

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE
PASARELA PEATONAL SOBRE LA
BI-644 ENTRE EL POLÍGONO
INDUSTRIAL APARCABISA Y EL
MEGAPARK. TERMINO MUNICIPAL DE
BARAKALDO (BIZKAIA)***

DOCUMENTO 1 – MEMORIA

Alumno: Niño Peredo, Álvaro

Director: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2017/2018

Fecha: Bilbao, a 18/06/2018

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

MEMORIA



ÍNDICE MEMORIA

1	OBJETO DEL PROYECTO Y SOLUCIONES ALTERNATIVAS.....	3
1.1	PROMOTOR.....	4
1.2	AUTOR DEL PROYECTO	4
1.3	OBJETO DEL PROYECTO.....	4
1.4	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	4
1.5	JUSTIFICACIÓN	6
1.5.1	ALTERNATIVAS CONSIDERADAS.....	10
1.5.2	SOLUCIÓN ADOPTADA.....	11
2	DATOS INICIALES DE PARTIDA.....	12
2.1	CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA	12
2.2	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	12
2.3	CLIMATOLOGÍA	12
2.4	VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	12
3	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA.....	13
3.1	DOSSIER FOTOGRÁFICO	14
3.2	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	14
3.2.1	Geología.....	14
3.2.2	Sismicidad	15
3.2.3	Geotecnia.....	15
3.3	HIDROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y DRENAJE.....	16
3.3.1	Climatología	16
3.3.2	Hidrología y drenaje.....	18
3.4	MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES	19
3.5	ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO	20
3.5.1	DISEÑO DEL TABLERO DE LA PASARELA.....	20
3.5.2	CIMENTACIÓN DEL TABLERO	22
3.5.3	DISEÑO DE LOS ACCESOS	22
3.5.4	PASAMANOS	25
3.5.5	ESTRUCTURA FINAL DE LOS ACCESOS.....	26
3.6	GESTIÓN DE RESIDUOS	29
3.7	SERVICIOS AFECTADOS	30
3.8	CONTROL DE CALIDAD	30
3.9	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	31
3.10	PLAN DE OBRA	31
3.11	DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	31
3.12	PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.....	32
4	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	33



5	CONTRATACIÓN DE LAS OBRAS.....	34
5.1	SISTEMA DE ADJUDICACIÓN DE LA OBRA	34
5.2	REVISIÓN DE PRECIOS.....	34
5.3	PLAZO DE EJECUCIÓN.....	34
5.4	PERIODO DE GARANTÍA	34
6	PRESUPUESTO	35
7	NORMATIVA APLICADA Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA.....	36
7.1	BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	36
7.2	PAGINAS WEB CONSULTADAS.....	36
7.3	NORMATIVA APICADA	37
7.4	SOFTWARES UTILIZADOS	38
7.5	EMPRESAS Y ORGANISMOS CONSULTADOS.....	38
8	CONCLUSIÓN	39



ÍNDICE ANEJOS

ANEJO 1 – DOSIER FOTOGRÁFICO.....	40
ANEJO 2 – GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA.....	47
ANEJO 3 – CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE	56
ANEJO 4 – DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS	71
ANEJO 5 – ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO	75
ANEJO 6 – BASES DE CÁLCULO ESTRUCTURAL	85
ANEJO 6.2 – ESTRUCTURA METÁLICA	122
ANEJO 6.3– CIMENTACIÓN.....	355
ANEJO 7 – IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL.....	380
ANEJO 8 – SERVICIOS AFECTADOS	389
ANEJO 9 – GESTIÓN DE RESIDUOS	394
ANEJO 10 – PLAN DE OBRA	413
ANEJO 11– CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	421
ANEJO 12 – DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	433
ANEJO 13 – JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	435
ANEJO 14 – PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.....	438



1 OBJETO DEL PROYECTO Y SOLUCIONES ALTERNATIVAS

1.1 PROMOTOR

El presente “PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”, se realizará a petición de la Diputación Foral de Bizkaia en conjunto con el Excmo. Ayuntamiento de Barakaldo (Bizkaia).

1.2 AUTOR DEL PROYECTO

El presente proyecto, dirigido por Marcos Ignacio Larrauri Gil, tiene como autor al estudiante del Grado de Ingeniería Civil, impartido en la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas de la UPV-EHU, Álvaro Niño Peredo.

1.3 OBJETO DEL PROYECTO

En el presente proyecto se definen de forma detallada, las obras necesarias para la construcción de una pasarela peatonal en el municipio de Barakaldo, Bizkaia. Dicha pasarela se encontrará situada sobre la carretera BI-644 y servirá como nexo entre el polígono de Aparcabisa y el Megapark. Su definición quedará recogida en los documentos exigidos por la legislación: Memoria y Anejos, Planos, Pliego de Prescripciones Técnicas, Presupuesto y Estudio de Seguridad y Salud.

El objeto principal del proyecto es la unión entre dos zonas de Barakaldo que actualmente se encuentran divididas por una carretera.

1.4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

En este apartado se indicarán mediante fotos y planos la ubicación de la obra.

La obra se situará en Barakaldo, municipio perteneciente a la provincia Bizkaia y situado en la margen izquierda de la Ría del Nervión. Más concretamente, la obra se situará entre el polígono Aparcabisa y el Megapark y sobre la carretera BI-644.

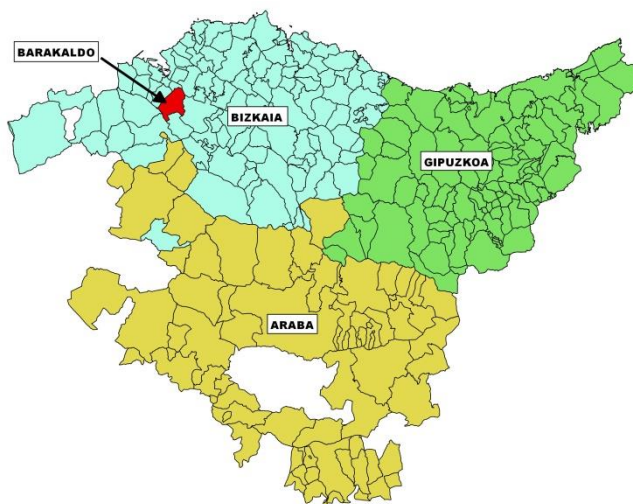


Figura 1 - Situación de Barakaldo dentro del País Vasco

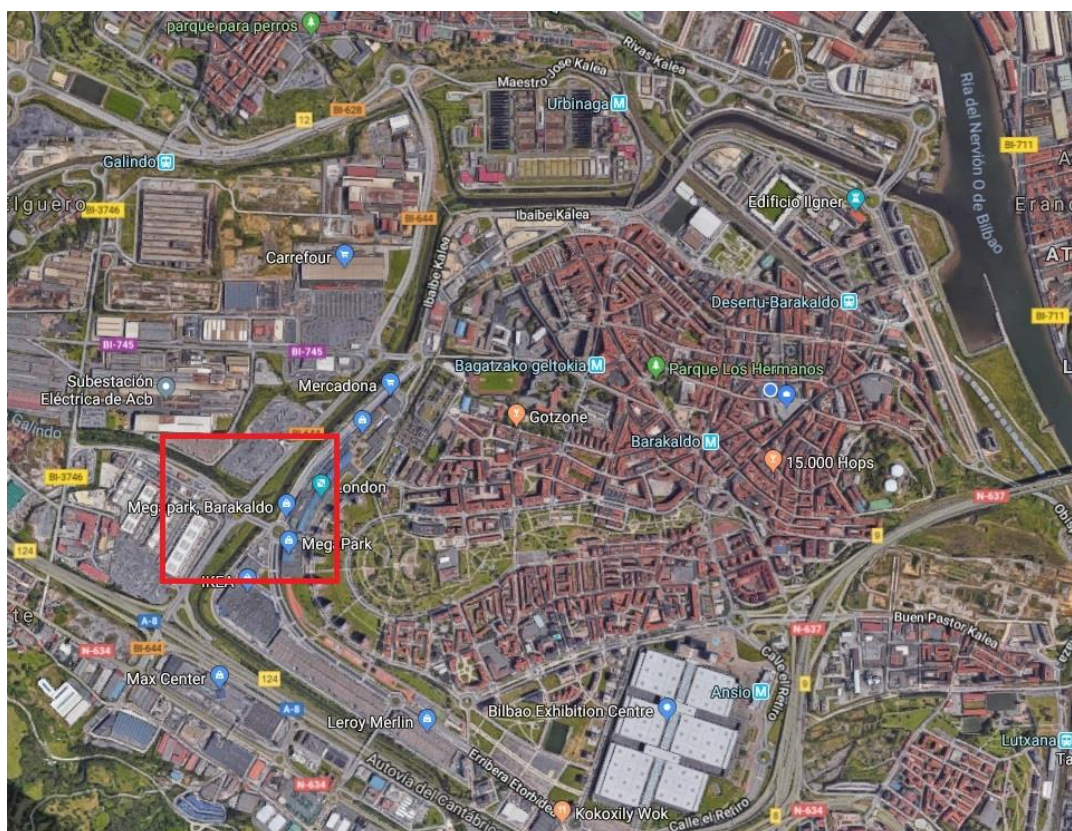


Figura 2 - Municipio de Barakaldo y zona de estudio

En la siguiente imagen se muestra la zona que ocupará la futura pasarela peatonal. En rojo se representa el tablero que cruzará la BI-644 junto a sus correspondientes rampas de acceso en verde y la escalera en cían.



