuando no puedan respetarse alguna de las distancias en los cables enterrados, el cable más reciente deberá disponerse en canalización entubada de acuerdo a lo siguiente:

Se evitarán, en lo posible, los cambios de dirección de los tubos. En los puntos donde se produzcan y para facilitar la manipulación de los cables, se dispondrán arquetas con tapa, registrables o no. Para facilitar el tendido de los cables, en los tramos rectos se instalarán arquetas intermedias, registrables, ciegas o simplemente calas de tiro, como máximo cada 40 m. Esta distancia podrá variarse de forma razonable, en función de derivaciones, cruces u otros condicionantes viarios. A la entrada en las arquetas, los tubos deberán quedar debidamente sellados en sus extremos para evitar la entrada de roedores y de agua.

- Proximidades y paralelismos.

Los cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones.

### **OTROS CABLES DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

Los cables de baja tensión podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de baja tensión y 0,25 m con los cables de alta tensión.

### **CABLES DE TELECOMUNICACIÓN**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m.

### **Canalizaciones de agua**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de agua será de 1 m.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico.

Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

### **CANALIZACIONES DE GAS**

La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de las canalizaciones de gas será de 1 m.

Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal.

Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de baja tensión.

## 5. ILUMINACIÓN DE LA PASARELA.

En este apartado se pretenden definir la instalación de la iluminación, así de todos los elementos necesarios para su correcto funcionamiento, como luminarias, cableado, puesta a tierra y accionamiento.

Lo primero de todo es definir la el nivel de iluminación necesario para una pasarela mediante la ITC-EA-02.

### 5.1. Nivel de iluminación.

Conjunto de requisitos luminotécnicos o fotométricos (luminancia, iluminancia, uniformidad, deslumbramiento, relación de entorno, etc.).

Los niveles máximos de luminancia o de iluminancia media de las instalaciones de alumbrado descritas a continuación no podrán superar en más de un 20% los niveles medios de referencia establecidos.

El nivel de iluminación requerido por una vía depende de múltiples factores como son el tipo de vía, la complejidad de su trazado, la intensidad y sistema de control del tráfico y la separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios.

En función de estos criterios, las vías de circulación se clasifican en varios grupos o situaciones de proyecto, asignándose a cada uno de ellos unos requisitos fotométricos específicos que tienen en cuenta las necesidades visuales de los usuarios así como aspectos medio ambientales de las vías.

A pesar de lo mencionado anteriormente, el criterio principal para la clasificación de las vías es la velocidad de circulación. Para su definición, la ITC-EA-02 pone a disposición la siguiente tabla que clasifica el nivel de iluminación de las diferentes vías en función de su velocidad:

Clasificación	Tipo de vía	Velocidad del tráfico rodado (km/h)
<b>A</b>	de alta velocidad	$v > 60$
<b>B</b>	de moderada velocidad	$30 < v \leq 60$
<b>C</b>	carriles bici	
<b>D</b>	de baja velocidad	$5 < v \leq 30$
<b>E</b>	vías peatonales	$v \leq 5$

Tabla 8.7: Clasificación de las luminarias en función de la velocidad de la vía.



Como se puede observar, la clasificación del presente proyecto en nivel de iluminación es de tipo E, vías peatonales.

Además, en función de la Intensidad Media de tráfico Diario (IMD) y del tipo de vía, la norma establece subgrupos dentro de la clasificación anterior.

Situaciones de proyecto	Tipos de vías	Clase de alumbrado (*)
<b>E1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada.</i></li> <li>• <i>Paradas de autobús con zonas de espera</i></li> <li>• <i>Áreas comerciales peatonales.</i></li> </ul> Flujo de tráfico de peatones: Alto..... Normal.....	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4
<b>E2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <i>Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones.</i></li> </ul> Flujo de tráfico de peatones Alto..... Normal.....	CE1A/CE2/S1 S2/S3/S4
<p><b>(*) Para todas las situaciones de alumbrado E1 y E2, cuando las zonas próximas sean claras (fondos claros), todas las vías de tráfico verán incrementadas sus exigencias a las de la clase de alumbrado inmediata superior.</b></p>		

Tabla 8.8: Clase de alumbrado en función de la IMD.

Tal y como se observa en la tabla, el nivel de iluminación del proyecto es E1, debido a que es un espacio peatonal de conexión, y se deberá elegir entre S2/S3 o S4 debido a que el nivel de tráfico que experimentará es medio.

En la tabla de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación Alumbrado Público se encuentran las 6 categorías para determinar la clase de alumbrado:

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	Clase de alumbrado
Vías de muy elevado prestigio urbano	CE1A
Vías de elevado prestigio urbano	CE2
Calzadas de prestigio urbano	S1
Utilización nocturna intensa por peatones o ciclistas	S2
Utilización nocturna moderada por peatones o ciclistas	S3
Utilización nocturna baja por peatones o ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes.	S4

Tabla 8.9: Clase de alumbrado en función de la calzada.

En función de esta tabla, se elige una clase S3 de alumbrado, debido a que es la que más se ajusta a las circunstancias del proyecto, por lo que el nivel de iluminación del proyecto será de E1 S3.

A pesar de todo lo mencionado, la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación Alumbrado Público y el REAL DECRETO 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07 consideran a las pasarelas peatonales dentro de una categoría especial llamada alumbrados especiales o específicos.

En el Real Decreto se especifica que:

La clase de alumbrado para pasarelas peatonales, escaleras y rampas será CE2 y, en caso de riesgo de inseguridad ciudadana, podrá adoptarse la clase CE1. Cuando existan escaleras y rampas de acceso, la iluminancia en el plano vertical no será inferior al 50% del valor en el plano horizontal de forma que se asegure una buena percepción de los peldaños.

Mientras que la GTEEIAL establece que:

Cualquiera que sea el emplazamiento y el ambiente del entorno de la pasarela peatonal, su instalación de alumbrado deberá integrarse armoniosamente en el conjunto.

La clase de alumbrado o nivel luminoso será CE1 y, en caso de riesgo de criminalidad, podrá adoptarse la clase CE0. Estos mismos niveles se aplicarán a las escaleras y rampas de acceso, en el supuesto de que las precise la pasarela, implantando adecuadamente los puntos de luz, de forma que exista una diferencia de luminancia entre la huella y la contrahuella que asegure una buena percepción de los peldaños.

Cuando la pasarela peatonal atraviese una vía con poca iluminación o sin iluminar, su alumbrado no deberá ser molesto para los usuarios de dicha vía, lo que obligará a la utilización de luminarias con un flujo luminoso convenientemente dirigido.

En función de estas dos normativas, el nivel de iluminación que se ha elegido para todo el proyecto de la pasarela, ya que estas normas incluyen a las escaleras y las rampas del proyecto, es CE1, ya que es un punto en común entre las dos.

Los requerimientos lumínicos del nivel de iluminación CE1 son:

Clase de alumbrado (1)	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media Em (lux) [mínima mantenida(1)]	Uniformidad Media Um [mínima]
<b>CE0</b>	50	0,40
<b>CE1</b>	30	0,40
<b>CE1A</b>	25	0,40
<b>CE2</b>	20	0,40
<b>CE3</b>	15	0,40
<b>CE4</b>	10	0,40
<b>CE5</b>	7,5	0,40

*(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (fm) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.*  
*(2) También se aplican es espacios utilizados por peatones y ciclistas.*

Tabla 8.10: Requerimientos lumínicos.

Para la determinación del resto de requisitos fotométricos, la ITC-EA-02 establece la siguiente tabla con niveles de iluminación similar entre diferentes clases de alumbrado para poder usar la tabla 8.11:

	<b>ME1</b>	<b>ME2</b>	<b>ME3</b>	<b>ME4</b>	<b>ME5</b>	<b>ME6</b>
	<b>MEW1</b>	<b>MEW2</b>	<b>MEW3</b>	<b>MEW4</b>	<b>MEW5</b>	
<b>CEO</b>	CE1	CE2	CE3	CE4	CE5	
			S1	S2	S3	S4

Tabla 8.11: Tabla de equivalencias entre clases.

Como se puede comprobar, el nivel de iluminación CE1 puede compararse con el ME1, que será el que se introduzca en la siguiente tabla para determinar los requisitos fotométricos del proyecto:

Clase de alumbrado	Luminancia de la superficie de la calzada en condiciones secas.			Deslumbramiento perturbador	Iluminación de alrededores
	Luminancia (4) Media $L_m$ (cd/m <sup>2</sup> )(1)	Uniformidad Global $U_o$ [mínima]	Uniformidad Longitudinal $U_-$ [mínima]	Incremento Umbral $TI$ (%) (2) [máximo]	Relación Entorno $SR$ (3) [mínima]
ME1	2,00	0,40	0,70	10	0,50
ME2	1,50	0,40	0,70	10	0,50
ME3a	1,00	0,40	0,70	15	0,50
ME3b	1,00	0,40	0,60	15	0,50
ME3c	1,00	0,40	0,50	15	0,50
ME4a	0,75	0,40	0,60	15	0,50
ME4b	0,75	0,40	0,50	15	0,50
ME5	0,50	0,35	0,40	15	0,50
ME6	0,30	0,35	0,40	15	Sin requisito

(1) Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado, a excepción de (TI), que son valores máximos iniciales. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de mantenimiento (fm) elevado que dependerá de la lámpara adoptada, del tipo de luminaria, grado de contaminación del aire y modalidad de mantenimiento preventivo.

(2) Cuando se utilicen fuentes de luz de baja luminancia (lámparas fluorescentes y de vapor de sodio a baja presión), puede permitirse un aumento de 5% del incremento umbral (TI).

(3) La relación entorno SR debe aplicarse en aquellas vías de tráfico rodado donde no existan otras áreas contiguas a la calzada que tengan sus propios requisitos. La anchura de las bandas adyacentes para la relación entorno SR será igual como mínimo a la de un carril de tráfico, recomendándose a ser posible 5 m de anchura.

(4) Los valores de luminancia dados pueden convertirse en valores de iluminancia, multiplicando los primeros por el coeficiente R (según C.I.E.) del pavimento utilizado, tomando un valor de 15 cuando éste no se conozca.

Tabla 8.12: Requisitos de iluminación.

## 5.2. Luminarias.

A la hora de escoger las luminarias, se ha tenido en cuenta la división de la estructura en tablero y rampas por un lado y escaleras por el otro.

### 5.2.1. Luminarias en tablero y rampas.

Para el tablero y rampas, se ha escogido una luminaria tipo bob 18 empotrada al suelo de rampas y tablero, perteneciente al grupo línea ligth. A continuación se describe la luminaria y el cálculo de la iluminación correspondiente.



FIGURA 8.1: Luminaria bob18.

#### 5.2.1.1. Descripción de la luminaria bob 18\_1.

Las dimensiones de la luminaria bob 18\_1 son:

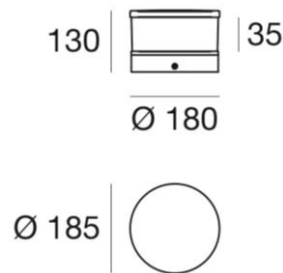


FIGURA 8.2: Croquis luminaria bob18.

Los materiales de los que está compuesto la luminaria son:

Cuerpo: Aluminio texturado.

Difusor: Vidrio transparente.

Montura: Aluminio texturado.

Para su montaje, lo ideal es seguir las siguientes instrucciones extraídas de la página web del fabricante:

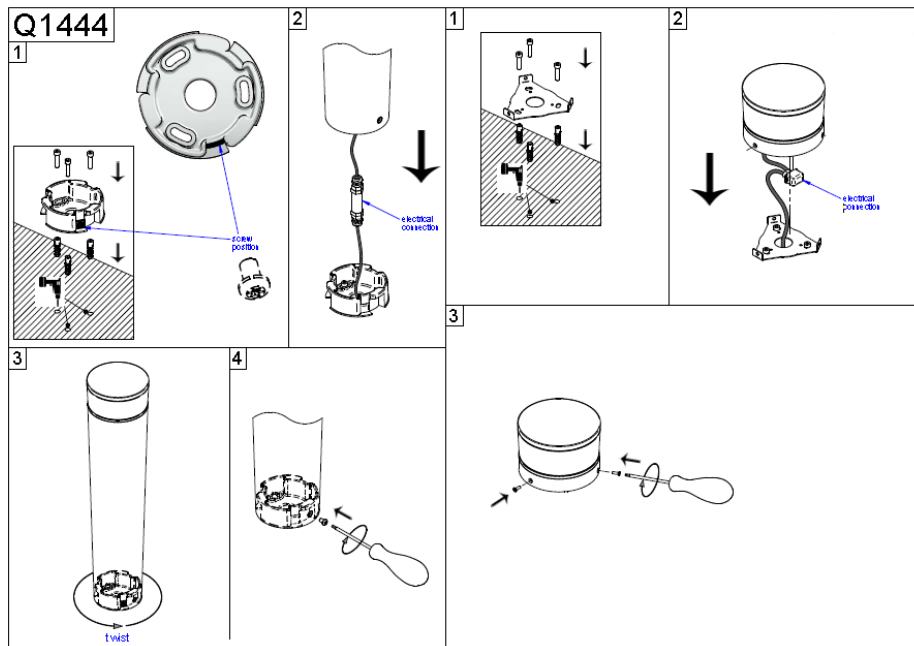


FIGURA 8.3: Montaje luminaria bob 18.

### 5.2.1.2. Cálculo de la iluminación.

Para realizar el cálculo de la iluminación de tablero y pasarela se ha usado el programa DIALUX. Este es un programa totalmente gratuito para el cálculo de la iluminación de edificios, exteriores y calzadas y ofrece un amplio contenido de diferentes opciones para el cálculo de la iluminación.

A continuación se recogen los cálculos obtenidos para las distintas superficies calculadas, así como la disposición de las luminarias elegidas. Al final de este anejo se adjunta el informe obtenido por el programa.

Superficie	Luminancia media (Lm) cd/m <sup>2</sup>	Iluminancia media (Em) lux
<b>Tablero</b>	20,2	318.0
<b>Descansillo Tablero Rampa Alta</b>	2,82	44.3
<b>Rampa Alta 1</b>	19,1	300.0
<b>Descansillo Corto Rampa Alta</b>	17,4	273.0
<b>Rampa Alta 2</b>	16,6	261.0
<b>Descansillo Largo Rampa Alta</b>	28,9	296.0
<b>Descansillo Tablero Escalera Alta</b>	35,6	559.0
<b>Descansillo Escalera Alta</b>	19,9	313.0

<b>Descansillo Tablero Rampa Baja</b>	3,81	59,9
<b>Rampa Baja 1</b>	21,9	345.0
<b>Descansillo Corto Rampa Baja</b>	25,2	396.0
<b>Rampa Baja 2</b>	20,5	322.0
<b>Descansillo Largo Rampa Baja</b>	19.0	299.0
<b>Descansillo Tablero Escalera Baja</b>	35,2	553.0
<b>Descansillo Escalera Baja</b>	20,2	317.0

Tabla 8.13: Luminancia bob18.