Figura 3 – Croquis de las obras

A la izquierda (Oeste) de la carretera BI-644 se encuentra el polígono industrial de Aparcabisa y a la derecha (Este) de la misma el Megapark.

1.5 JUSTIFICACIÓN

1.1.1. ANTECEDENTES

El municipio de San Vicente de Barakaldo es uno de los municipios integrantes de la comarca no oficial del Gran Bilbao, en Bizkaia. Concretamente, el municipio de Barakaldo es el segundo más poblado de Bizkaia con una población medida en 2017 de 100.313 habitantes, únicamente superado por Bilbao.

Que Barakaldo cuente con tal cantidad de habitantes requiere de una buena red de comunicaciones entre los diferentes sectores que lo integran. Y no únicamente para el tráfico rodado sino también para los peatones. Aunque en su gran mayoría, Barakaldo se encuentra bien comunicado, aún existen ciertas deficiencias que se han de mejorar.

El ayuntamiento de Barakaldo ha iniciado una labor de sustitución de pasos subterráneos considerados peligrosos por unos pasos elevados que cuentan con mayor seguridad. Por ejemplo, recientemente se ha concluido la sustitución de un paso subterráneo por un paso elevado sobre las vías del tren en la zona del Desierto, en la calle Murrieta.

El presente proyecto se enfoca en solucionar un problema de incomunicación entre dos zonas de Barakaldo. Las zonas que se encuentran incomunicadas



entre si son el polígono industrial de Aparcabisa y la zona comercial del Megapark, así como con el resto de Barakaldo.

El polígono industrial de Aparcabisa es un polígono industrial dedicado principalmente a actividades de transporte. En él se encuentran importantes empresas como UPS o TNT. Se encuentra en la zona Oeste de Barakaldo y actualmente solo se puede acceder cómodamente en coche o autobús.

Dicho polígono se encuentra situado junto al Megapark, una zona con gran actividad comercial y con un gran número de restaurantes. Restaurantes a los cuales los trabajadores del polígono Aparcabisa suelen ir el descanso del mediodía para comer.

Si bien es verdad que el polígono es accesible por carretera, es realmente complicado llegar hasta él a pie. En la siguiente imagen se muestra la única forma de llegar al polígono desde el Megapark sin tener que cruzar la carretera BI-644 bajo riesgo de atropello, es decir, usando la única pasarela peatonal que existe para cruzarla.



Figura 3 - Ruta actual de acceso

El recorrido que se presenta en la imagen tiene una longitud de más de 3 kilómetros cuando la distancia en línea recta entre ambos puntos es de unos 300 metros.

Las observaciones que se han realizado en la zona afectada indican que una gran cantidad de personas cruzan diariamente la carretera BI-644 por mitad, exponiéndose al riesgo de ser atropellados por un vehículo. La razón de que



los trabajadores del polígono industrial cruzan la carretera en lugar de acceder a él mediante coche o autobús puede ser que el polígono se encuentra demasiado cerca del Megapark, y asimismo de una zona muy activa de Barakaldo, como para pensar que es necesario un vehículo. Que una persona que trabaja en el polígono Aparcabisa y tiene un descanso de una hora para ir a comer al Megapark tenga solamente las opciones de andar 3 kilómetros (solo ida), coger el coche para recorrer 300 metros o pagar el autobús para recorrer esos 300 metros dando un rodeo largo es inaceptable. La opción que a los trabajadores les parece la mejor es la de arriesgarse a cruzar la carretera BI-644.

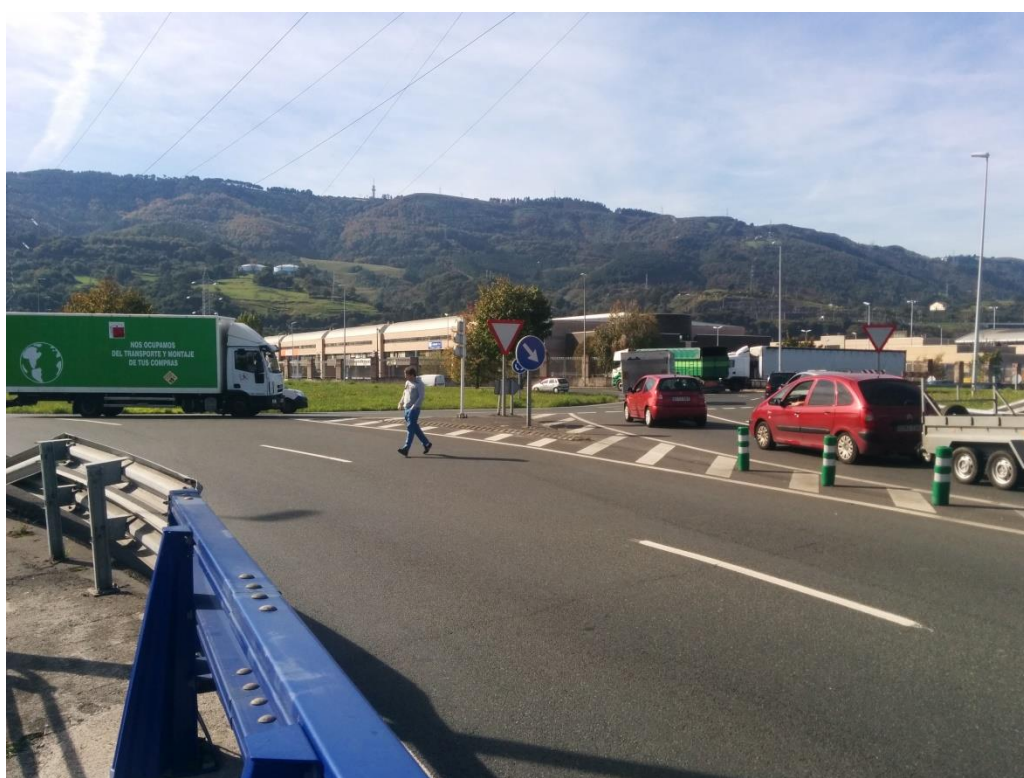


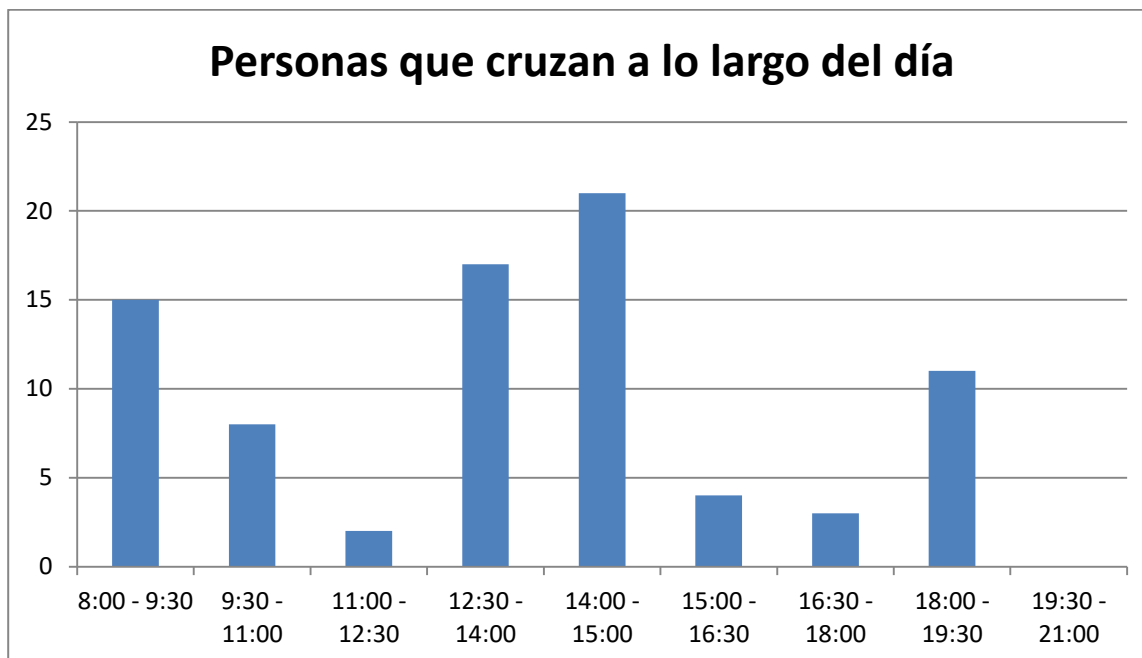
Figura 4 - Persona cruzando la BI-644

De la misma forma que los trabajadores no pueden cruzar de forma fácil hasta el Megapark, los clientes que deseen acceder al polígono tienen el mismo problema.