A continuación se muestran el plano de isocintas y la disposición de las luminarias del tablero y rampas:

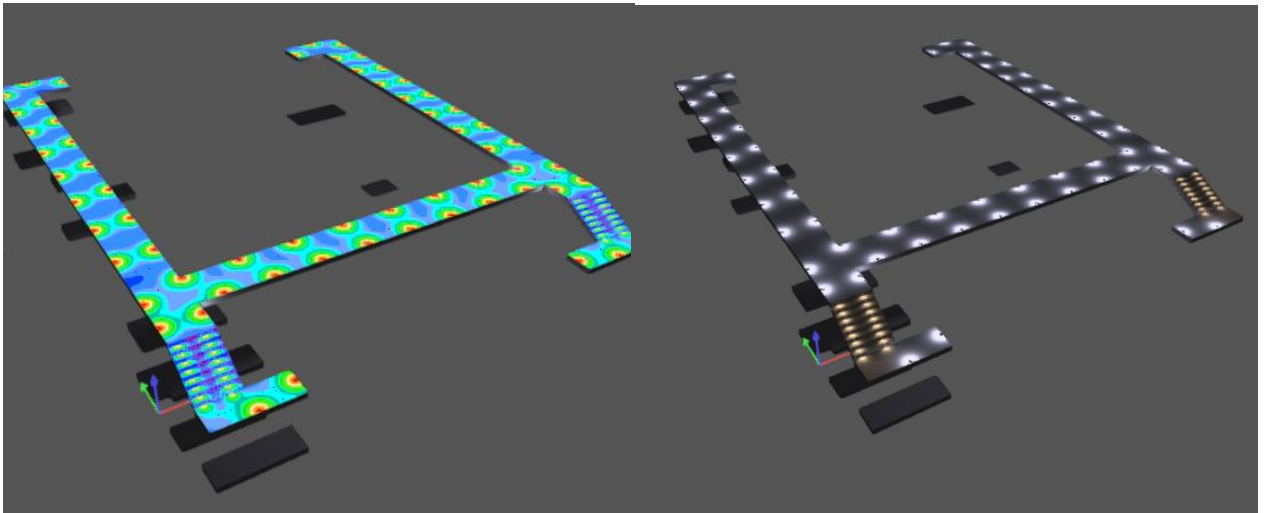


FIGURA 8.4: Disposición de luminarias y isocintas tablero

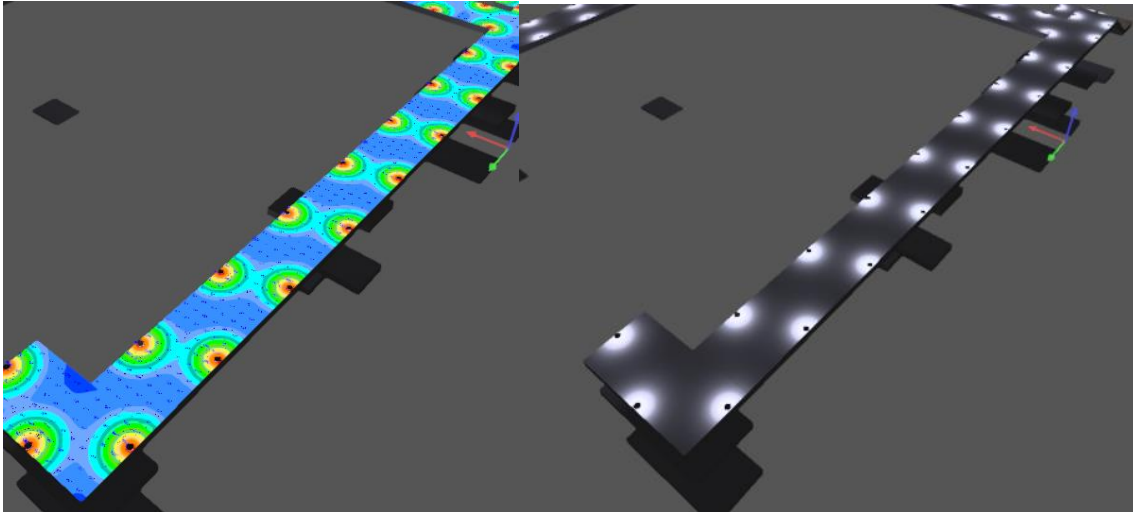


FIGURA 8.5: Disposición de luminarias y isolineas rampas.

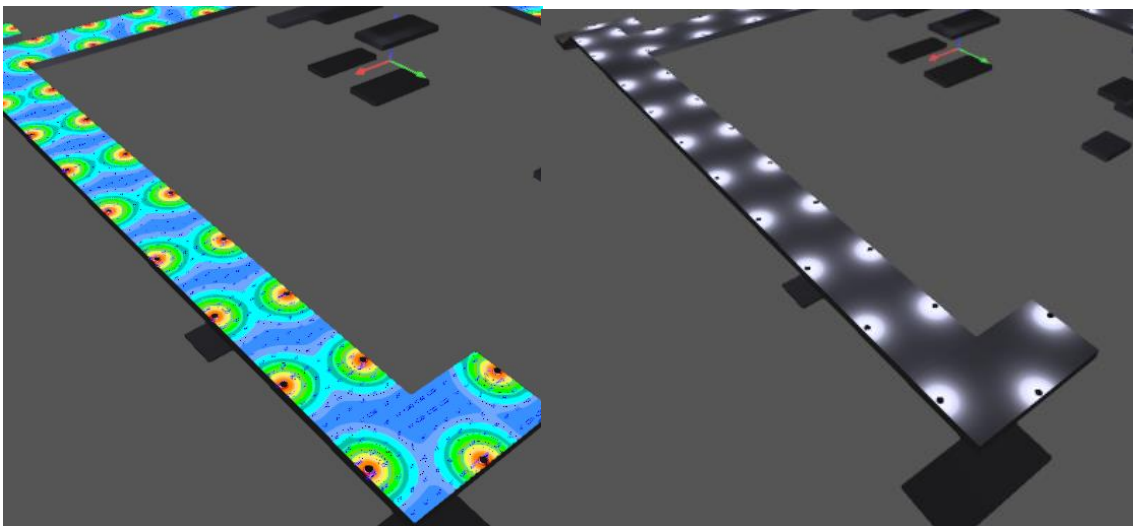


FIGURA 8.6: Disposición de luminarias y isolineas rampas.



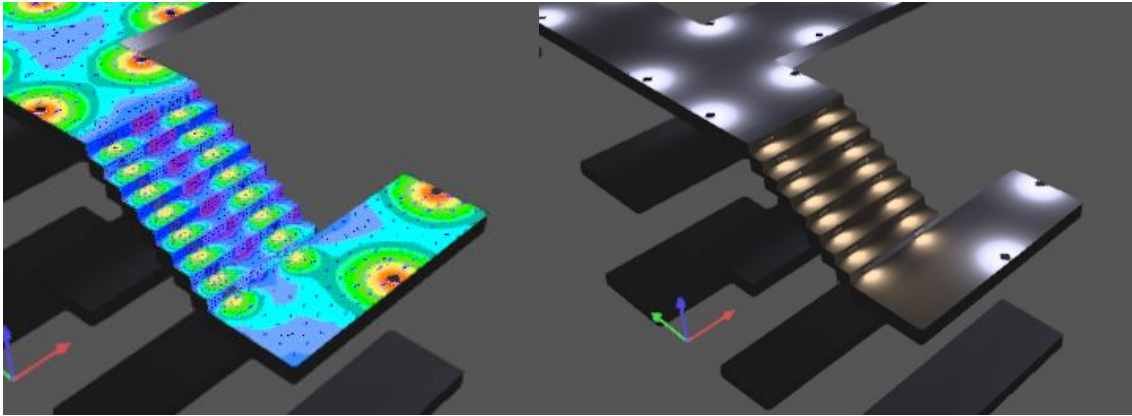


FIGURA 8.7: Disposición de luminarias y isoclinas escaleras.

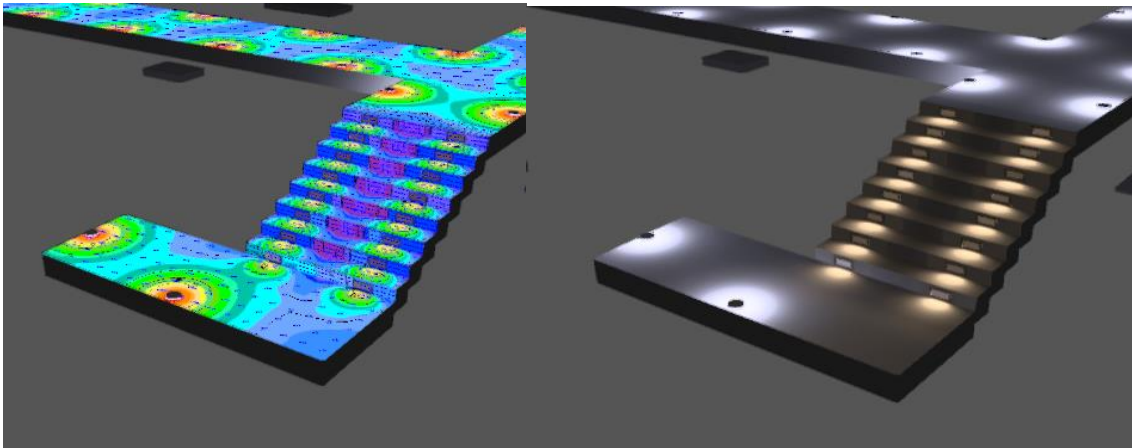


FIGURA 8.8: Disposición de luminarias y isoclinas escaleras.

### 5.2.2. Luminarias en las escaleras.

Para las escaleras se han elegido unas luminarias STO259 LED empotradas en la contrahuella de la escalera de modo que se proporcione una correcta iluminación de los escalones para evitar tropiezos y accidentes. El fabricante es we-ef. A continuación se detalla la luminaria y el cálculo de la iluminación.

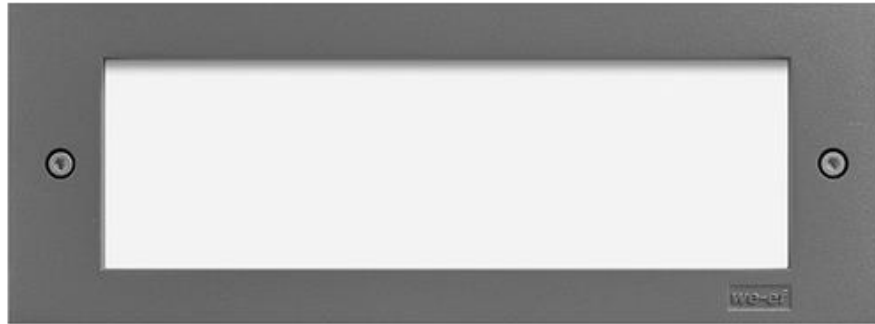


FIGURA 8.9: Luminaria STO259.

#### 5.2.2.1. Descripción de la luminaria STO259 LED.

Las dimensiones de la luminaria son:

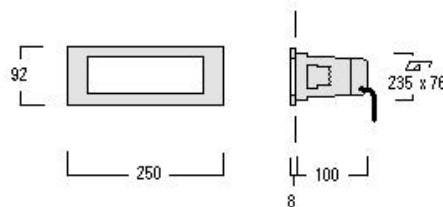


FIGURA 8.10: Croquis luminaria STO259.

Los materiales de los que se compone la luminaria son:

- Cuerpo: Aleación de aluminio fundido a presión.
- Sujeciones: acero inoxidable recubierto de polímero PCS.
- Difusor: Lente de policarbonato.

El método de montaje que recomienda el fabricante es el siguiente:

1. Retire el marco a y la lente b soltando los dos tornillos hexagonales del panel c
2. Alimente el cable de suministro de red D (y el segundo cable E para el cableado pasante, si es necesario) a través de las arandelas F en la parte posterior de la carcasa, mientras coloca la luminaria en su posición. Luminaria segura apretando los dos tornillos de cabeza Philips G.
3. Coloque la lámpara adecuada J, como se indica en la etiqueta de la luminaria, insértela firmemente en el portalámparas

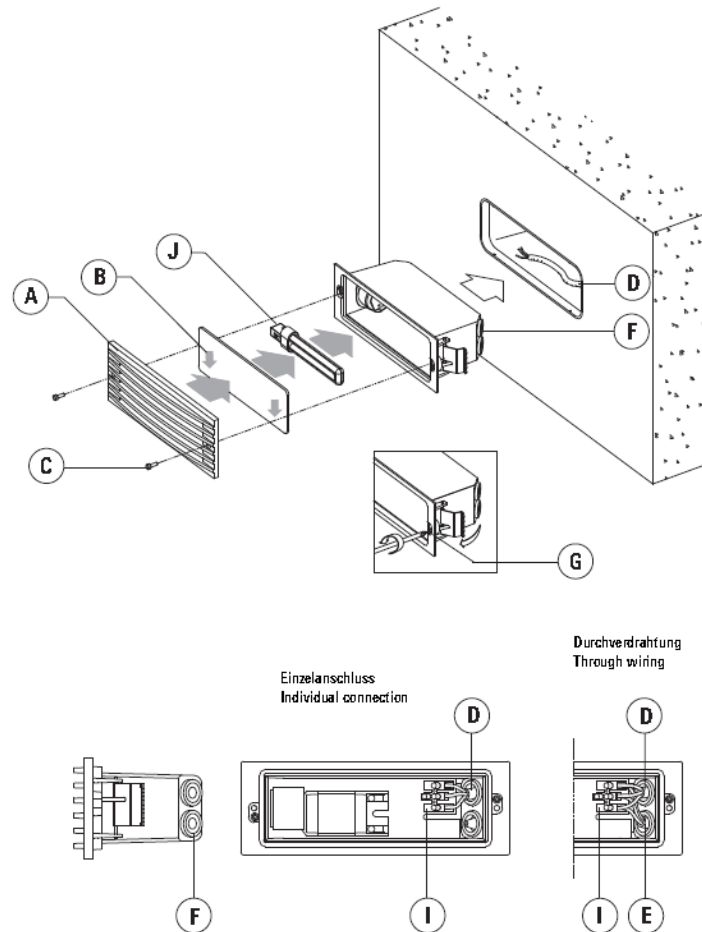


FIGURA 8.11: Montaje luminaria STO259

#### 5.2.2.2. Cálculo de la iluminación.

Al igual que en el caso anterior, para la iluminación se ha utilizado el programa DIALUX. Como todas las escaleras de cada lado tienen las mismas dimensiones y las mismas luminarias con la misma disposición, solo se muestran los cálculos de huella y contrahuella de una sola escalera por cada lado:

<b>Superficie</b>	<b>Luminancia media (Lm) cd/m<sup>2</sup></b>	<b>Iluminancia media (Em) lux</b>
<b>Huella escalera lado alto</b>	11	175
<b>Contrahuella escalera lado alto</b>	0,5	8,5
<b>Huella escalera lado corto</b>	12	185
<b>Contrahuella escalera lado corto</b>	0,5	7

Tabla 8.14: Luminancia STO259

A pesar de que en la contrahuella de las escaleras no se cumplan los requisitos mínimos anteriormente mencionados, la contrahuella no es una zona en la que sea necesario iluminación, pues es la parte vertical de la escalera. Solo hace falta que esté lo suficientemente señalizada para evitar tropiezos, cosa que se hace posible gracias a las luminarias instaladas en ellas.

### 5.3. Instalación eléctrica.

Como se ha indicado anteriormente, el tipo de instalación es una instalación subterránea. Su disposición se ha realizado de acuerdo al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.

La instalación eléctrica de baja tensión partirá de un CTC exterior en las inmediaciones de la pasarela.

Los conductores serán de cobre, aislados mediante PVC. La instalación de los mismos y los materiales utilizados se harán de acuerdo a las prescripciones establecidas en la ITC-BT-06 y 07 para redes subterráneas y distribución de energía. La sección y número de conductores se hará de acuerdo a la ITC-BT-10 de previsión de cargas para suministros de baja tensión, a la intensidad máxima admisible del conductor elegido y a la tensión de suministro y a la caída de tensión máxima admisible, que dependen de la empresa distribuidora.

La canalización de los conductores se hará en dominio público, lo más rectilíneo posible y respetando los radios mínimos de curvatura determinados por el fabricante.

Además, la conducción se realizará a una profundidad de 0,8 metros, tal y como se especifica en la ITC-BT-07 para canalizaciones directamente enterradas. Esta profundidad es el mínimo establecido por la norma para las canalizaciones por debajo de calzadas.

Como las conducciones parten de un centro de transformación al otro lado de la calle, para realizar la conducción se deberá levantar la calzada existente. Esto hace necesario que los cables que recorren la carretera y la calzada tengan un recubrimiento.

Para canalizaciones enterradas, los tubos protectores serán conformes a lo establecido en la norma UNE-EN 50086-2-4 y sus características mínimas serán, para instalaciones ordinarias las siguientes indicaciones:

<b>Característica</b>	<b>Código</b>	<b>Grado</b>
<b>Resistencia a la compresión</b>	NA	250 N / 450 N / 750 N
<b>Resistencia al impacto</b>	NA	Ligero / Normal / Normal
<b>Temperatura mínima de instalación y servicio</b>	NA	NA
<b>Temperatura máxima de instalación y servicio</b>	NA	NA
<b>Resistencia al curvado</b>	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
<b>Propiedades eléctricas</b>	0	No declaradas
<b>Resistencia a la penetración de objetos sólidos</b>	4	Protegido contra objetos D>1 mm
<b>Resistencia a la penetración del agua</b>	2	Protegido contra el agua en forma de lluvia
<b>Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos</b>	2	Protección interior y exterior media

<b>Resistencia a la tracción</b>	0	No declarada
<b>Resistencia a la propagación de la llama</b>	1	No declarada
<b>Resistencia a las cargas suspendidas</b>	0	No declarada
<b>NOTAS:</b>		
<b>NA: No aplicable</b>		
<b>(*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal</b>		

Tabla 8.14: Requisitos mínimos para instalaciones.

Los tubos deberán tener un diámetro tal que permitan un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados. En la siguiente tabla se muestran los diferentes diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y de la sección de los cables a conducir.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm <sup>2</sup> )	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	-

Tabla 8.15: Diámetros exteriores mínimos de tubos.

Suponiendo una sección nominal de 10mm<sup>2</sup> y un número de conductores inferior a 6, el diámetro exterior de los tubos protectores de PVC será de 63mm<sup>2</sup>.

Para no tener que levantar la acera ni la carretera para realizar una zanja, la excavación de las conducciones se realizará mediante Topos.

Debido a la situación del centro de transformación, será necesario un cambio de dirección. Aprovechando que debido al método elegido de elaboración de la conducción, se deberá realizar una zanja para este cambio. Esta zanja será aprovechada para la colocación de una arqueta con tapa, de modo que se pueda facilitar la manipulación del cableado.

Como los conductores parten del centro de transformación, es posible dividir la alimentación de las luminarias en tres zonas que se especifican en el apartado de cálculos eléctricos. De este modo, ante un posible fallo de una de las líneas, será posible que el resto de luminarias funcionen con normalidad y la pasarela no quede completamente a oscuras.

### 5.3.1. Realización de la conducción del cableado.

Como se ha mencionado anteriormente, las canalizaciones de los conductores se harán mediante topos. Este método la instalación de líneas subterráneas sin necesidad de realizar una zanja. El topo, o martillo de compactación, desplaza la tierra construyendo así un túnel. Este túnel puede ser de hasta 25 metros sin necesidad de realizar ninguna zanja.

De este modo, se permite realizar la conducción de los conductores sin necesidad de alterar el tráfico de la carretera, minimizando la obra necesaria, pues no requiere levantar la calle. Además de que el gasto es muy reducido en comparación a la alternativa de realizar una zanja.

El único inconveniente de este sistema, es que para realizar cambios de dirección se debe de realizar una zanja. Esta zanja se aprovechará para la instalación de una arqueta.



FIGURA 8.12: Excavación mediante topos.

El recorrido de la instalación, así como la arqueta que se pretende instalar en el cambio de dirección aprovechando la necesidad de realizar una zanja se detallan en el plano de iluminación.

### 5.3.2. Cálculos eléctricos.

Para la realización del dimensionamiento de la sección de los conductores y la caída de tensión admisible se va a usar la ITC-BT-09 Instalaciones de alumbrado exterior.

Como se ha mencionado antes, el cálculo se dividirá en las siguientes partes:

- Escaleras y rampa c/ Gustavo Adolfo Bécquer.
- Escaleras y rampa campo de fútbol.
- Tablero.

De este modo, en caso de fallo de una de las líneas, el resto seguirá funcionando y la iluminación de la pasarela, aunque precaria, se mantendrá.

Cada luminaria dispondrá de un cable neutro y la fase común, de modo que las luminarias se conecten en paralelo y si alguna se funde no perjudique a las demás y se mantengan siempre el mayor número de luminarias encendidas posibles para evitar tropiezos y mejorar la visibilidad.

Además, según establece el ITC-BT-09, las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga, estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

Cuando se conozca la carga que supone cada uno de los elementos asociados a las lámparas o tubos de descarga, las corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases, que tanto éstas como aquellos puedan producir, se aplicará el coeficiente corrector calculado con estos valores.

Además, el factor de potencia de cada punto de luz, deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90. La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la instalación, será menor o igual que 3%.

Teniendo en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente, se van a realizar los cálculos permitentes eléctricos para la definición de la sección del cableado.

- Escaleras y rampa c/ Gustavo Adolfo Bécquer.

En las escaleras y rampas de la parte que colinda con la calle Gustavo Adolfo Bécquer tenemos 73 luminarias de 14,8w y 56 luminarias de 7,7w. Esto hace un total de 1511w.

Por lo tanto, y teniendo en cuenta los requisitos anteriormente mencionados, la intensidad admisible será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V_L * \cos\varphi}$$

Siendo:

P: Potencia en Watios. Se debe considerar 1,8 para lámparas, como se ha especificado anteriormente.

V<sub>L</sub>: Tensión de la línea en Voltios.



$\cos\varphi$ : Factor de potencia. Como se especifica anteriormente, se debe tomar 0,9 o mayor.

$$I = \frac{1511 * 1,8}{\sqrt{3} * 400 * 0,9} = 4,36A$$

Como la conducción consta de 3 conductores recubiertos de PVC, según la tabla 8.15 la sección mínima deberá de ser de 1,5 mm<sup>2</sup>, pero como la sección mínima que marca la norma es de 6mm<sup>2</sup>, se escogen 6mm<sup>2</sup>.

Ahora se va a calcular la caída de tensión en la línea, que debe de ser como máximo de un 3% como se ha especificado anteriormente:

$$AV = \frac{L * P * 100}{I * S * V_L^2}$$

Teniendo en cuenta que la longitud total es de 90 metros hasta estar a la altura de la pasarela, otros 6 metros para atravesar la calle y 5 metros para subir a la altura deseada.

$$AV = \frac{101m * 1511 * 1,8 * 100}{56 * 6 * 400^2} = 0,51\% < 3\%$$

Como la caída de tensión es menor al 3%, esta instalación cumple.

-Escaleras y rampa campo de futbol.

En el otro margen, el número de luminarias de 14,8w que tenemos es igual al anterior, 73 luminarias. En cuanto a las luminarias de 7,7w, su número es de 72 luminarias. Por lo que el total de Watios es de 1635w.

Con esto, la intensidad admisible es de:

$$I = \frac{1645 * 1,8}{\sqrt{3} * 400 * 0,9} = 4,72A$$

Al igual que en el caso anterior, vale con una sección de 1,5mm<sup>2</sup>, pero se cogen 6mm<sup>2</sup> por normativa.

Los metros totales son los anteriores más la longitud total del tablero, 22,6 metros.

$$AV = \frac{123,6m * 1645 * 1,8 * 100}{56 * 6 * 400^2} = 0,68\% < 3\%$$

Esta instalación también cumple con la ITC-BT-09.

-Tablero.

El tablero está compuesto por 18 luminarias de 14,8w, lo que hace una potencia total de 267w.

La intensidad admisible de esta instalación es de:

$$I = \frac{267 * 1,8}{\sqrt{3} * 400 * 0,9} = 0,77A$$

Al igual que con las otras dos instalaciones, la sección mínima que necesitamos es de  $1,5\text{mm}^2$ , pero se colocarán  $6\text{mm}^2$  para hacer cumplir la ITC.

La caída de tensión de la línea, para los mismos metros que la primera instalación calculada es de:

$$AV = \frac{101m * 267 * 1,8 * 100}{56 * 6 * 400^2} = 0,09\% < 3\%$$

Por lo tanto, esta instalación también cumple con la caída de tensión máxima.

## 6. CONCLUSIÓN.

En conclusión, tanto la instalación eléctrica como las luminarias dispuestas a lo largo de la pasarela cumplen con la normativa establecida tanto para alumbrado exterior como para instalaciones de baja tensión.

La disposición de las luminarias y la disposición de la red de alumbrado del proyecto podrán verse en el plano adjunto correspondiente.

A continuación se adjunta el informe extraído del programa DIALUX para el cálculo de luminarias.

## Iluminacion Proyecto pasarela peatonal

## Índice

Iluminacion Proyecto pasarela peatonal	
Lista de luminarias.....	3
Puesta en funcionamiento de grupos de control.....	4
Iluminacion Proyecto pasarela peatonal	
Linea Light Group - Bob18_1   LLG (1xLED).....	5
WE-EF - STO259-LD-6/6W Painted (6xLED).....	8
Terreno 1	
Lista de luminarias.....	11
Resumen de resultados de superficies.....	12

**Iluminacion Proyecto pasarela peatonal**

#	Luminaria	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
60	Linea Light Group - 64716N00 Bob18_1   LLG	1445	14.8	97.8
32	WE-EF - 615-1620 STO259-LD-6/6W Painted	190	7.7	24.7
	Suma total de luminarias	92780	1134.4	81.8

**Iluminacion Proyecto pasarela peatonal**

N°	Grupo de control	Luminaria
1	Grupo de control 133	32 x WE-EF - 615-1620 STO259-LD-6/6W Painted
2	Grupo de control 134	60 x Linea Light Group - 64716N00 Bob18_1   LLG

**Escena de luz 1**

Grupo de control	Valor de atenuación	Grupo de control	Valor de atenuación
Grupo de control 133	100%	Grupo de control 134	100%

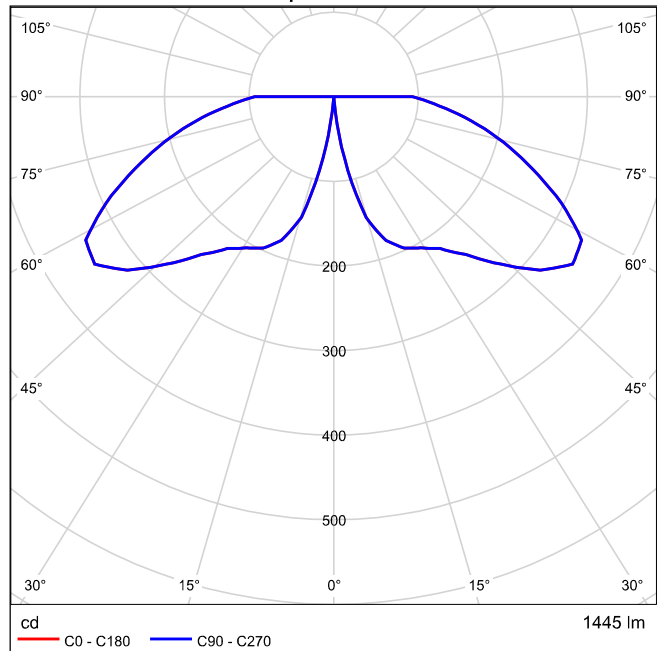
## Línea Light Group 64716N00 Bob18\_1 | LLG 1xLED

Bob18 | Bollard & Pole | topLED 13 W 500mA | CRI 80



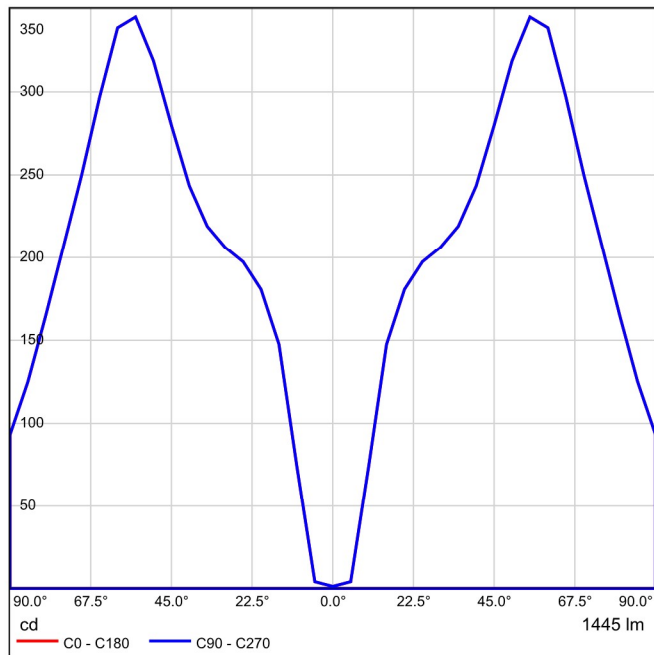
Fotometría absoluta  
Flujo luminoso de las luminarias: 1445 lm  
Potencia: 14.8 W  
Rendimiento lumínico: 97.8 lm/W

### Emisión de luz 1 / CDL polar





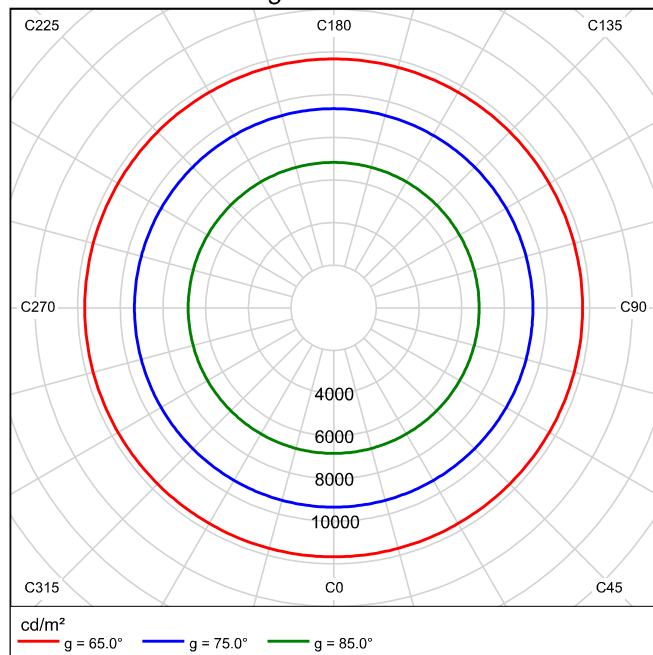
### Emisión de luz 1 / CDL lineal



### Emisión de luz 1 / Diagrama conico

0.50	5.2	E(0°)	5.0
		E(C0)	79.1° 4.7
1.0	10	E(0°)	1.3
		E(C0)	79.1° 1.2
1.5	16	E(0°)	0.56
		E(C0)	79.1° 0.52
2.0	21	E(0°)	0.31
		E(C0)	79.1° 0.29
2.5	26	E(0°)	0.20
		E(C0)	79.1° 0.19
3.0	31	E(0°)	0.14
		E(C0)	79.1° 0.13
Separación [m]      Diámetro cónico [m]		Intensidad lumínica [lx]	
— C0 - C180 (Semiángulo de dispersión: 158.2°)			

## Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad luminica



## WE-EF 615-1620 STO259-LD-6/6W Painted 6xLED

IP55. Recessed LED steplight for orientation. Suitable for installation in cavity wall construction or concrete pour construction using optional installation breakout. Painted finish.