Y el polígono Aparcabisa no solamente se encuentra incomunicado respecto al Megapark, sino que también está incomunicado del resto de Barakaldo. Si un ciudadano de Barakaldo deseara ir al polígono, ya sea porque trabaja ahí y porque es un cliente, debe coger obligatoriamente el autobús o el coche personal para hacer un trayecto que se podría hacer a pie cómodamente.



Se ha realizado un pequeño estudio de la cantidad de personas que cruzan la carretera BI-644. El estudio ha consistido en contar el número de personas que cruzan la BI-644 a lo largo de un día completo de entre semana. Además, se les ha preguntado a las personas que se dirigían hacia el aparcabisa si eran trabajadores o clientes. Los resultados han sido los siguientes:



El número total de personas que han cruzado la carretera BI-644 a lo largo de un día normal ha sido de 81. Se puede apreciar en la gráfica que la mayor parte de las personas cruzan durante las horas de inicio, descanso y fin de jornada laboral.

De las 84 personas que cruzaron a lo largo del día se le preguntó a un total de 20 personas que cruzaban de Este a Oeste (en dirección al polígono) si eran trabajadores o clientes de aparcabisa. De las 20 personas solamente una cruzaba en calidad de cliente y el resto eran trabajadores.

A estas mismas personas se les preguntó también de dónde venían y por qué cruzaban la carretera por en medio en vez de usar otra forma para llegar (coche, autobús, andar 3km...). La persona que respondió en la pregunta anterior que era un cliente y otras 4 personas más de los trabajadores dijeron que vivían muy cerca y que no les compensaba sacar el coche y llevarlo hasta el polígono, además uno de ellos dijo que a la hora de comer iba a casa y que es mejor cruzar la carretera que hacer cuatro viajes en coche puesto que hay que dar un rodeo enorme con el coche, mientras que andando son apenas 200 metros.

El resto de trabajadores (15) respondieron a la pregunta diciendo que trabajaban en el aparcabisa y salían de este al Megapark a la hora de comer



porque andando tardan menos en hacer el trayecto y así tienen más tiempo para comer y descansar.

En resumen, casi la totalidad de las personas que cruzan la carretera BI-644 son trabajadores del polígono. El motivo principal para cruzar la carretera es que, o bien viven cerca o bien comen en el Megapark. En cualquier caso, cruzan la carretera porque se tarda menos que utilizando otro tipo de transporte. Si bien 81 personas al día no es una cantidad muy elevada, es suficiente para llevar a cabo una solución. Además, este número de personas seguramente se vea incrementado tras la construcción de una pasarela.

Cabe destacar, que la totalidad de las personas que se observaron gozaban de una buena salud física y tampoco transportaban ningún tipo de objeto voluminoso como podría ser un carro de bebés, de la compra, una caja, etc. También es importante saber que solamente cruzan personas durante las horas del día, concretamente desde el inicio hasta el final de las jornadas laborales.

1.5.1 ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

Las alternativas que se presentan como posible solución al problema de comunicación que existe entre las dos zonas mencionadas son las siguientes.

- Colocación de un paso de peatones en la BI-644. Esta opción resultaría negativa para la fluidez del tráfico de dicha carretera. Además, la vía ya cuenta con mucha densidad de tráfico actualmente y un paso de peatones terminaría por colapsarla.
- Construcción de un paso subterráneo. Esta alternativa se podría descartar debido a que la construcción de un paso peatonal en un municipio cuyo ayuntamiento está trabajando en la sustitución de pasos subterráneos por pasos elevados sería contraproducente.
- Construcción de paso peatonal elevado. Esta opción no influye en el tráfico de la carretera que se pretende salvar y además se garantiza la seguridad de los peatones que deseen cruzar.

Entre los materiales de construcción se destacan el acero y el hormigón. Debido a la gran capacidad que tiene el acero en forma de celosía para cubrir grandes luces con poco peso se ha elegido esta opción.

También se presentan varias alternativas a la hora de decidir cómo serán los accesos a la pasarela:

- Combinación de escaleras y ascensor. Si bien que es la opción más compacta y completa en servicios para los posibles usuarios, también hay que tener en cuenta que es la opción más cara de todas. Además la pasarela no contará con un excesivo número de usuarios como para

- tener que invertir demasiado dinero. Así es que se ha optado por buscar una solución más económica.
- Escaleras y rampas. Puede ser una buena solución en cuanto a funcionalidad puesto que cuenta con una vía rápida que son las escaleras y una vía adaptada a personas que no puedan utilizar las escaleras.
 - Rampas. Debido a que la parcela donde se construirá la pasarela es amplia y a que se prevé que la mayor parte de las personas seguirán el mismo recorrido, se puede plantear una composición de únicamente rampas orientadas en la dirección del trayecto de forma que las rampas puedan sustituir a las escaleras en cuanto a rapidez, evitando los molestos rodeos que se suelen dar en las rampas.

1.5.2 SOLUCIÓN ADOPTADA

Con las diferentes opciones ya definidas, finalmente se ha decidido llevar a cabo la construcción de una pasarela peatonal elevada a cinco metros sobre la carretera, con una estructura metálica en forma de celosía a la que se accederá mediante rampas a ambos lados con una pendiente de un 8% y una escalera en uno de los lados. De esta forma se conseguirá evitar la carretera BI-644, no obstante, se deberá de colocar un paso de cebra en la carretera transversal a esta para poder cruzarla. Esto no supondrá un problema ya que la intensidad de tráfico de esta carretera es muy baja en comparación con la de la BI-644, carretera en la que es inviable colocar un paso de cebra.

Se ha elegido colocar rampas y escaleras y no un ascensor debido a que en las observaciones no se ha visto en ningún momento a ninguna persona de movilidad reducida o que transporte algún objeto como un carrito de bebés que pudiese necesitar un ascensor. Además, por las características de la zona (polígono industrial) se considera que será prácticamente nula la posibilidad de que alguna de estas personas necesite cruzar dicha carretera. No obstante se colocarán rampas para cubrir esta posibilidad. Pero no se colocará un ascensor porque tanto su inversión inicial como su mantenimiento son elevados.

Tampoco será necesario colocar luces en la pasarela porque no habrá actividad nocturna en la zona y es un gasto que se puede ahorrar. Si se diera el caso de que una persona quisiese cruzar por la noche, esta no tendría ningún problema porque las farolas de la carretera BI-644 que se encuentran alrededor de la pasarela alumbrarán la pasarela de forma suficiente.



2 DATOS INICIALES DE PARTIDA

Los datos que se han utilizado para realizar el presente proyecto son los siguientes.

2.1 CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

La cartografía y topografía se ha obtenido de la página web Bizkaia.net facilitada por la Diputación Foral de Bizkaia. Dicha cartografía se presenta en un archivo en formato .DWG.

2.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Los datos sobre la geología y la geotecnia de la zona afectada se han obtenido del Instituto Geológico y Minero de España.

2.3 CLIMATOLOGÍA

La información referente al clima de Barakaldo se ha obtenido de la página web Euskalmet.

2.4 VIABILIDAD DEL PROYECTO

El municipio de Barakaldo es uno de los más grandes y poblados de Bizkaia y cuenta con varios sectores bien definidos. Un núcleo urbano donde se encuentra la mayor parte de las viviendas y comercios y una zona industrial que a pesar de encontrarse contigua a la primera está totalmente incomunicada para los peatones.

El proyecto que se plantea aquí es económicamente viable para el ayuntamiento de Barakaldo pues este municipio es uno de los más grandes de País vasco y la construcción de una pasarela es perfectamente viable para él. Técnicamente, el proyecto no tiene mayor complicación, por lo que se considerará viable también.