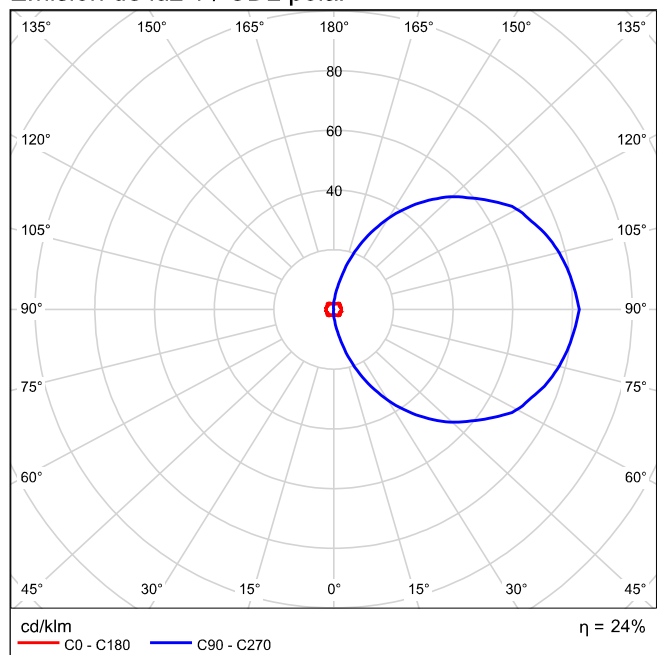
Grado de eficacia de funcionamiento: 23.59%

Flujo luminoso de las luminarias: 190 lm

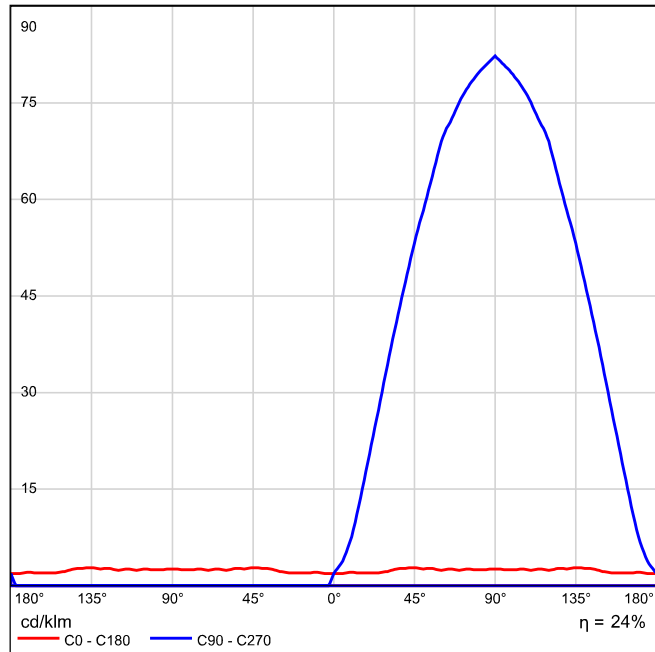
Potencia: 7.7 W

Rendimiento lumínico: 24.7 lm/W

### Emisión de luz 1 / CDL polar

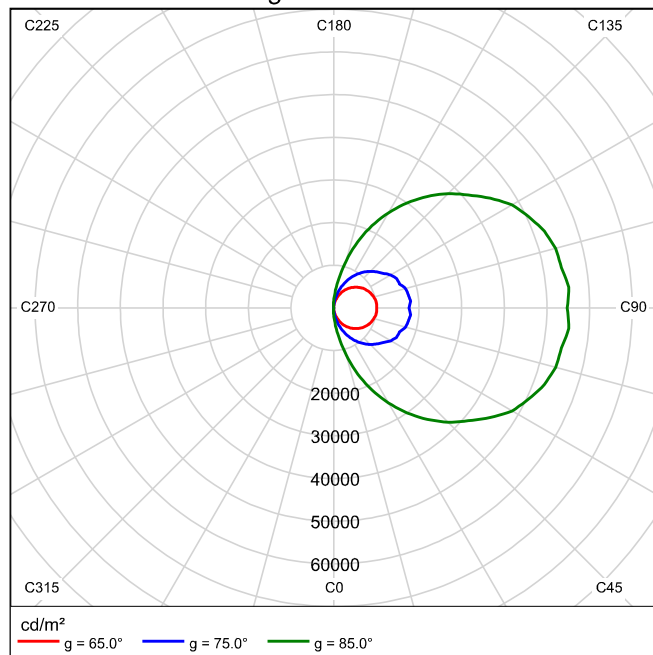


## Emisión de luz 1 / CDL lineal



No se puede crear un diagrama de cono porque la distribución luminosa es asimétrica.

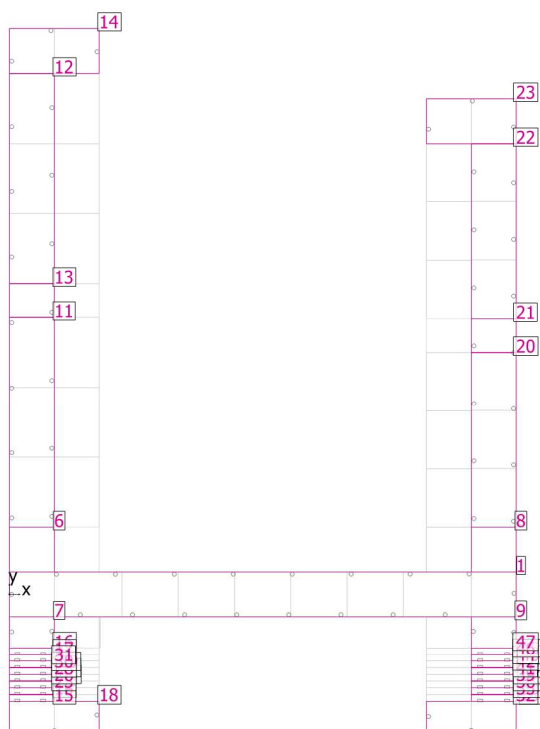
## Emisión de luz 1 / Diagrama de densidad lumínica



**Terreno 1**

#	Luminaria	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	Potencia [W]	Rendimiento lumínico [lm/W]
60	Linea Light Group - 64716N00 Bob18_1   LLG	1445	14.8	97.8
32	WE-EF - 615-1620 STO259-LD-6/6W Painted	190	7.7	24.7
	Suma total de luminarias	92780	1134.4	81.8

## Terreno 1



Factor de degradación: 0.80

## Objetos de resultado de superficies

Superficie	Resultado	Media (Nominal)	Min	Max	Mín./medio	Mín./máx.
1 Tablero	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	318	15.1	6690	0.05	0.00
	Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	20.2	0.96	426	0.05	0.00
6 Descansillo tablero rampa larga	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	44.3	8.37	3815	0.19	0.00
	Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	2.82	0.53	243	0.19	0.00
7 Descansillo tablero escalera alta	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	559	23.9	6861	0.04	0.00
	Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	35.6	1.52	437	0.04	0.00
8 Descansillo tablero rampa corta	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	59.9	9.51	4070	0.16	0.00
	Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	3.81	0.61	259	0.16	0.00
9 Descansillo tablero escaleras bajas	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	553	24.1	6859	0.04	0.00
	Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	35.2	1.54	437	0.04	0.00
11 Rampa larga 1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	300	9.73	6760	0.03	0.00

		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	19.1	0.62	430	0.03	0.00
12	Rampa larga 2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	261	9.85	6765	0.04	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	16.6	0.63	431	0.04	0.00
13	Descansillo corto rampa larga	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	273	12.0	6855	0.04	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	17.4	0.76	436	0.04	0.00
14	Descansillo largo Rampa larga	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	296	9.00	6830	0.03	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	18.9	0.57	435	0.03	0.00
18	Descansillo largo escaleras altas	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	313	6.98	6889	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	19.9	0.44	439	0.02	0.00
19	Descansillo largo escaleras bajas	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	317	6.46	6854	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	20.2	0.41	436	0.02	0.00
20	Rampa corta 1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	345	15.6	6887	0.05	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	21.9	0.99	438	0.05	0.00
21	Descansillo corto rampa corta	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	396	16.6	6855	0.04	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	25.2	1.05	436	0.04	0.00
22	Rampa corta 2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	322	13.9	6806	0.04	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	20.5	0.89	433	0.04	0.00
23	Descansillo largo rampa corta	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	299	9.06	6801	0.03	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	19.0	0.58	433	0.03	0.00
17	Alta 1.2.	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.39	3.30	11.4	0.45	0.29
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.47	0.21	0.72	0.45	0.29
16	Alta 1.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	21.3	13.0	38.2	0.61	0.34
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	1.36	0.83	2.43	0.61	0.34
4	Alta 2.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	171	2.91	1260	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	10.9	0.19	80.2	0.02	0.00
5	Alta 3.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	171	2.75	1258	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	10.9	0.18	80.1	0.02	0.00
10	Alta 8.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	171	3.21	1258	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	10.9	0.20	80.1	0.02	0.00



15	Alta 8.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	29.3	13.6	68.5	0.46	0.20
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	1.86	0.87	4.36	0.47	0.20
3	Alta 7.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	172	2.91	1279	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	10.9	0.19	81.4	0.02	0.00
2	7.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	9.04	4.19	12.1	0.46	0.35
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.58	0.27	0.77	0.47	0.35
24	Alta 6.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	173	3.05	1299	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	11.0	0.19	82.7	0.02	0.00
25	Alta 6.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.56	4.18	12.5	0.55	0.33
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.48	0.27	0.79	0.56	0.34
26	Alta 5.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.41	4.05	12.2	0.48	0.33
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.54	0.26	0.78	0.48	0.33
27	Alta 5.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	173	3.03	1299	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	11.0	0.19	82.7	0.02	0.00
28	Alta 4.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.74	4.25	10.5	0.55	0.40
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.49	0.27	0.67	0.55	0.40
29	Alta 4.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	175	2.93	1363	0.02	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	11.2	0.19	86.8	0.02	0.00
30	Alta 3.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.13	3.64	12.1	0.45	0.30
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.52	0.23	0.77	0.44	0.30
31	Alta 2.2.	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.58	3.08	11.9	0.36	0.26
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.55	0.20	0.76	0.36	0.26
32	Baja8.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	34.5	13.5	72.1	0.39	0.19
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	2.20	0.86	4.59	0.39	0.19
33	Baja8.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	184	2.54	1588	0.01	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	11.7	0.16	101	0.01	0.00
34	Objeto de resultado de superficies 35	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	188	2.50	1913	0.01	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	12.0	0.16	122	0.01	0.00
35	Baja7.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.13	3.49	11.5	0.43	0.30

		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.52	0.22	0.73	0.42	0.30
36	Baja6.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	8.07	2.45	11.3	0.30	0.22
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.51	0.16	0.72	0.31	0.22
37	Baja6.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	188	2.49	1727	0.01	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	12.0	0.16	110	0.01	0.00
38	Baja5.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	184	2.63	1588	0.01	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	11.7	0.17	101	0.01	0.00
39	Baja5.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	6.76	2.72	8.27	0.40	0.33
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.43	0.17	0.53	0.40	0.32
40	Baja 4.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	179	2.49	1473	0.01	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	11.4	0.16	93.8	0.01	0.00
41	Objeto de resultado de superficies 42	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	6.44	2.15	9.26	0.33	0.23
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.41	0.14	0.59	0.34	0.24
42	Baja 3.2.	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	7.20	2.25	10.2	0.31	0.22
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.46	0.14	0.65	0.30	0.22
43	Baja 3.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	188	2.55	1727	0.01	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	12.0	0.16	110	0.01	0.00
44	Baja 2.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	6.89	2.07	10.0	0.30	0.21
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.44	0.13	0.64	0.30	0.20
45	Objeto de resultado de superficies 46	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	188	2.37	1727	0.01	0.00
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	12.0	0.15	110	0.01	0.00
46	Baja 1.2	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	5.94	2.02	7.42	0.34	0.27
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	0.38	0.13	0.47	0.34	0.28
47	Baja 1.1	Intensidad lumínica perpendicular (Adaptativamente) [lx]	22.3	13.2	42.3	0.59	0.31
		Densidad lumínica [cd/m <sup>2</sup> ]	1.42	0.84	2.69	0.59	0.31

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO N° 10 –GESTIÓN DE RESIDUOS.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN .....	661
2. OBJETO.....	662
3. ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	663
4. OBLIGACIONES DEL PRODUCTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. ....	664
5. OBLIGACIONES DEL POSEEDOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. ....	665
6. RÉGIMEN DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN, POSESIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	666
7. OBLIGACIONES GENERALES DEL GESTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. ....	667
8. ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA OBRA EN LA QUE SE HAN PRODUCIDO. ....	668
9. ACTIVIDADES DE RECOGIDA, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.....	669
10. PLANIFICACIÓN SOBRE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN. ....	670
10.1. Estimación de residuos generados.....	671
10.2. Medidas de prevención de residuos. ....	672
10.3. Clasificación y selección de los residuos. ....	673
10.4. Estimación económica.....	673

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo de gestión de residuos se ha redactado de acuerdo al Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

Este real decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

Esta regulación proviene del problema ambiental que plantean los residuos generados en construcción y demolición. Además, el problema ambiental que plantean estos residuos se deriva no solo del creciente volumen de su generación, sino de su tratamiento, que todavía hoy es insatisfactorio en la mayor parte de los casos. En efecto, a la insuficiente prevención de la producción de residuos en origen se une el escaso reciclado de los que se generan. Entre los impactos ambientales que ello provoca, cabe destacar la contaminación de suelos y acuíferos en vertederos incontrolados, el deterioro paisajístico y la eliminación de estos residuos sin aprovechamiento de sus recursos valorizables. Esta grave situación debe corregirse, con el fin de conseguir un desarrollo más sostenible de la actividad constructiva.

Entre las obligaciones que se imponen al productor, destaca la inclusión en el proyecto de obra de un estudio de gestión de los residuos de construcción y demolición que se producirán en ésta, que deberá incluir, entre otros aspectos, una estimación de su cantidad, las medidas genéricas de prevención que se adoptarán, el destino previsto para los residuos, así como una valoración de los costes derivados de su gestión que deberán formar parte del presupuesto del proyecto. También, como medida especial de prevención, se establece la obligación, en el caso de obras de demolición, reparación o reforma, de hacer un inventario de los residuos peligrosos que se generen, proceder a su retirada selectiva y entrega a gestores autorizados de residuos peligrosos.

El poseedor, por su parte, estará obligado a la presentación a la propiedad de la obra de un plan de gestión de los residuos de construcción y demolición en el que se concrete cómo se aplicará el estudio de gestión del proyecto, así como a sufragar su coste y a facilitar al productor la documentación acreditativa de la correcta gestión de tales residuos. A partir de determinados umbrales, se exige la separación de los residuos de construcción y demolición en obra para facilitar su valorización posterior, si bien esta obligación queda diferida desde la entrada en vigor del real decreto en función de la cantidad de residuos prevista en cada fracción.

Con el fin de cumplir esta normativa, en el presente anejo se van a describir todos los residuos generados por la obra, con una estimación de su cantidad y que se hará con ellos. Todo esto con una valoración aproximada de los costos que todo esto acarrea.

## 2. OBJETO.

Este real decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación reciban un tratamiento adecuado, y contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

### 3. ÁMBITO DE APLICACIÓN.

A los residuos que se generen en obras de construcción o demolición y estén regulados por legislación específica sobre residuos, cuando estén mezclados con otros residuos de construcción y demolición, les será de aplicación este real decreto en aquellos aspectos no contemplados en aquella legislación. A excepción de:

- a) Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.
- b) Los residuos de industrias extractivas regulados por la Directiva 2006/21/CE, de 15 de marzo.
- c) Los lodos de dragado no peligrosos reubicados en el interior de las aguas superficiales derivados de las actividades de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones o las sequías, reguladas por el Texto Refundido de la Ley de Aguas, por la Ley 48/2003, de 26 de noviembre, de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general, y por los tratados internacionales de los que España sea parte.

## 4. OBLIGACIONES DEL PRODUCTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

El productor de residuos de construcción y demolición deberá cumplir con las siguientes obligaciones:

a) Incluir en el proyecto de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición, que contendrá como mínimo:

1. ° Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos de construcción y demolición que se generarán en la obra.
2. ° Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
3. ° Las operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
4. ° Las medidas para la separación de los residuos en obra, en particular, para el cumplimiento por parte del poseedor de los residuos, de la obligación establecida en el apartado 3 del siguiente punto.
5. ° Los planos de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Posteriormente, dichos planos podrán ser objeto de adaptación a las características particulares de la obra y sus sistemas de ejecución, previo acuerdo de la dirección facultativa de la obra.
6. ° Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
7. ° Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.

b) Disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición realmente producidos en sus obras han sido gestionados, en su caso, en obra o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos recogidos en este real decreto y, en particular, en el estudio de gestión de residuos de la obra o en sus modificaciones. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.



## 5. OBLIGACIONES DEL POSEEDOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

1. Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra, en particular las recogidas en el apartado 4.a.1. y en este artículo. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

2. El poseedor de los residuos estará obligado, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación.

3. Los residuos de construcción y demolición deberán separarse en las siguientes fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades:

Hormigón: 80 t.  
Ladrillos, tejas, cerámicos: 40 t.  
Metal: 2 t.  
Madera: 1 t.  
Vidrio: 1 t.  
Plástico: 0,5 t.  
Papel y cartón: 0,5 t.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por el poseedor de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico en la obra no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, el poseedor podrá encomendar la separación de fracciones a un gestor de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, el poseedor deberá obtener del gestor de la instalación documentación acreditativa de que éste ha cumplido, en su nombre, la obligación recogida en el presente apartado.

## 6. RÉGIMEN DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN, POSESIÓN Y GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

1. La legislación de las comunidades autónomas podrá exigir la constitución de una fianza u otra garantía financiera equivalente, vinculada al otorgamiento de la licencia municipal de obras al productor de residuos de construcción y demolición, en cuantía suficiente para garantizar el cumplimiento de las obligaciones que le impone este real decreto. El cálculo de la cuantía de la fianza o garantía financiera equivalente establecida se basará en el presupuesto de dicho estudio. No obstante, si se considera que el presupuesto ha sido elaborado de modo infundado a la baja, se podrá elevar motivadamente dicha fianza.

## 7. OBLIGACIONES GENERALES DEL GESTOR DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

En el supuesto de actividades de gestión sometidas a autorización por la legislación de residuos, llevar un registro en el que, como mínimo, figure la cantidad de residuos gestionados, expresada en toneladas y en metros cúbicos, el tipo de residuos, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, la identificación del productor, del poseedor y de la obra de donde proceden, o del gestor, cuando procedan de otra operación anterior de gestión, el método de gestión aplicado, así como las cantidades, en toneladas y en metros cúbicos, y destinos de los productos y residuos resultantes de la actividad.

## 8. ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA OBRA EN LA QUE SE HAN PRODUCIDO.

1. Las actividades de valorización de residuos reguladas en este artículo se ajustarán a lo establecido en el proyecto de obra. En particular, la dirección facultativa de la obra deberá aprobar los medios previstos para dicha valorización in situ.

2. En todo caso, estas actividades se llevarán a cabo sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar procedimientos ni métodos que perjudiquen al medio ambiente y, en particular, al agua, al aire, al suelo, a la fauna o a la flora, sin provocar molestias por ruido ni olores y sin dañar el paisaje y los espacios naturales que gocen de algún tipo de protección de acuerdo con la legislación aplicable.

La actividad de tratamiento de residuos de construcción y demolición mediante una planta móvil, cuando aquélla se lleve a cabo en un centro fijo de valorización o de eliminación de residuos, deberá preverse en la autorización otorgada a dicho centro fijo, y cumplir con los requisitos establecidos en la misma.

En caso de eliminación de los residuos mediante depósito en vertedero:

Se prohíbe el depósito en vertedero de residuos de construcción y demolición que no hayan sido sometidos a alguna operación de tratamiento previo.

Esta disposición no se aplicará a los residuos inertes cuyo tratamiento sea técnicamente inviable ni a los residuos de construcción y demolición cuyo tratamiento no contribuya a los objetivos establecidos en el artículo 1 ni a reducir los peligros para la salud humana o el medio ambiente.

## 9. ACTIVIDADES DE RECOGIDA, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

Los titulares de actividades en las que se desarrollen operaciones de recogida, transporte y almacenamiento de residuos no peligrosos de construcción y demolición deberán notificarlo al órgano competente en materia medioambiental de la comunidad autónoma correspondiente, quedando debidamente registradas estas actividades en la forma que establezca la legislación de las comunidades autónomas. La legislación de las comunidades autónomas podrá someter a autorización el ejercicio de estas actividades.

## 10. PLANIFICACIÓN SOBRE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

Los planes sobre residuos de construcción y demolición contendrán como mínimo:

- a) La previsión de la cantidad de residuos de construcción y demolición que se producirán durante el período de vigencia del plan, desglosando las cantidades de residuos peligrosos y de residuos no peligrosos, y codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya.
- b) Las medidas de prevención de residuos.
- c) Las medidas de separación de residuos, descripción de lugares de almacenaje, manejo, separación y otras operaciones necesarias para la gestión de residuos de obra.
- d) Inventario de residuos peligrosos generados.
- e) La estimación de los costes de las operaciones de prevención, valorización y eliminación.

## 10.1. Estimación de residuos generados.

La cantidad de residuos que se estiman a continuación se corresponde con aquellos residuos derivados del proceso específico de ejecución de la obra prevista. Para su realización, se ha usado el decreto 112/2012, en el que se incluyen diferentes ratios para la cuantificación de los RCD. A pesar de que este decreto tiene su aplicación en el territorio del País Vasco, se ha decidido usar estos ratios debido a que ni la normativa española ni la normativa de La Rioja contemplan estos ratios. La estimación de los residuos se ha codificado según lo establecido en la Orden MAM/304/2002 (Lista Europea de Residuos).

El ratio global de generación se establece en  $0,01875\text{t/m}^2$ .

Código LEER	Descripción	%	Volumen (m <sup>3</sup> )	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	Peso (t)
170201	Madera	5	0,8	0,5	0,4
170101	Hormigón	16,7	0,6	2,2	1,32
170203	Plásticos	0,5	0,07	0,6	0,042
170407	Metales mezclados	1,5	0,016	7,85	0,13
170504	Tierra y rocas no contaminadas	34,6	1,8	1,6	2,9
170904	Otros restos	4	0,6	0,6	0,36
030308	Papel y cartón	1	0,1133	0,75	0,085
200301	Basura generada por los operarios	0,5	0,028	1,5	0,0425

Tabla 10.1: Ratio de generación de residuos.

## 10.2. Medidas de prevención de residuos.

A continuación se establecen una serie de pautas para minimizar la generación de residuos:

- Se almacenarán los productos sobrantes reutilizables, para lo que se prevé la disposición de contenedores en obra a tal efecto y proceder así a su aprovechamiento posterior.
- Se separarán en origen los residuos peligrosos, para lo que se prevé también la disposición de contenedores en obra.
- Se reducirán los envases y embalajes de materiales de construcción.
- Se preverá el acopio de materiales fuera de zonas de tránsito de la obra, de forma que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su utilización, con el fin de evitar residuos procedentes de la rotura de piezas.
- Aligeramiento de piezas.
- Empleo de envases plegables: cajas de cartón, botellas plegables, etc.
- Suministro a granel de productos.
- Concentración de productos.
- Empleo de materiales con mayor vida útil.
- El personal de la obra que participa en la gestión de los residuos debe tener una formación suficiente sobre los aspectos administrativos necesarios.
- Los contenedores, sacos, depósitos y demás recipientes de almacenaje y transporte de los diversos residuos deben estar etiquetados debidamente.



### 10.3. Clasificación y selección de los residuos.

Tal y como se ha mencionado anteriormente, los residuos generados que superen un peso total determinado por el tipo de residuo generado deben ser separados.

La segregación de estos residuos se deberá realizar tomando las medidas adecuadas de protección y seguridad, de modo que ninguno de los trabajadores encargados del proceso corra ningún riesgo en la manipulación de los mismos.

El almacenamiento temporal de estos residuos se hará en contenedores destinados a tal fin. Para ello, estos contenedores deben cumplir la ordenanza municipal y la legislación específica de residuos. De este modo se evitan vertidos o contaminaciones derivadas de un almacenamiento incorrecto.

Estos recipientes de almacenamiento de residuos estarán señalizados de modo que el depósito de residuos no genere dudas y no exista un vertido equivocado. Además, deberán estar pintados de colores visibles y marcados con los datos referentes al gestor del servicio.

Todos estos contenedores se ubicarán en una zona habilitada para ello. Esta ubicación se especifica en el apartado seguridad y salud.

Además, para el almacenamiento de residuos peligrosos, tales como aceites y baterías de maquinaria, envases de residuos peligrosos, etc.... Se dispone de un contenedor cubierto en una zona específica acondicionada a posibles fugas y debidamente etiquetado según la normativa.

### 10.4. Estimación económica.

Finalmente, gracias a todo lo anteriormente mencionado se pretende colocar tres contenedores de 4m<sup>3</sup> para la recogida total de los residuos generados. Uno de ellos será exclusivamente para los residuos peligrosos. Se adjunta a continuación la parte correspondiente del presupuesto a la gestión de residuos de construcción y demolición.

Concepto	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
<b>Bidón para residuos peligrosos</b>	4	61,63	246,52
<b>Transporte y entrega de bidón de residuos peligrosos</b>	4	188,82	755,28
<b>Contenedor para residuos no peligrosos 4m3.</b>	2	53,93	107,86
<b>Transporte y entrega contenedor para residuos no peligrosos</b>	2	70,78	141,56

Tabla 10.2: Presupuesto estimado de gestión de residuos.

El presupuesto parcial destinado a la gestión de residuos asciende a la mencionada cantidad de MIL DOSCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS con VEINTIDOS CENTIMOS.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 11 –SERVICIOS AFECTADOS.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	676
2. METODOLOGÍA.....	676
3. RESULTADOS Y POSIBLES MODIFICACIONES A REALIZAR.....	677
3.1. Saneamiento.....	677
3.2. Abastecimiento.....	677
3.3. Servicios eléctricos.....	677
3.4. Iluminación urbana.....	677
3.5. Telefonía.....	677
3.6. Internet.....	677
3.7. Gas.....	677
3.8. Sistemas de riego de la zona ajardinada.....	678

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo tiene como objetivo determinar los servicios de carácter público que pueden verse afectados durante la realización del proyecto y qué medidas se pueden tomar para que el impacto que generen las obras sobre estos servicios públicos sea el mínimo posible e indispensable.

Para su realización, se ha utilizado distintos planos en los que aparecen las conducciones actuales y las futuras siguiendo el Plan General de Ordenación Urbana proporcionados por el Excelentísimo Ayuntamiento de Villamediana de Iregua. Además, se ha realizado una inspección visual del lugar en busca de evidencias de estos servicios.

Los servicios que pueden verse afectados por la elaboración del proyecto son:

- Saneamiento.
- Abastecimiento.
- Servicios eléctricos.
- Iluminación urbana.
- Telefonía e internet.
- Gas.
- Sistemas de riego de las diferentes zonas ajardinadas.

## 2. METODOLOGÍA.

Para la determinación de los distintos servicios afectados anteriormente mencionados, se ha tratado de establecer contacto con las distintas entidades, tanto públicas como privadas que puedan tener una relación con las distintas conducciones y redes existentes, con el fin de situarlas.

El Ayuntamiento de Villamediana de Iregua ha facilitado varios planos en formato DWG de la zona en la que situará el proyecto. Estos planos corresponden a la red de abastecimiento y saneamiento de agua, alumbrado público y sus canalizaciones, las diferentes canalizaciones del servicio de internet y telefonía y los distintos sistemas de riego que afectan a la zona del proyecto.

No ha sido posible la entrega de los planos en formato DWG de la red eléctrica. Aun así, se pueden encontrar en formato PDF en la página web del mencionado Ayuntamiento de Villamediana de Iregua los planos de la red eléctrica existente en todo el pueblo.

Finalmente, los planos de las canalizaciones de gas natural han sido imposibles de encontrar, por lo que se va a suponer la ubicación de las mismas mediante la observación de los diferentes elementos referidos a la red de gas natural que se encuentran en la zona actual.

### 3. RESULTADOS Y POSIBLES MODIFICACIONES A REALIZAR.

A continuación se exponen los diferentes servicios afectados anteriormente y las actuaciones correspondientes a realizar. Los distintos planos de los servicios y su interacción con el proyecto se adjuntan al proyecto en el apartado “Planos”.