Por tanto, un proyecto sencillo y que no requiere de una gran inversión para llevarlo a cabo y que solucionará un gran problema de comunicación se considera que es perfectamente viable para un ayuntamiento como el de Barakaldo.



3 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA

Debido a las razones expresadas anteriormente, la forma de salvar la carretera BI-644 será la de construir una pasarela peatonal elevada. De esta forma los peatones podrán cruzar la carretera de forma segura y los vehículos podrán circular sin las interrupciones que podrían ocasionar un paso de peatones o un semáforo.

La pasarela que se pretende proyectar se llevará a cabo mediante estructura metálica en forma de celosía debido a su rápido montaje en obra y a sus propiedades mecánicas para cubrir largas distancias entre apoyos. Dado que la estructura quedará vista y el acero se corroe con facilidad a la intemperie, irá recubierto por una capa protectora de pintura anti oxidación.

La celosía que forma la estructura servirá además como barandillas laterales siendo estas de 1,25m de altura. La celosía tipo Warren permite que las barras trabajen de la forma más eficiente posible ahorrando en materiales y por tanto, en peso. La forma y dimensiones concreta de la estructura y de los elementos que la componen se detallarán con precisión en el correspondiente anejo y en los planos adjuntos.

La celosía que se encuentra en los laterales del tablero y que ayudará a formar la barandilla tendrá una malla electrosoldada en los huecos que quedan entre las barras para evitar así posibles caídas de personas u objetos.

El tablero de la pasarela estará soportado por cuatro pilares a cada lado de la carretera. Estos pilares estarán rígidamente unidos entre sí para asegurar un apoyo firme del tablero sobre los pilares. Estos a su vez, irán rígidamente unidos a la cimentación en forma de una única zapata. La zapata será cuadrada y de hormigón.

Para acceder al tablero de la pasarela que se encuentra a 5 metros de altura, se construirá una rampa a cada lado con una pendiente de un 8%. La rampa estará dividida en tramos de 10 metros con un descansillo entre tramos de 2,5 metros. La anchura tanto del tablero como de las rampas de acceso será de 2,5m para asegurar el paso personas, carros de bebé o sillas de ruedas en paralelo.

En el acceso Oeste, como la rampa está orientada en la dirección del trayecto que todo peatón que quiera cruzar hará, no se colocarán escaleras puesto que el objetivo de estas es recortar la vuelta que se suele dar tomando las rampas. Como en este caso no se da esa vuelta, no son necesarias las escaleras.

No obstante, en el acceso Este, como la rampa hace varias idas y venidas, se colocará una escalera para recortar el recorrido.



En cuanto al pavimento de la pasarela, este estará hecho de tabloncillos de madera con un recubrimiento antideslizante. Además del recubrimiento antideslizante, las maderas tendrán un tratamiento de impermeabilización para evitar su deterioro. Las maderas irán atornilladas a las vigas de la celosía que conforman la estructura.

Al principio y al final del tablero, y en los rellanos de las rampas se colocarán unos caces con bajantes para recoger el agua de lluvia y dirigirla fuera de la pasarela.

Entre el arranque de las rampas y las aceras existentes se creará una nueva acera con un aspecto similar al de la acera existente con el fin de evitar una discontinuidad visual.

3.1 DOSSIER FOTOGRÁFICO

Se presenta un anejo con una recopilación de fotografías de la zona donde se pretende proyectar la pasarela donde se refleja la situación actual.

3.2 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

3.2.1 Geología

Tanto el municipio de Barakaldo, como casi toda la Comunidad Autónoma Vasca, está situado en la denominada Cuenca Vasco-Cantábrica. Esta cuenca, generada en el Jurásico, fue rellenada posteriormente por materiales sedimentarios de origen marino durante el Cretácico, y en menor medida, durante el Terciario.



Figura 5 - Mapa Geológico de Barakaldo (IGE)

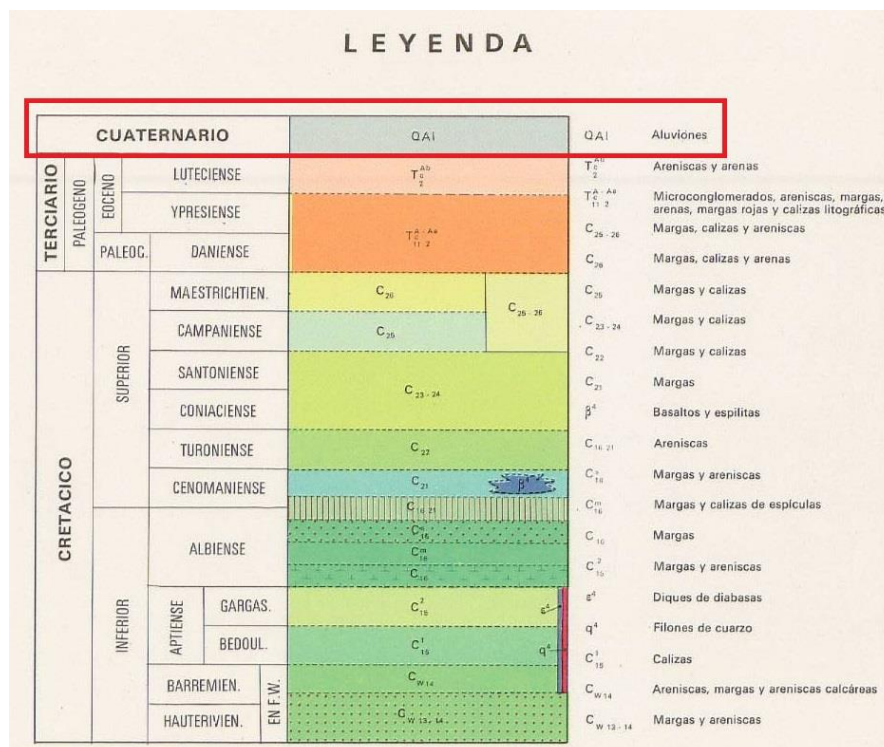


Figura 6 - Leyenda del mapa geológico

En la zona de proyecto el suelo está principalmente compuesto por margas, margocalizas y depósitos de origen aluvial. También se encuentran depósitos de origen antropogénico.

3.2.2 Sismicidad

La zona de proyecto está libre de riesgo sísmico y por tanto no es necesario tener en cuenta su acción en el cálculo de la estructura. Esto queda demostrado en el anejo de geología y geotecnia adjunto.

3.2.3 Geotecnia

Para conocer las características geotécnicas de la zona se ha acudido al Ayuntamiento de Barakaldo en busca de un estudio geotécnico de la zona. Aunque no existe un estudio de la zona concreta, se ha conseguido uno de una zona cercana que tiene características similares al suelo de estudio.

En base al estudio existente se ha determinado que el terreno está formado por un estrato de arenas flojas en la parte más superficial y por debajo un estrato de limos propios del arroyo que se encuentra cerca de la obra en cuestión. A unos 20 metros de profundidad se encuentra el estrato rocoso formado por lutitas y margas, principalmente

En cuanto a la permeabilidad del terreno, se ha considerado que en el estrato de arenas flojas esta es alta y en el de limos media.

El nivel freático se detecta a unos 3-4 metros de profundidad.



En cuanto a las propiedades resistentes del suelo se considerarán medias. En base a los datos que refleja el suelo y tratándose de una estructura ligera se ha seleccionado una cimentación en forma de zapata.

3.3 HIDROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y DRENAJE

La hidrología, la climatología y el drenaje se muestran con mayor extensión en el correspondiente anejo. Sin embargo, aquí se resumen las ideas principales que lo constituyen.

3.3.1 Climatología

El municipio de Barakaldo cuenta con una temperatura media anual de unos 15°C, como se muestra en la siguiente figura.

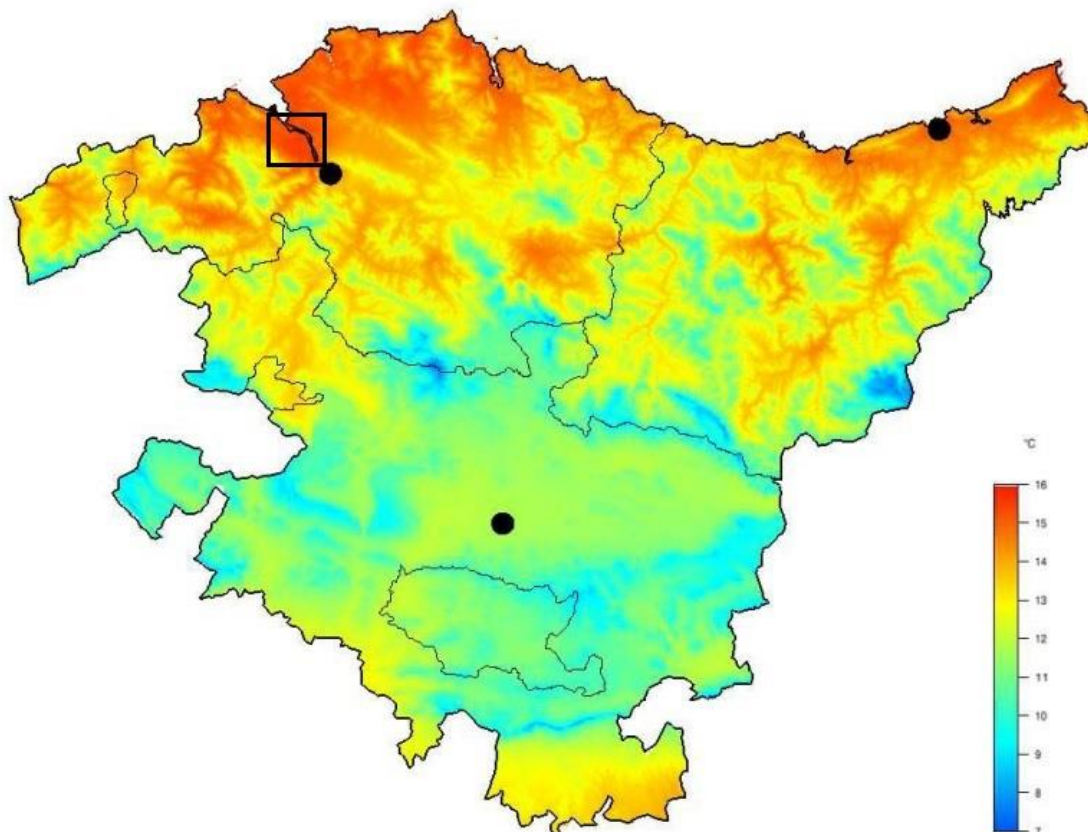


Figura 7 - Temperatura media anual (°C)

Gracias a la acción termorreguladora del mar, la variación estacional de temperatura entre invierno y verano no es excesivamente grande. La temperatura en verano oscila entre los 20°C y los 25°C en este municipio y en invierno desciende hasta unos 8 o 10°C. Existiendo una diferencia entre invierno y verano de únicamente unos 10-15°C de temperatura.

En cuanto a las precipitaciones, estas vienen representadas en las siguientes figuras.

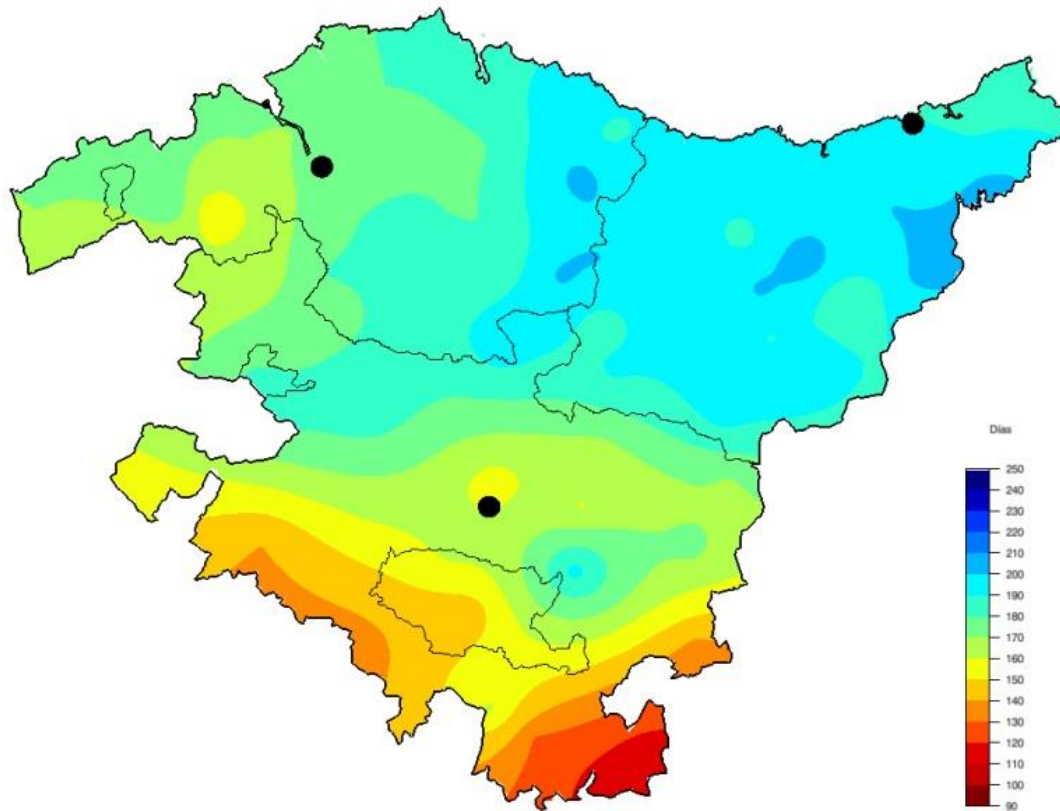


Figura 8 - Días de precipitación al año

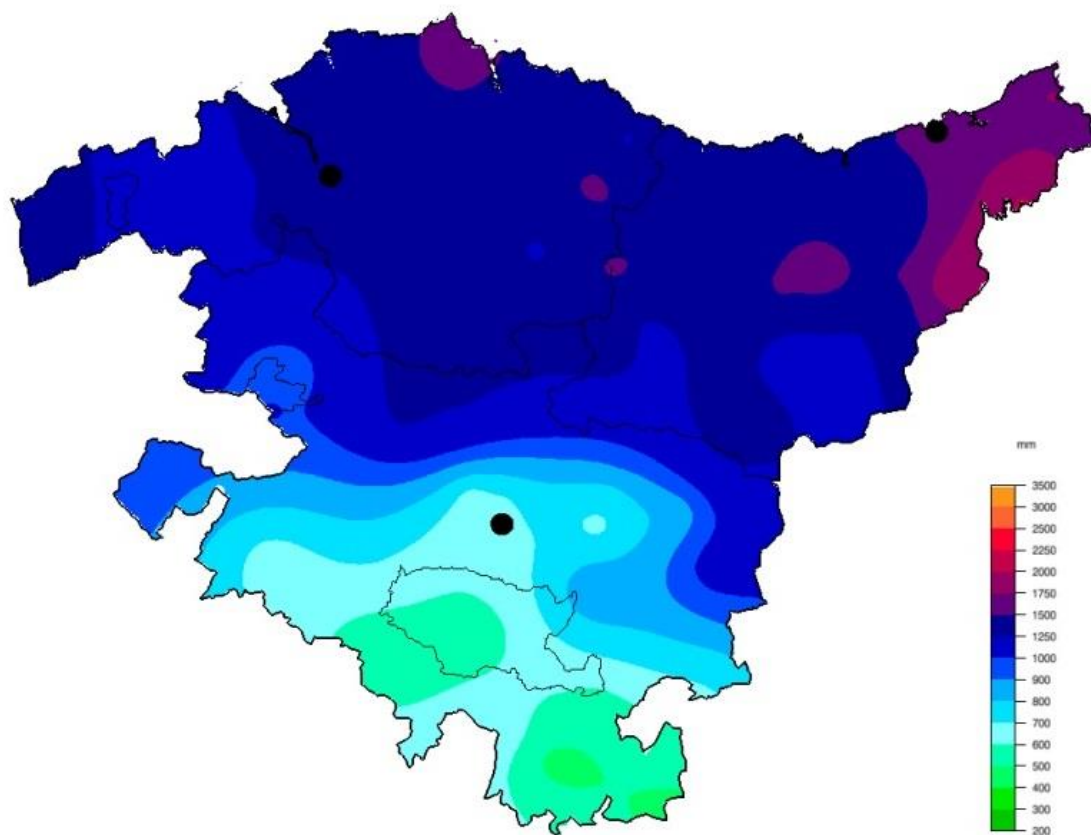


Figura 9 - Precipitación acumulada en un año (mm)



Como se observa, el municipio de Barakaldo se encuentra en una región con muchos días de precipitación al año. A pesar de que hay un gran número de días de precipitaciones al año, estas son en su mayoría de baja intensidad (sirimiri).

La nieve es fenómeno que apenas se da en la zona de estudio debido a la cercanía de esta al mar.

3.3.2 Hidrología y drenaje

Para la determinación de las características hidrológicas y el dimensionamiento de las obras de drenaje se ha utilizado la “instrucción 5.2 IC Drenaje Superficial” publicada por el Ministerio de Fomento.