#### 3.1. Saneamiento.

Como se puede observar en los planos que se adjuntan de la red de saneamiento existente, la localización de la red de saneamiento más cercana discurre por debajo de la carretera existente en la calle Gustavo Adolfo Bécquer, por lo que no se ve afectada por el proyecto.

#### 3.2. Abastecimiento.

La red de saneamiento principal discurre por debajo de la acera de la calle Gustavo Adolfo Bécquer, por lo que tampoco se necesitará ninguna modificación.

#### 3.3. Servicios eléctricos.

Existe una red de baja tensión subterránea en las inmediaciones pero transcurre por la acera contraria, por lo que no será necesaria su modificación.

#### 3.4. Iluminación urbana.

La canalización para el alumbrado público no se ve interferida por las obras de la pasarela ya que, como se observa en los planos, quedaría justo por debajo del tablero.

Finalmente, hay que añadir que se deberá eliminar una de las farolas situadas al otro margen de la carretera, por lo que será desmontada y su hueco rellenado.

#### 3.5. Telefonía

Según el plano de la red de telefonía, existe una conducción doble dejado de la acera colindante al proyecto, por lo que tanto la obra como la red no se verán afectadas.

#### 3.6. Internet.

Al igual que la red de telefonía, la red de internet discurre por debajo de la acera.

#### 3.7. Gas.

Al no poder disponer de los planos de la red de gas existente, se realizó una inspección visual de la zona.

Esta inspección ha tenido como resultado que las tuberías de gas existentes en la zona se encuentran al otro lado de la vía en la calle Gustavo Adolfo Bécquer, por lo que no será necesario tenerlas en cuenta a la hora de elaborar el proyecto.

### 3.8. Sistemas de riego de la zona ajardinada.

Existe una red de riego cuyo objetivo es suministrar agua a la zona ajardinada sobre la cual se pretende realizar el proyecto, por lo que se deberán tomar medidas pertinentes.

Para ello, se pretende reubicar varios difusores de riego de 5 metros de alcance y modificar las conducciones existentes para que queden en un lugar más alejado y no interfieran con la elaboración de la pasarela, tal y como se indica en el plano de riego.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO N° 12 –CONTROL DE CALIDAD.*

**Alumno/Alumna:** MATEO OLIVÁN, IÑAKI

**Director/Directora:** LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

**Curso:** 2017/2018

**Fecha:** 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. ....	681
2. CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA DE PRODUCTOS, EQUIPOS Y SISTEMAS. .	682
2.1. Control de la documentación de los suministros. ....	682
2.2. Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica. ....	682
2.3. Control de recepción mediante ensayos. ....	683
2.4. Criterios para la no aceptación de un producto. ....	683
2.4.1. Cementos. ....	683
2.4.2. Hormigón armado y pretensado. ....	683
2.4.3. Forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado. ....	684
2.4.4. ESTRUCTURAS METÁLICAS. ....	684
2.4.5. Cimentaciones y estructuras. ....	684
2.4.6. Instalaciones eléctricas. ....	685
3. CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA. ....	686
3.1. Control en la fase de ejecución de elementos constructivos. ....	686
3.1.1. Hormigón armado y pretensado. ....	686
3.1.2. Forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado. ....	686
3.1.3. Estructuras metálicas. ....	687
4. CONTROL DE LA OBRA TERMINADA. ....	688
4.1. Hormigón armado y pretensado. ....	688
4.1.1. Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08). ....	688
4.1.2. Forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado. ....	688
4.1.3. Instalaciones de electricidad. ....	688
5. CERTIFICADO DE CALIDAD. ....	689



## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo tiene por intención listar las acciones necesarias para evitar la insatisfacción del usuario, los riesgos y las pérdidas debidas al descontrol de calidad en las obras de construcción. Estas acciones no son definitivas, sino que son solo una sugerencia de un plan de control de calidad dentro de la propia obra.

El control de calidad dentro de una obra se debe contemplar desde tres puntos diferentes:

- Control de calidad de los materiales y equipos.
- Control de calidad de la ejecución.
- Control de calidad en la finalización del proyecto.

Con el fin de realizar con correcto planteamiento del control de calidad en una obra de construcción, el promotor cuenta con la valiosa ayuda de la Dirección Facultativa, Arquitecto, ingenieros y aparejadores o técnicos involucrado en alguna fase, a los cuales se les debe exigir que como profesionales en la materia propongan un programa de seguimiento de calidad, adecuado a cada tipología de obra; en gran parte de las obras de Construcción y dependiendo de su grado de complejidad, no basta con su sola labor de inspección y vigilancia, sino que hay que acudir a contratar a terceras personas, como son laboratorios de control de calidad que permitan realizar las comprobaciones técnicas necesarias.

Para ello:

- El director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones.
- El constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al director de obra y al director de la ejecución de la obra la documentación de los productos anteriormente señalada, así como sus instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda.
- La documentación de calidad preparada por el constructor sobre cada una de las unidades de obra podrá servir, si así lo autorizara el director de la ejecución de la obra, como parte del control de calidad de la obra.

## 2. CONTROL DE RECEPCIÓN EN OBRA DE PRODUCTOS, EQUIPOS Y SISTEMAS.

El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los productos, equipos y sistemas suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros, realizado de acuerdo con el artículo 2.1: Control en la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad, según el artículo 2.2: Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica.
- El control mediante ensayos, conforme al artículo 2.3: Control de recepción mediante ensayos.

### 2.1. Control de la documentación de los suministros.

Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física.
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

### 2.2. Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica.

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- Los distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.3 del capítulo 2 del CTE.
- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5 del capítulo 2 del CTE, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

### 2.3. Control de recepción mediante ensayos.

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

### 2.4. Criterios para la no aceptación de un producto.

La no aceptación de un producto, puede ser debida al incumplimiento de alguna de sus especificaciones, a no ser que se demuestre que no suponga un riesgo apreciable, tanto en resistencia como en durabilidad. Para ello, los materiales deben cumplir con la instrucción que viene dada por:

#### 2.4.1. Cementos.

##### **Instrucción para la recepción de cementos (RC-16)**

Aprobada por el Real Decreto 256/2016, de 10 de junio (BOE 25/06/2016).

- Artículos 8, 9 y 10. Suministro y almacenamiento
- Artículo 11. Control de recepción

##### **Cementos comunes**

Obligatoriedad del marcado CE para este material (UNE-EN 197-1 2011), aprobada por Resolución de 4 de Marzo de 2011 (BOE 29/03/2012).

##### **Cementos especiales**

Obligatoriedad del marcado CE para los cementos especiales con muy bajo calor de hidratación (UNE-EN 14216 2015) y cementos de alto horno de baja resistencia inicial (UNE- EN 197- 4), aprobadas por Resolución de 23 de Noviembre de 2015 (BOE 7/12/2015) y 1 de Febrero de 2005 (BOE 19/02/2005) respectivamente.

#### 2.4.2. Hormigón armado y pretensado.

##### **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Aprobada por Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio. (BOE 22/07/2008)

- Artículo 1.1. Certificación y distintivos.
- Artículo 81. Control de los componentes del hormigón.
- Artículo 82. Control de la calidad del hormigón.
- Artículo 83. Control de la consistencia del hormigón.
- Artículo 84. Control de la resistencia del hormigón.
- Artículo 85. Control de las especificaciones relativas a la durabilidad del hormigón.
- Artículo 86. Ensayos previos del hormigón.

- Artículo 87. Ensayos característicos del hormigón.
- Artículo 88. Ensayos de control del hormigón.
- Artículo 90. Control de la calidad del acero.
- Artículo 91. Control de dispositivos de anclaje y empalme de las armaduras postesas.
- Artículo 92. Control de las vainas y accesorios para armaduras de pretensado.
- Artículo 93. Control de los equipos de tesado.
- Artículo 94. Control de los productos de inyección.

#### 2.4.3. Forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado.

#### **Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados. (EFHE-02)**

Aprobada por Real Decreto 642/2002, de 5 de julio. (BOE 06/08/2002)

- Artículo 4. Exigencias administrativas (Autorización de uso).
- Artículo 34. Control de recepción de los elementos resistentes y piezas de entrevigado.
- Artículo 35. Control del hormigón y armaduras colocados en obra.

#### 2.4.4. ESTRUCTURAS METÁLICAS.

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB SE-A-Seguridad Estructural-Acero 2011.**

Aprobado por Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo. (BOE 23/06/2011). Epígrafe 12. Control de calidad

- Epígrafe 12.3 Control de calidad de los materiales.
- Epígrafe 12.4 Control de calidad de la fabricación.

#### 2.4.5. Cimentaciones y estructuras.

#### **Aditivos para hormigones y pastas**

Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 6 de abril de 2017 (BOE 28/04/2017).

- Aditivos para hormigones y pastas. UNE-EN 934-2
- Aditivos para hormigones y pastas. Aditivos para pastas para cables de pretensado. UNE-EN 934-4.

#### **Ligantes de soleras continuas de magnesita. Magnesita cáustica y de cloruro de magnesio.**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 14016-1 2006), aprobada por Resolución de 7 de julio de 2006 (BOE 23/08/2006).

## **Áridos para hormigones, morteros y lechadas**

Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 6 de abril de 2017 (BOE 28/04/2017).

- Áridos para hormigón. UNE-EN 12620.
- Áridos ligeros para hormigones, morteros y lechadas. UNE-EN 13055-1.
- Áridos para morteros. UNE-EN 13139.

### 2.4.6. Instalaciones eléctricas.

#### **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT)**

Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (BOE 18/09/2002).

- Artículo 6. Equipos y materiales.
- ITC-BT-06. Materiales. Redes aéreas para distribución en baja tensión.
- ITC-BT-07. Cables. Redes subterráneas para distribución en baja tensión.

### 3. CONTROL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa. En la recepción de la obra ejecutada pueden tenerse en cuenta las certificaciones de gestión de calidad que ostenten los agentes que intervienen, así como las verificaciones que, en su caso, realicen las entidades de control de calidad de la edificación.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

En el control de ejecución de la obra se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores.

#### 3.1. Control en la fase de ejecución de elementos constructivos.

##### 3.1.1. Hormigón armado y pretensado.

###### **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).**

Aprobada por Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio. (BOE 18/07/2008).

###### **Fase de ejecución de elementos constructivos**

- Artículo 95. Control de la ejecución.
- Artículo 97. Control del tesado de las armaduras activas.
- Artículo 98. Control de ejecución de la inyección.
- Artículo 99. Ensayos de información complementaria de la estructura.

##### 3.1.2. Forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado.

###### **Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados. (EFHE-02)**

Aprobada por Real Decreto 642/2002, de 5 de julio. (BOE 06/08/2002)

###### **Fase de ejecución de elementos constructivos**

- CAPÍTULO V. Condiciones generales y disposiciones constructivas de los forjados.
- CAPÍTULO VI. Ejecución.
- Artículo 36. Control de la ejecución.

### 3.1.3. Estructuras metálicas.

#### **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB SE-A-Seguridad Estructural-Acero 2011.**

Aprobado por Real Decreto 7511/201, de 27 de mayo. (BOE 23/06/2011). Epígrafe 12.  
Control de calidad

#### **Fase de ejecución de elementos constructivos**

- Epígrafe 12.5 Control de calidad del montaje.

## 4. CONTROL DE LA OBRA TERMINADA.

En la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, parcial o totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable.

### 4.1. Hormigón armado y pretensado.

#### 4.1.1. Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Aprobada por Real Decreto 1247/2008 de 18 de Julio. (BOE 22/08/2008).

- Artículo 4.9. Documentación final de la obra.

#### 4.1.2. Forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado.

**Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados. (EFHE-02).**

Aprobada por Real Decreto 642/2002, de 5 de julio. (BOE 06/08/2002).

- Artículo 3.2. Documentación final de la obra.

#### 4.1.3. Instalaciones de electricidad.

**Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT-02).**

Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (BOE 18/09/2002).

**Fase de recepción de las instalaciones.**

- Artículo 18. Ejecución y puesta en servicio de las instalaciones.
- ITC-BT-04. Documentación y puesta en servicio de las instalaciones
- ITC-BT-05. Verificaciones e inspecciones.
- Procedimiento para la tramitación, puesta en servicio e inspección de las instalaciones eléctricas no industriales conectadas a una alimentación en baja tensión en la Comunidad de Madrid, aprobado por (Orden 9344/2003, de 1 de octubre. (BOCM 18/10/2003)



## 5. CERTIFICADO DE CALIDAD.

Una vez terminada la obra, la dirección de obra deberá emitir un certificado de calidad en el cual se verifique que la obra ha sido realizada de acuerdo a los controles de calidad establecidos en el proyecto final aprobado, la documentación técnica que desarrolla dichos controles de calidad y los ensayos efectuados en un laboratorio adjuntando la información que acredita dichos ensayos.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO N° 13 –ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. ....	692
2. ANTECEDENTES.....	693
2.1. Descripción del entorno. ....	693
2.1.1. Fauna. ....	693
2.1.2. Flora. ....	693
2.1.3. Hidrología.....	693
2.1.4. Patrimonio histórico o cultural. ....	693
3. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	694
3.1. Objeto.....	694
3.2. Ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental. ....	694
3.3. Red Natura 2000. ....	696
4. CONCLUSIÓN. ....	697

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental que puede suponer la elaboración del proyecto al ecosistema existente en la zona de construcción.

Para la prevención y control ambiental, el gobierno de España ha elaborado una serie de normas y documentos que se debe cumplir en determinadas situaciones. Estos documentos con sus respectivas situaciones son:

- Autorización ambiental integrada (AAI): trámite que trata de evitar y reducir las repercusiones ambientales de determinadas las actividades industriales.
- Evaluación ambiental estratégica (EAE): procedimiento que integra el medio ambiente en las fases de diseño, elaboración y revisión de un plan o programa.
- Evaluación de impacto ambiental (EIA): procedimiento que incluye el conjunto de estudios, informes técnicos y consultas que estiman las consecuencias que un proyecto causa sobre el medio ambiente.
- Directrices de ordenación territorial para la implantación de minicentrales hidroeléctricas: instrumento de planificación para el ordenamiento de la instalación de minicentrales eléctricas en los cursos fluviales riojanos.
- Inspección ambiental: trámite que comprueba el grado de cumplimiento de la normativa ambiental, con el fin de conseguir un nivel elevado de protección del medio ambiente, especialmente en el caso de IPPC.
- Entidades auditoras y de inspección: determinan si las actividades satisfacen los requisitos previamente establecidos y si éstos son aptos para alcanzar los objetivos fijados.
- Sistema comunitario de gestión y auditorías ambientales EMAS: (Eco-Management and Audit Scheme [EMAS]) es un mecanismo voluntario destinado a empresas y organizaciones que quieren mejorar su comportamiento en materia medioambiental.
- Etiqueta Ecológica Europea (EEE): Promueve el diseño, la producción, la comercialización y utilización de productos con un impacto medioambiental reducido durante su ciclo de vida.
- Legislación ambiental: normativa relacionada con la prevención ambiental en La Rioja.

Tal y como se puede observar en el listado anterior, para el impacto de proyectos sobre el medio ambiente se debe realizar una evaluación de impacto ambiental.

## 2. ANTECEDENTES.

El objetivo de la Evaluación de Impacto Ambiental en este tipo de proyectos tiene como objetivo considerar y valorar las posibles incidencias que pueda generar sobre el medio ambiente la elaboración del proyecto.