En el apartado se tratará de definir las características hidrológicas de la zona y el dimensionamiento de las obras de drenaje necesarias para la evacuación y encauzamiento de las aguas que precipiten sobre la pasarela.

Para el cálculo de los elementos de drenaje se ha utilizado el método hidrometeorológico, el cual calcula los distintos caudales en base a la fórmula que se presenta a continuación. El detalle de los cálculos realizados se presentará en el anejo que corresponde.

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I}{K}$$

Siendo:

- C: el coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada.
- A: su área, salvo que tenga aportaciones o pérdidas importantes, en cuyo caso el cálculo del caudal se justificará debidamente.
- I: la intensidad media de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- K: un coeficiente que depende de las unidades en las que se expresen el caudal y el área.

Con todos los cálculos realizados se ha llegado a la conclusión de que es necesario colocar unos canales con una capacidad mínima de desagüe de $0,434 \text{ l/s}$ para el tablero y $0,748 \text{ l/s}$ para las rampas de acceso.

Los canales elegidos son de la marca ACO Iberia. Una composición de canal y reja protectora que es capaz de evacuar $1,5 \text{ l/s}$. Más que suficiente para cubrir el caudal de cálculo. En la siguiente tabla, extraída directamente del catálogo de ACO Iberia se muestran el resto de características del canal y la reja.

Conjuntos Canal + Reja - Conjuntos Canal + Grelha

Tipo	Clase Carga	Descrição	Long. Comp. cm	Ancho Largura cm	Altura i/1 cm	Und. Palet Unid. Paleta	Peso Kg	Cap. Hidra. L/s	Abs. Reja Abs. Grelha cm ² /m	Area Area cm ²	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	86,0	C0002008
XD100	B125	Canal 0.0 Reja Composite - Canal 0.0 Grelha Compósita	100	13,8	15,0	30	3,5	3,2	284,0	86,0	C0002006
XD100	C250	Canal 0.0 Reja Composite - Canal 0.0 Grelha Compósita	100	13,8	15,0	30	3,9	3,2	284,0	86,0	C0002007

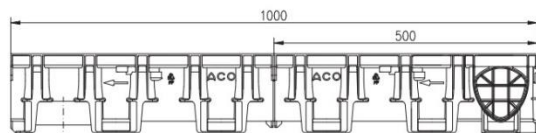
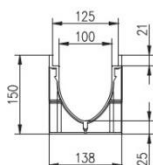


Figura 10 - Canal y Reja seleccionados (ACO Iberia)

Se colocará un canal a cada lado del tablero, el cual tendrá una pendiente de un 1% desaguando desde el centro del vano hacia los pilares. También existirán canales de desagüe al final de cada tramo de rampa.

Estos canales contarán con una bajante de 50mm de diámetro que canalizará el agua hasta la red de aguas pluviales más cercana.

3.4 MOVIMIENTO DE TIERRAS Y DEMOLICIONES

Para la preparación del terreno para la ejecución de la obra no será necesario llevar a cabo ningún tipo de demolición. Esto es debido a que la zona de construcción está libre de cualquier otro tipo de construcción previa. A pesar de que no será necesario demoler nada, sí que habrá que reubicar algunos paneles publicitarios que interfieren con el desarrollo de la estructura.

Los paneles publicitarios serán retirados con cuidado para evitar que sean dañados y se almacenarán en un lugar seguro hasta que la obra haya finalizado. Una vez se termine la obra, los tres paneles podrán colocarse de nuevo en la misma parcela pero en otra ubicación diferente. El resto de paneles podrán mantenerse en el mismo emplazamiento puesto que no interfieren con la obra ni se dejarán de ver una vez esta esté terminada.

En cuanto al mobiliario urbano, no será necesaria la modificación ni destrucción de ningún elemento presente en la zona de la obra. Las aceras podrán mantenerse y las farolas también.

En cuanto a la vegetación será necesario retirarla antes de comenzar con la obra. Se trata principalmente de hierbas y algún arbusto bajo que serán adecuadamente eliminados.



El movimiento de tierras que se debe realizar simplemente será para retirar la tierra vegetal y para la ejecución de las cimentaciones que se deben realizar. Puesto que el terreno es bastante llano y no será necesario aportar rellenos para nivelarlo. Es posible que parte del material que se ha extraído se utilice después de terminar la ejecución de la cimentación para nivelar el terreno por posibles desnivelaciones por el paso de la maquinaria con la finalidad de darle un aspecto estético correcto al entorno una vez finalizada la obra. El terreno retirado se refleja en la siguiente tabla.

Movimiento de tierras			
	Tierra vegetal	Ejecución zapatas	Acondicionamiento final
Excavación	10m ³	60m ³	0
Relleno	0	0	10m ³

Tabla 1 – Movimiento de tierras

El terreno retirado será destinado en su totalidad a un vertedero como préstamo para utilizarse en rellenos en otras obras.

3.5 ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO

Tanto el diseño como el cálculo de los elementos de la pasarela, así como el de los accesos, se han realizado en base a 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).
- Normativa de Accesibilidad del País Vasco del 2012.
- Normativa de Pasarelas Peatonales del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.
- Manual de aplicación de recomendaciones RPM-RPX/95.
- Recomendaciones para la realización de Pruebas de Carga de recepción en puentes de carretera.

Se pasará por tanto a definir el diseño geométrico de la pasarela y posteriormente el de los accesos a la misma.

3.5.1 DISEÑO DEL TABLERO DE LA PASARELA

Teniendo en cuenta las diferentes tipologías de puentes y los materiales con los que pueden ser realizados, finalmente se ha llegado a la conclusión de llevar a cabo la obra mediante una estructura de puente recto o puente viga de acero en forma de celosía Warren.

Las celosías Warren permiten cubrir distancias aceptables con la mínima cantidad posible de material además de ser estéticamente agradables a la vista.



Las características que han prevalecido sobre el resto de opciones han sido las siguientes:

- La luz a salvar entre apoyos es de 24 metros. Por lo que el acero colocado en forma de celosía es una opción de lo más acertada a la hora de cubrir grandes luces con el mínimo peso posible.
- Al tratarse de una estructura metálica y por lo tanto, liviana y de elementos delgados, su impacto visual será mínimo.
- En cuanto a rapidez y facilidad de montaje, el acero es sobresaliente. Permitiendo un montaje del tablero en los laterales de la obra evitando interrupciones del tráfico con una breve interrupción de la misma a la hora de su ensamblado final.

El tablero de la pasarela medirá 24 metros y tendrá una anchura de 2,5 metros para asegurar el paso de varios peatones en paralelo. La celosía que forma la estructura del tablero será de tipo Warren. La celosía tipo Warren cuenta con un cordón superior y otro inferior que están unidos entre ellos con barras diagonales. Las celosías Warren pueden llevar montantes verticales para aumentar la rigidez, pero en este caso no serán necesarios.

Los diferentes perfiles de barras que se utilizarán vienen reflejados en la siguiente tabla, pero para una mejor comprensión de su disposición se recomienda visualizar los planos adjuntos a este proyecto.

Pilares tablero	HEB 240
Viga atado pilares tablero	HEB 160
Cordón superior	HEB 120
Cordón inferior	HEB 160
Barras diagonales celosía Warren	HEB 100
Montante vertical	HEB 120
Barras transversales	IPE 100

Tabla 2 - Perfiles empleados en tablero

Se ha optado por perfiles tipo HEB frente a otros porque su comportamiento es bueno en los dos planos de flexión.

Las celosías laterales irán unidas entre ellas mediante perfiles IPE 100 para contribuir a que ambas celosías trabajen en conjunto. En este caso si se ha optado por perfiles tipo IPE debido a que solo soportarán acciones de flexión en uno de sus planos y este tipo de perfiles se comportan bien en uno de sus planos y están aligerados en el otro.

Los pilares que soportarán el tablero, cuatro a cada lado, están arriostrados entre ellos con el fin de evitar el pandeo y asegurar la rigidez de los apoyos sobre los que estará colocado el tablero.

En cuanto a la rigidez de la estructura final, esta se verá aumentada debido a la colaboración del pavimento de madera.

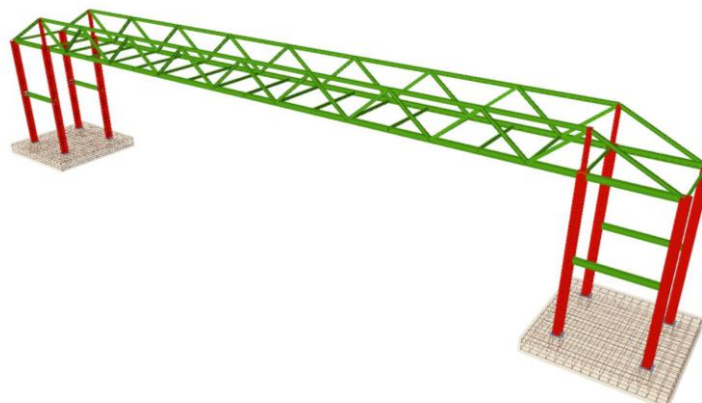


Figura 12 – Diseño estructura tablero

3.5.2 CIMENTACIÓN DEL TABLERO

La cimentación principal estará compuesta por una zapata cuadrada a cada lado de la carretera y cada una de ellas recibirá los cuatro pilares que soportan la estructura mediante una unión empotrada. Las zapatas serán iguales y contarán con las siguientes características:

Dimensiones en planta	415 x 415 cm
Canto	50 cm
Resistencia del hormigón	25 MPa
Armado superior (en X e Y)	12Ø 17c/20
Armado inferior (en X e Y)	20Ø 24c/17

Tabla 3 - Zapatas principales

Las zapatas, tanto de la pasarela como de los accesos, se encuentran detalladas en el anejo de bases de cálculo y en los planos.

3.5.3 DISEÑO DE LOS ACCESOS

Para acceder al tablero de la pasarela se ha seleccionado una combinación de rampas y escalera en uno de los lados (Este). Esto es debido a que la función de las escaleras es simplemente acortar el trayecto que es necesario para subir o bajar. De la forma que se han dispuesto las rampas, el camino necesario para subir a la pasarela por el lado oeste será el mismo que el que se tomaría mediante escaleras, es decir, se han eliminado las molestas idas y venidas que suelen tener las rampas, haciendo innecesaria la colocación de escaleras en el lado oeste. No obstante, dado que en lado Este de la carretera no hay tanto espacio, las rampas se han colocado en zigzag y se ha añadido una escalera para acortar el trayecto.



Esto se ha podido realizar porque el itinerario siempre será el mismo (Aparcabisa-Megapark), por lo que se han podido orientar las rampas en la dirección de dicho itinerario.

El ascensor no se ha considerado esencial puesto que, al ser una pasarela que no está situada en una zona residencial y es simplemente para acceder al polígono, las personas con movilidad reducida que deseen cruzar la pasarela serán mínimas. Además, para los eventuales casos en los que una persona de movilidad reducida o que porte un carro cruce la pasarela, será suficiente con las rampas construidas.

Las rampas de itinerarios peatonales deberán, según la normativa, cumplir las siguientes características:

- Anchura mínima: 2 metros
- Longitud máxima de rampa sin rellanos: 10 metros
- Pendiente máxima longitudinal: 8%
- Pendiente máxima transversal: 1,5%
- Tamaño mínimo de los rellanos: 2 metros
- Pavimento antideslizante
- Pasamanos en ambos lados

La rampa del presente proyecto se ha elaborado de acuerdo a la normativa y contará con las siguientes características:

- Anchura: 2,5 metros
- Longitud entre rellanos: 10 metros
- Pendiente longitudinal: 8%
- Pendiente transversal: 0,5%
- Rellanos: cuadrados de 2,5 metros de lado
- Pavimento antideslizante
- Pasamanos en ambos lados

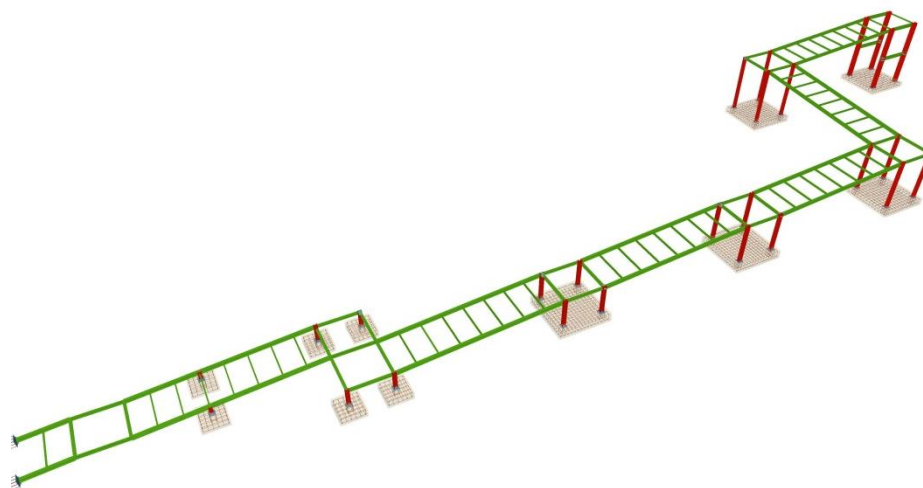


Figura 13 – Diseño rampa Oeste



Las escaleras cuentan con la siguiente normativa:

- Las escaleras serán de directriz recta, permitiéndose las de abanico cuando la huella no sea inferior a 35 cm, en ningún punto.
- La anchura libre mínima será de 2,00 m.
- Todas las escaleras se dotarán de doble pasamanos a ambos lados. Cuando la anchura de la escalera supere los 2,50 m. se dispondrán, además, pasamanos intermedios. Se prolongarán los pasamanos laterales en todo el recorrido posible.
- La huella se construirá en material antideslizante, sin resaltes sobre la contrahuella y tendrá una dimensión mínima de 35 cm.
- La contrahuella tendrá una dimensión máxima de 15 cm.
- El número de peldaños por tramo será como mínimo de 3 y como máximo de 12. Los peldaños no podrán solaparse.
- Para evitar la permanencia de agua en peldaños y rellanos de las escaleras, la pendiente será como máximo 1,5%.
- En los bordes de los escalones se colocarán unas pequeñas bandas, antideslizantes, tanto en seco como en mojado. Estas serán de anchura entre 5 y 10 cm., de textura y coloración diferentes y bien contrastadas con el resto del pavimento del escalón.

Las escaleras cuentan con las siguientes características:

- Directriz recta y anchura de 2,5 metros
- Tramos de 12 peldaños de 35 cm de huella y 14 cm de contrahuella.
- Pendiente de 1% para evitar charcos
- Huella de material antideslizante con bandas antideslizantes de 5 cm de ancho.

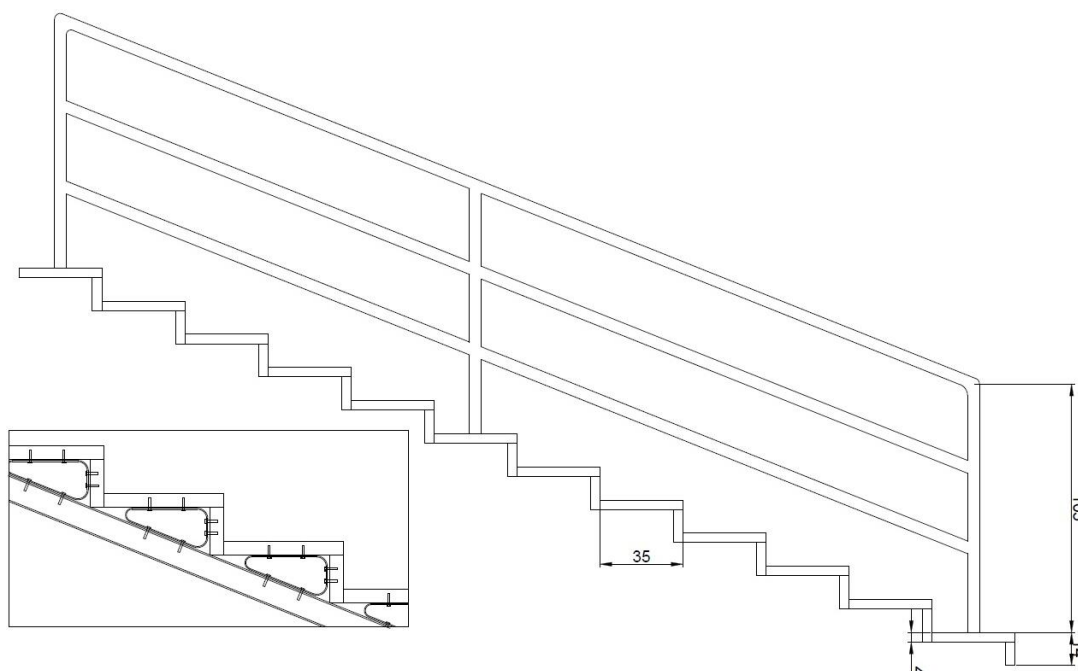


Figura14 – Dimensiones de las escaleras (cm)