### 2.1. Descripción del entorno.

En este punto se va a proceder a analizar la situación y las distintas fases de construcción del proyecto para el correcto análisis ambiental.

La pasarela está situada en un ambiente semiurbano. Con una zona residencial a un lado y una zona rural al otro, suponiendo un paso a nivel de la carretera LR-250.

#### 2.1.1. Fauna.

Las especies animales que podemos encontrar en la zona rural podemos encontrar perdices, conejos y liebres. Siendo muy poco habitual verlas en las inmediaciones de la carretera, evitándose de este modo perturbar en gran medida a las especies autóctonas de la zona.

#### 2.1.2. Flora.

En cuanto a las especies vegetales, la vegetación existente en la zona son plantas típicas estacionales, por lo que no hay peligro de alterar ninguna especie.

#### 2.1.3. Hidrología.

Además, la situación del proyecto está lejos de cualquier río y/o recurso hídrico que pueda verse afectado por las obras.

#### 2.1.4. Patrimonio histórico o cultural.

Finalmente se añade que en la zona de construcción de la pasarela no se ha encontrado ningún indicio de patrimonio cultural.

### 3. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.

La evaluación ambiental resulta indispensable para la protección del medio ambiente. Facilita la incorporación de los criterios de sostenibilidad en la toma de decisiones estratégicas, a través de la evaluación de los planes y programas. Y a través de la evaluación de proyectos, garantiza una adecuada prevención de los impactos ambientales concretos que se puedan generar, al tiempo que establece mecanismos eficaces de corrección o compensación.

Para su realización se ha usado la ley 21/2013 de evaluación ambiental.

#### 3.1. Objeto.

Esta ley establece las bases que deben regir la evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, garantizando en todo el territorio del Estado un elevado nivel de protección ambiental, con el fin de promover un desarrollo sostenible, mediante:

- a) La integración de los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos;
- b) el análisis y la selección de las alternativas que resulten ambientalmente viables;
- c) el establecimiento de las medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente;
- d) el establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción necesarias para cumplir con las finalidades de esta ley.

Asimismo, esta ley establece los principios que informarán el procedimiento de evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, así como el régimen de cooperación entre la Administración General del Estado y las comunidades autónomas a través de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente.

#### 3.2. Ámbito de aplicación de la evaluación de impacto ambiental.

1. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental ordinaria los siguientes proyectos:

- a) Los comprendidos en el anexo I, así como los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo I mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.
- b) Los comprendidos en el apartado 2, cuando así lo decida caso por caso el órgano ambiental, en el informe de impacto ambiental de acuerdo con los criterios del anexo III.
- c) Cualquier modificación de las características de un proyecto consignado en el anexo I o en el anexo II, cuando dicha modificación cumple, por sí sola, los umbrales establecidos en el anexo I.
- d) Los proyectos incluidos en el apartado 2, cuando así lo solicite el promotor.

2. Serán objeto de una evaluación de impacto ambiental simplificada:

- a) Los proyectos comprendidos en el anexo II.
- b) Los proyectos no incluidos ni en el anexo I ni el anexo II que puedan afectar de forma apreciable, directa o indirectamente, a Espacios Protegidos Red Natura 2000.
- c) Cualquier modificación de las características de un proyecto del anexo I o del anexo II, distinta de las modificaciones descritas en el artículo 7.1.c) ya autorizados, ejecutados o en proceso de ejecución, que pueda tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente. Se entenderá que esta modificación puede tener efectos adversos significativos sobre el medio ambiente cuando suponga:
  - 1.º Un incremento significativo de las emisiones a la atmósfera.
  - 2.º Un incremento significativo de los vertidos a cauces públicos o al litoral.
  - 3.º Incremento significativo de la generación de residuos.
  - 4.º Un incremento significativo en la utilización de recursos naturales.
  - 5.º Una afección a Espacios Protegidos Red Natura 2000.
  - 6.º Una afección significativa al patrimonio cultural.
- d) Los proyectos que, presentándose fraccionados, alcancen los umbrales del anexo II mediante la acumulación de las magnitudes o dimensiones de cada uno de los proyectos considerados.
- e) Los proyectos del anexo I que sirven exclusiva o principalmente para desarrollar o ensayar nuevos métodos o productos, siempre que la duración del proyecto no sea superior a dos años.

Para saber si al presente proyecto le corresponde algún tipo de evaluación de impacto ambiental, se debe ir a los anejos I y II de la ley anteriormente citada:

Anejo I. Actividades sujetas a procedimientos de evaluación de incidencia ambiental (Proyectos sometidos a la evaluación ambiental ordinaria regulada en el título II, capítulo II, sección 1ª). No se puede encuadrar este proyecto en las actividades aquí descritas.

Anejo II. Proyectos sometidos a la evaluación ambiental simplificada regulada en el título II, capítulo II, sección 2ª. No se puede encuadrar este proyecto en las actividades aquí descritas.

Tanto en el anejo I como en el anejo II no se incluye ninguna obra con características similares a las del proyecto que acontece, por lo que no será estrictamente necesaria la realización de una Evaluación de Impacto Ambiental.

Una excepción que se añade en estos anejos es que la zona del proyecto pertenezca a la RED NATURA 2000.

### 3.3. Red Natura 2000.

La Red Natura 2000 es una red ecológica europea formada por las Zonas de Especial Conservación (ZEC) y por las Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Esta red de espacios naturales se fundamenta en la política de conservación de la naturaleza de la Comisión Europea para todos los estados miembros de la UE con la adopción de la Directiva 92/43/CEE, de 21 de mayo de 1992, relativa a la Conservación de los Hábitats Naturales y de la Fauna y la Flora Silvestres, más conocida como Directiva Hábitats.

Su fin es garantizar un estado de conservación favorable, de los tipos de hábitats naturales y de hábitats de las especies de que se trate en su área de distribución natural. Para ello se fomenta un uso sostenible del medio y sus recursos con el fin de preservar el espacio a generaciones venideras.

El Gobierno de La Rioja aprobó en febrero de 2014 el Decreto por el que se declaran las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) de la Red Natura 2000 en La Rioja y se aprueban los Planes de Gestión y Ordenación de los Recursos Naturales de cada uno de esos espacios. La Rioja se convierte así en una de las primeras regiones españolas, sólo por detrás de Melilla y Canarias, en aprobar de manera oficial la Red Natura 2000 de su territorio.

Tal y como se muestra en el mapa de la RED NATURA 2000 de La Rioja que se muestra a continuación y en el apartado Planos, la zona de construcción del proyecto no está en ninguna de las zonas de la RED NATURA 2000, por lo que no es necesario realizar una Evaluación de Impacto Ambiental.

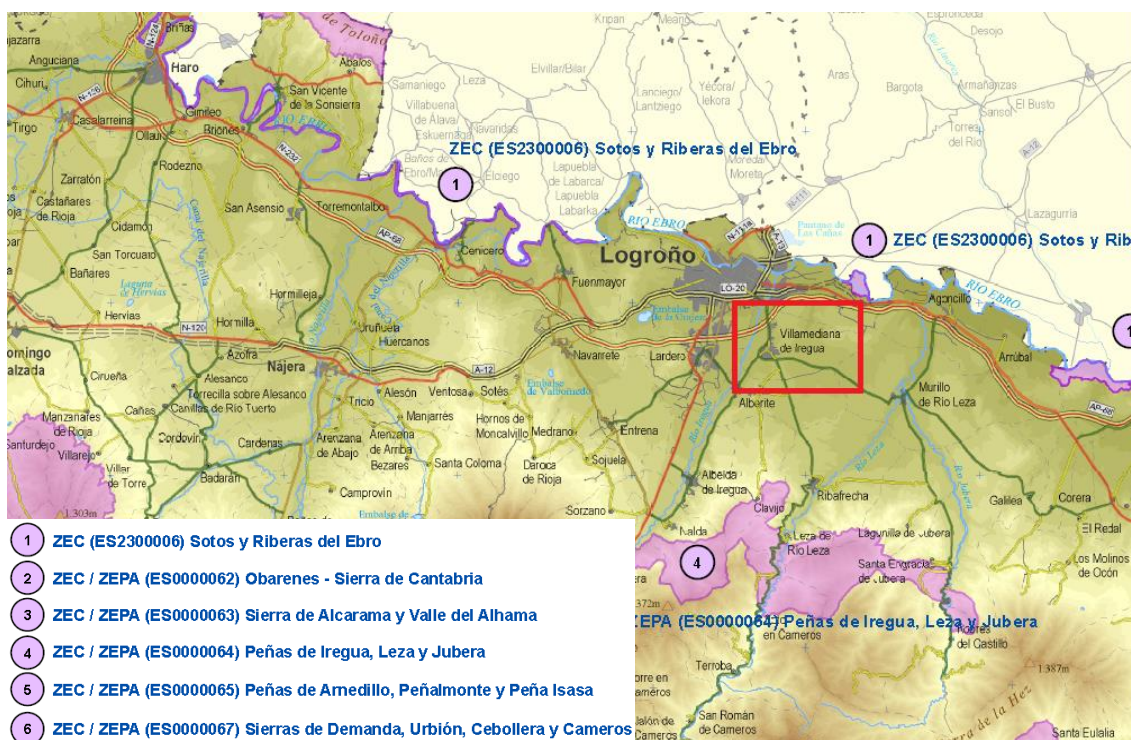


Ilustración 13.1: Mapa de la Red Natura 2000 de la Rioja.



## 4. CONCLUSIÓN.

Tal y como se especifica anteriormente, la no inclusión de ningún proyecto de similares características dentro del anejo I y II de la Ley de Evaluación Ambiental, además de no pertenecer la zona a la red natura 2000, no será necesaria realizar una Evaluación de Impacto Ambiental.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 14 –PLAN DE OBRA.*

**Alumno/Alumna:** MATEO OLIVÁN, IÑAKI

**Director/Directora:** LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

**Curso:** 2017/2018

**Fecha:** 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. ....	700
2. OBJETIVO DEL PROGRAMA. ....	701
3. DIAGRAMA DE GANTT. ....	704

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo se redacta con objeto de dar cumplimiento a la Ley de Contratos del Sector Público, aprobada mediante el Real Decreto Legislativo 3/201, de 14 de Noviembre. En dicha Ley queda establecido que los proyectos de obras deberán comprender al menos un programa de desarrollo de los trabajos o Plan de Obra de carácter indicativo, con previsión de tiempo.

Según se recoge en el artículo 132 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, el programa debe contener los plazos de ejecución de las distintas partes fundamentales de la obra.

Para ello, se ha realizado un programa de trabajos mediante un diagrama de barras en el cual se han reflejado las distintas actividades de obra más relevantes, los tramos en los que se han dividido las obras y el tiempo de ejecución de las mismas.

Este programa es meramente indicativo y no tiene carácter vinculante para el contratista.

## 2. OBJETIVO DEL PROGRAMA.

El objeto del programa de ejecución de obra y de este anejo es establecer las condiciones temporales que, de acuerdo al proyectista, son razonables para la ejecución de las obras del proyecto.

Por lo tanto, los plazos que a contracción se fijan son basados en la observación de proyectos similares. Además de esto, ha sido necesario suponer duraciones asociadas a actividades con componente administrativo, tales como aprobación de determinados tramites y obtención de determinados permisos para el inicio de las obras.

Debido a lo mencionado, el programa que se concreta a continuación, es una propuesta orientativa y no tiene carácter vinculante con el contratista.

La planificación de las obras se ha realizado teniendo en cuenta la necesidad de conseguir los siguientes objetivos:

- Garantizar la viabilidad técnica de la misma.
- Evitar la interferencia entre la ejecución de las obras y el tráfico existente, garantizando la seguridad y la comodidad de los usuarios de la vía.
- Adelantar las actividades más difíciles y más riesgosas con el fin de evitar retrasos.
- La utilización de los diferentes recursos de forma óptima con el fin de obtener la mayor rentabilidad económica posible.

Actividad	Subactividad	Plazo (en días)	Numeración
<b>actividad 1</b>	<b>Implantación en obra y trabajos previos</b>	9	1
	Vallado de la zona	2	2
	Señalización de un paso alternativo	1	3
	Establecimiento de las instalaciones	4	4
	Replanteo	2	5
<b>actividad 2</b>	<b>Demolición</b>	1	6
	Retirada Luminaria	1	7
<b>actividad 3</b>	<b>Soterramiento de la acequia</b>	10	8
	Desbroce	1	9
	Excavación	3	10
	Introducción de tubos	4	11
	Relleno	2	12
<b>actividad 4</b>	<b>Cimentación</b>	10	13
	Desbroce	1	14
	Excavación	3	15
	Encofrado, armado y hormigonado	6	16
<b>actividad 5</b>	<b>Estructura metálica</b>	9	17
	<i>Tablero</i>	7	18
	Colocación de pilares	1	19
	Levantamiento de la pasarela	3	20
	<i>Escaleras</i>	7	21
	Colocación de pilares	1	22
	Colocación de la estructura	3	23
	<i>Rampas</i>	7	24
	Colocación de pilares	2	25
	Colocación de la estructura	3	26
<b>actividad 6</b>	<b>Pavimentación y escaleras</b>	7	27
	Colocación del forjado	7	28
	Realización de las escaleras	7	29
<b>actividad 7</b>	<b>Instalación eléctrica</b>	9	30
	Canalización mediante topes	2	31
	Colocación de conducciones	1	32
	Instalación de luminarias	6	33
<b>actividad 8</b>	<b>Drenaje</b>	2	34
	Instalación de canales de drenaje	2	35
	Colocación de bajantes	1	36
<b>actividad 9</b>	<b>Pintado de la estructura metálica</b>	4	37
<b>actividad 10</b>	<b>Colocación de los elementos de contención</b>	6	38
<b>actividad 11</b>	<b>Zona verde</b>	5	39
	Replanteo	1	40
	Extensión y nivelación	2	41
	Siembra y plantado de especies vegetales	2	42

<b>actividad 12</b>	<b>Instalación de barandillas</b>	12	43
<b>actividad 13</b>	<b>Colocación de bancos</b>	1	44
<b>actividad 14</b>	<b>Prueba de carga</b>	3	45
<b>actividad 15</b>	<b>Limpieza y adecuación</b>	10	46
<b>actividad 16</b>	<b>Gestión de residuos</b>	74	47
<b>actividad 17</b>	<b>Seguridad y salud</b>	74	48

*Tabla 14.1: Tareas y subtareas de obra.*

### 3. DIAGRAMA DE GANTT.

El diagrama de Gantt permite exponer de forma gráfica el tiempo de dedicación previsto para las diferentes tareas de obra en un tiempo total determinado. También tiene en cuenta la superposición de las distintas tareas que pueden realizarse de forma simultánea.

A continuación se muestra el diagrama de Gantt aproximado del proyecto.





GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 15 –CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN. ....	708
2. GRUPOS, SUBGRUPOS Y CATEGORÍAS EN LA CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA. ....	708

## 1. INTRODUCCIÓN.

En este anejo se determina la Clasificación del Contratista que ha de exigirse en la licitación de las obras definidas en el presente Proyecto, en cumplimiento de lo previsto en:

- Reglamento General de la Ley de Contratos de la Administraciones Públicas aprobó por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre.
- Ley 9/2017, de 8 de Noviembre, de Contratos del Sector Publico por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014. (BOE 09/11/2017).
- Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001.

## 2. GRUPOS, SUBGRUPOS Y CATEGORÍAS EN LA CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.

De acuerdo al artículo 11 del REAL DECRETO 773/2015: Determinación de los criterios de selección de las empresas, en los contratos, cuando el valor del contrato sea igual o superior a 500.000 euros será requisito indispensable que el empresario esté debidamente clasificado como contratista de obras de la Administración Publica. Para estos contratos, la clasificación del empresario que en función del objeto del contrato corresponda, con categoría igual o superior a la exigida para el contrato, acreditará sus condiciones de solvencia para contratar.

La clasificación dentro de los grupos y subgrupos se hará de acuerdo a los grupos establecidos en el Artículo 25 del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre (B.O.E. 26 de octubre de 2001):

### **A- Movimiento de tierras y perforaciones**

1. Desmontes y vaciados.
2. Explanaciones.
3. Canteras.
4. Pozos y galerías.
5. Túneles.

### **B- Puentes, viaductos y grandes estructuras**

1. De fábrica u hormigón en masa
2. De hormigón armado
3. De hormigón pretensado
4. Metálicos

### **C- Edificaciones**

1. Demoliciones.
2. Estructuras de fábrica u hormigón.
3. Estructuras metálicas.
4. Albañilería, revocos y revestidos.
5. Cantería y marmolería.
6. Pavimentos, solados y alicatados.
7. Aislamientos e impermeabilizaciones.
8. Carpintería de madera.
9. Carpintería metálica.

### **D- Ferrocarriles**

1. Tendido de vías.
2. Elevados sobre carril o cable.
3. Señalizaciones y enclavamientos.
4. Electrificación de ferrocarriles.
5. Obras de ferrocarriles sin cualificación específica.

### **E- Hidráulicas**

1. Abastecimientos y saneamientos.
2. Presas.
3. Canales.
4. Acequias y desagües.
5. Defensas de márgenes y encauzamientos.
6. Conducciones con tubería de gran diámetro.
7. Obras hidráulicas sin cualificación específica.

### **F- Marítimas**

1. Dragados.
2. Escolleras.
3. Con bloques de hormigón.
4. Con cajones de hormigón armado.
5. Con pilotes y tablestacas.
6. Faros, radiofaros y señalizaciones marítimas.
7. Obras marítimas sin cualificación específica.
8. Emisarios submarinos.

### **G- Viales y pistas**

1. Autopistas.
2. Pistas de aterrizaje.
3. Con firmes de hormigón hidráulico.
4. Con firmes de mezclas bituminosas.
5. Señalizaciones y balizamientos viales.
6. Obras viales sin cualificación específica.

### **H- Transportes de productos petrolíferos y gaseosos**

1. Oleoductos.
2. Gasoductos.

### **I- Instalaciones eléctricas**

1. Alumbrados, iluminaciones y balizamientos luminosos
2. Centrales de producción de energía.
3. Líneas eléctricas de transporte.
4. Subestaciones.
5. Centros de transformación y distribución de alta tensión
6. Distribuciones de baja tensión.
7. Telecomunicaciones e instalaciones radioeléctricas.
8. Instalaciones electrónicas.
9. Instalaciones eléctricas sin cualificación específica.

### **J- Instalaciones mecánicas**

1. Elevadoras o transportadoras.
2. De ventilación, calefacción y climatización.
3. Frigoríficas.
4. Sanitarias.
5. Instalaciones mecánicas sin cualificación específica.

### **K- Especiales**

1. Cimentaciones especiales.
2. Sondeos, inyecciones y pilotajes.
3. Tablestacados.
4. Pinturas y metalizaciones.
5. Ornamentaciones y decoraciones.
6. Jardinería y plantaciones.
7. Restauración de bienes inmuebles histórico-artísticos.
8. Estaciones de tratamiento de aguas.
9. Instalaciones contra incendios.

Además, de acuerdo al artículo 26 del REAL DECRETO 773/2015, los umbrales para clasificar los contratos de obra en función de su cuantía son:

Categoría 1, si su cuantía es inferior o igual a 150.000 euros.

Categoría 2, si su cuantía es superior a 150.000 euros e inferior o igual a 360.000 euros.

Categoría 3, si su cuantía es superior a 360.000 euros e inferior o igual a 840.000 euros.

Categoría 4, si su cuantía es superior a 840.000 euros e inferior o igual a 2.400.000 euros.

Categoría 5, si su cuantía es superior a 2.400.000 euros e inferior o igual a cinco millones de euros.

Categoría 6, si su cuantía es superior a cinco millones de euros.

Además, Las categorías 5 y 6 no serán de aplicación en los subgrupos pertenecientes a los grupos I, J y K. Para dichos subgrupos la máxima categoría de clasificación será la categoría 4, y dicha categoría será de aplicación a los contratos de dichos subgrupos cuya cuantía sea superior a 840.000 euros.

Finalmente, con los criterios que se acaban de mencionar, se propone que la clasificación del contratista sea:

Grupo B: Puentes, viaductos y grandes estructuras, subgrupo 4: Metálicos. Y de la categoría 3: Cuantías superiores a 360 mil euros e inferiores a 840 mil euros.

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO N° 16 –DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018



## 1. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.

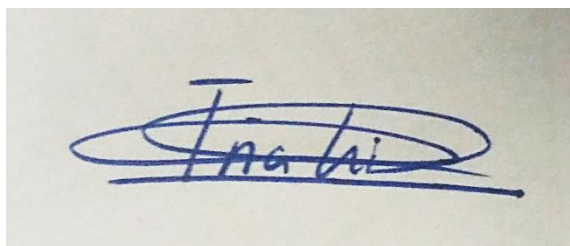
Las obras definidas en el Proyecto cumplen los requisitos exigidos en la Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos del Sector Público.

En cumplimiento del artículo 86 de la Ley se manifiesta que el presente Proyecto comprende una obra completa en el sentido exigido en el Artículo 86.2 de la citada Ley, ya que comprende todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de las obras, siendo susceptibles de ser entregadas al uso público, sin interrumpir ningún servicio que afecte a terceros.

Considerando que el presente proyecto ha sido redactado de acuerdo con las Normas Técnicas y Administrativas en vigor, y que con los documentos que integran este Proyecto se encuentran suficientemente detallados todos y cada uno de sus elementos necesarios, se somete a la consideración de la Administración.

Villamediana de Iregua (La Rioja), Junio de 2018.

Por el autor



Fdo. Iñaki Mateo Oliván 16632513-V

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 17 –JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	716
2. JUSTIFICACION DE PRECIOS.....	716

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo se ha redactado con el objetivo de la justificación de los precios a la hora de la elaboración del presupuesto.

La mayoría de precios han sido obtenidos a través del generador de precios de la construcción de la empresa CYPE ingenieros, y el resto de diferentes empresas a modo de orientación de cada uno.

Para su realización se ha usado, al igual que para el presupuesto, el programa Presto 8.8.

## 2. JUSTIFICACION DE PRECIOS.

A continuación se justifican los precios con los que se ha realizado el presupuesto:

Código	Cantidad	U D	Resumen	Precio	Importe	%	% AC
01.1	1.00	U	DESMONTAJE DE LUMINARIAS	3.52	3.52	0.0 0	0.00
02.1	345.00	M 3	DESBROCE Y LIMPIEZA SUPERFICIAL DEL TERRENO A MAQUINA	0.97	334.65	0.0 9	0.09
02.2	136.11	M 3	EXCAVACIÓN ZONA DE PROYECTO	5.13	698.24	0.1 8	0.27
03.1	644.00	M 3	DESBROCE Y LIMPIEZA SUPERFICIAL DEL TERRENO A MAQUINA	0.97	624.68	0.1 6	0.43
03.2	96.60	M 3	EXCAVACIÓN	6.59	636.59	0.1 7	0.60
03.3	115.00	M 3	INTRODUCCIÓN TUBOS	60.22	6925.30	1.8 1	2.41
03.4	328.90	M 3	RELLENO Y COMPACTACIÓN	14.08	4630.91	1.2 1	3.62
04.1	7.25	M 3	ZAPATA DE CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO	126.58	917.71	0.2 4	3.86
04.2	21.83	M 2	SISTEMA DE ENCOFRADO PARA ZAPATAS	14.86	324.39	0.0 8	3.95
04.3	1.36	M 3	VIGAS DE ATADO	132.86	180.69	0.0 5	3.99
04.4	6.80	M 2	SISTEMA DE ENCOFRADO PARA VIGAS DE ATADO	14.86	101.05	0.0 3	4.02
04.5	127.49	M 3	LOSA DE CIMENTACIÓN	170.98	21798.2 4	5.7 0	9.72
04.6	78.15	M 2	SISTEMA DE ENCOFRADO PARA LOSAS DE CIMENTACIÓN	16.36	1278.53	0.3 3	10.06
05.1. 1	15518. 40	K G	ACERO LAMINADO TABLERO	2.12	32899.0 1	8.6 0	18.66

<b>05.1.2</b>	4.00	U	PLACA DE ANCLAJE 400X400X14	42.46	169.84	0.04	18.70
<b>05.2.1</b>	12952.73	KG	ACERO LAMINADO ESCALERAS	2.12	27459.79	7.18	25.88
<b>05.2.2</b>	4.00	U	PLACA DE ANCLAJE 300X350X15	32.29	129.16	0.03	25.92
<b>05.3.1</b>	45186.11	KG	ACERO LAMINADO RAMPAS	2.12	95794.55	25.05	50.97
<b>05.3.2</b>	4.00	U	PLACA DE ANCLAJE 350X350X14	36.16	144.64	0.04	51.01
<b>05.3.3</b>	4.00	U	PLACA DE ANCLAJE 350X350X15	36.88	147.52	0.04	51.04
<b>05.3.4</b>	2.00	U	PLACA DE ANCLAJE 650X450X22	96.45	192.90	0.05	51.10
<b>06.1</b>	489.20	M2	FORJADO MIXTO DE CHAPA COLABORANTE	61.03	29855.88	7.81	58.90
<b>06.2</b>	68.00	U	ESCALERAS	99.97	6797.96	1.78	60.68
<b>06.3</b>	884.50	M2	PROTECCIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA	32.29	28560.51	7.47	68.15
<b>07.1</b>	10.00	M	BAJANTE 50mm	2.10	21.00	0.01	68.15
<b>07.2</b>	10.00	M	BAJANTE 75mm	2.67	26.70	0.01	68.16
<b>07.3</b>	186.60	M	CANAL DE DRENAJE 3,2 l/s	44.88	8374.61	2.19	70.35
<b>07.4</b>	40.00	M	CANAL DE DRENAJE 1,5l/s	39.04	1561.60	0.41	70.76
<b>08.1</b>	164.00	U	LUMINARIA BOB 18 LINEA LIGTH	15.37	2520.68	0.66	71.42
<b>08.2</b>	128.00	U	LUMINARIA STO259 LED WE-EF	17.59	2251.52	0.59	72.01
<b>08.3</b>	90.00	M	LINEA ALUMBRADO 4 COND(6MM <sup>2</sup> ) Y 0,6/1KV	15.85	1426.50	0.37	72.38
<b>08.4</b>	1.00	U	TOMA DE PUESTA A TIERRA CON PICA	156.19	156.19	0.04	72.42
<b>08.5</b>	90.00	M	REALIZACION DE LA CONDUCCION DEL CABLEADO MEDIANTE TOPOS	80.00	7200.00	1.88	74.30
<b>09.1</b>	4.00	U	BANCO URBANO LASSURE	367.00	1468.00	0.38	74.69
<b>09.2</b>	497.20	M	BARANDILLA	117.43	58386.20	15.27	89.96
<b>10.1</b>	91.00	U	LAVANDA	1.49	135.59	0.04	89.99
<b>10.2</b>	1387.20	M2	HIDROSIEMBRA	6.45	8947.44	2.34	92.33
<b>10.3</b>	90.75	M3	APORTE TIERRA VEGETAL	29.95	2717.96	0.71	93.04

<b>11.1</b>	144.00	M	BARRERA METALICA SIMPLE	80.60	11606.4 0	3.0 4	96.08
<b>12.1</b>	4.00	U	BIDON RESIDUOS PELIGROSOS	61.63	246.52	0.0 6	96.14
<b>12.2</b>	4.00	U	TRANSPORTE BIDON RESIDUOS PELIGROSOS	92.00	368.00	0.1 0	96.24
<b>12.3</b>	4.00	U	ENTREGA BIDON RESIDUOS PELIGROSOS	96.82	387.28	0.1 0	96.34
<b>12.4</b>	2.00	U	CONTENEDOR 4M3	53.93	107.86	0.0 3	96.37
<b>12.5</b>	2.00	U	TRANSPORTE Y ENTREGA CONTENDOR 4M3	70.78	141.56	0.0 4	96.40
<b>13</b>	1.00	U	SEGURIDAD Y SALUD	13749. 45	13749.4 5	3.6 0	100.0 0

GRADO EN INGENIERIA CIVIL  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

*PROYECTO CONSTRUCTIVO DE  
PASARELA PEATONAL SOBRE LA  
CARRETERA COMARCAL LR-250, A SU  
PASO POR VILLAMEDIANA DE IREGUA  
(LA RIOJA).*

*ANEJO Nº 18 –PRESUPUESTO PARA EL CONOCIMIENTO  
DE LA ADMINISTRACIÓN.*

Alumno/Alumna: MATEO OLIVÁN, IÑAKI

Director/Directora: LARRAURI GIL, MARCOS IGNACIO

Curso: 2017/2018

Fecha: 28/06/2018

## ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	721
1.1. Presupuesto de ejecución material .....	721
1.2. Presupuesto base de licitación.....	721
1.3. Expropiaciones.....	721



## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente anejo contiene los diferentes presupuestos del proyecto y cuya inclusión es de carácter obligatorio.

### 1.1. Presupuesto de ejecución material

El Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) asciende a la cantidad de TRESCIENTOS NOVENTA Y SEIS MIL CIENTO CINCUENTA Y TRES EUROS CON DIECIOCHO CENTIMOS (396.153,22€)

### 1.2. Presupuesto base de licitación

Este presupuesto se obtiene aplicando al presupuesto de ejecución material el 13% de Gastos Generales y el 6% de Beneficio industrial. De acuerdo a esto, se obtiene que:

PEM.....	396.153,22 €
Gastos Generales (13% PEM).....	51.499,91 €
Beneficio Industrial (6% PEM).....	23.769,19 €
PBL.....	471.422,35 €

EL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN asciende a la cantidad de CUATROCIENTOS SETENTA Y UN MIL CUATROCIENTOS VEINTIDOS EUROS Y TREINTA Y CINCO CENTIMOS (471.422,35€).

I.V.A. (21%).....	98.998,68 €
PBL+IVA.....	570.420,96€

EL PRESUPUESTO GENERAL asciende a QUINIENTOS SETENTA MIL CUATROCIENTOS VEINTE EUROS CON NOVENTA Y SEIS CENTIMOS (570.420,96€).

### 1.3. Expropiaciones

No se van a realizar expropiaciones en la presente obra dado que los terrenos ocupados son de titularidad municipal.