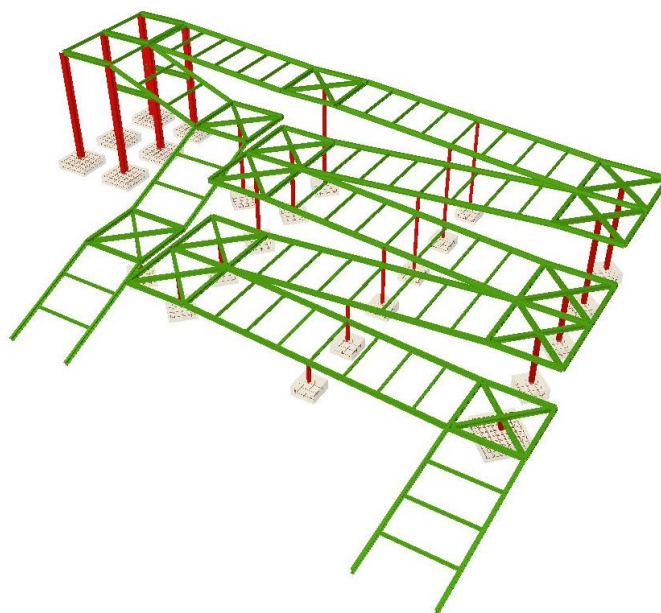


Figura 14 – Diseño rampa y escaleras Este

3.5.4 PASAMANOS

Los pasamanos, tanto del tablero como de la rampa serán dobles. El primero de ellos, el superior, se encuentra a una altura de 1,05 metros sobre el pavimento y tendrá un diámetro de 5cm. Será de acero inoxidable.

La segunda barandilla estará destinada a niños y a personas de movilidad reducida y se colocará a una altura de 70 cm sobre la superficie del pavimento. Esta barandilla se tratará de un cilindro metálico de cinco centímetros de diámetro que estará unido a los montantes verticales de la barandilla.

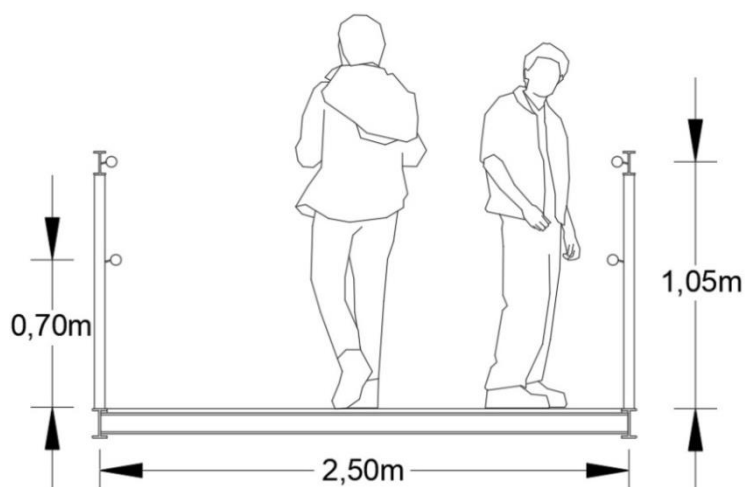


Figura 12 – Sección rampas con pasamanos



3.5.5 ESTRUCTURA FINAL DE LOS ACCESOS

3.5.5.1 Perfiles utilizados

Para el acceso por el este, se han empleado los siguientes perfiles

	TIPO DE PERFIL	UNIDADES	LONGITUD (metros)	
PILARES Rellanos	2xUPE 160 cajón	12 total		
		En rampa	1	4,46
			2	3,66
			2	2,86
			2	2,06
			2	1,26
			1	0,46
		En escalera	1	3,33
			1	1,66
		PILARES centros vanos	HEB 100	6 total
2	4,06			
2	3,26			
2	1,66			
	TIPO DE PERFIL	UNIDADES	LONGITUD (metros)	
VIGA rampa longitudinal	IPE 200	14 total		
		10	10	
		2	6,7	
		2	8,8	
VIGA rampa transversal	IPE 120	43	2,5	
VIGAS Rellano	2xUPE 160 cajón	68 total		
		8	5	
		24	2,5	
		12	3,53	
		24	1,77	
VIGAS escalera long.	IPE 180	6	4,5	

Tabla4 – Perfiles utilizados en rampa este

Debido a la complicidad de la estructura de la rampa este, se ha optado por utilizar perfiles tipo UPE dobles colocados en forma de cajón por su facilidad de montaje. Además, la resistencia de estos perfiles tanto a compresión como a flexión en ambos planos es aceptable para la situación de trabajo en la que se encontrará.



Para el resto de la estructura se ha optado por perfiles HEB en las partes en las que se necesitaba una buena resistencia a flexión en los dos planos y perfiles IPE en las situaciones en las que solo deban soportar flexión en uno de sus planos.

Por otra parte, en la rampa oeste se ha optado por utilizar los siguientes perfiles:

	TIPO DE PERFIL	UNIDADES	LONGITUD (metros)
PILARES	HEB 200	22 total	
		4	4,2
		4	3,4
		4	2,6
		4	1,8
		4	1
		2	0,5
VIGA rellanos	HEB 140	25 total	
		23	2,5
		2	5
VIGA rampa	HEB 180	14 total	
		12	10
		2	2,5
ARRIOSTRAMIENTO	IPE 120	43 total	2,5

Tabla 5 – Perfiles utilizados en rampa oeste

Esta estructura es la más simple de todo el conjunto que forma la pasarela. Se ha optado por utilizar perfiles HEB en las partes en las que se necesitaba una buena resistencia a flexión en los dos planos y perfiles IPE en las situaciones en las que solo deban soportar flexión en uno de sus planos.

En el documento adjunto de planos se detalla con mayor precisión las disposiciones de los perfiles. En el anejo de bases de cálculo se detalla también las cargas a las que están sometidos los perfiles y su comportamiento ante las mismas.



3.5.5.2 Cimentaciones

Las cimentaciones del acceso oeste son las siguientes:

- Cimentaciones tipo 1:

Dimensiones en planta	145 x 145 cm
Canto	50 cm
Resistencia del hormigón	25 MPa
Armado superior (en X e Y)	6Ø 12c/25
Armado inferior (en X e Y)	6Ø 12c/25

Tabla 7 – Cimentaciones tipo uno rampa oeste

- Cimentaciones tipo 2:

Dimensiones en planta	335 x 335 cm
Canto	50 cm
Resistencia del hormigón	25 MPa
Armado superior (en X e Y)	15Ø 12c/22
Armado inferior (en X e Y)	15Ø 14c/22

Tabla 8 – Cimentaciones tipo dos rampa oeste

Las cimentaciones de la rampa este son:

- Cimentaciones tipo 1 (cuatro unidades):

Dimensiones en planta	145 x 145 cm
Canto	40 cm
Resistencia del hormigón	25 MPa
Armado superior (en X e Y)	5Ø 12c/30
Armado inferior (en X e Y)	5Ø 12c/30

Tabla 9 – Cimentaciones tipo uno rampa este

- Cimentaciones tipo 2 (siete unidades):

Dimensiones en planta	105 x 105 cm
Canto	40 cm
Resistencia del hormigón	25 MPa
Armado superior (en X e Y)	3Ø 12c/30
Armado inferior (en X e Y)	3Ø 12c/30

Tabla 10 – Cimentaciones tipo dos rampa este



- Cimentaciones tipo 3 (seis unidades):

Dimensiones en planta	90 x 90 cm
Canto	45 cm
Resistencia del hormigón	25 MPa
Armado superior (en X e Y)	3Ø 12c/30
Armado inferior (en X e Y)	3Ø 12c/30

Tabla 11 – Cimentaciones tipo tres rampa este

- Cimentaciones tipo 4 (cinco unidades):

Dimensiones en planta	95 x 95 cm
Canto	45 cm
Resistencia del hormigón	25 MPa
Armado superior (en X e Y)	3Ø 12c/27
Armado inferior (en X e Y)	3Ø 14c/27

Tabla 12 – Cimentaciones tipo cuatro rampa este

La disposición de las cimentaciones, así como los cálculos pertinentes y sus detalles se encuentran en el anejo de bases de cálculo y en los planos.

3.6 GESTIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo con el Decreto 112/2012 del boletín oficial del País Vasco, los residuos generados durante las tareas realizadas en las obras serán debidamente gestionados.

Se ha detallado las pautas a seguir para cada tipo de residuo en el anejo correspondiente. Además, se ha realizado una estimación de las cantidades de residuos generados y de costes de gestión que han sido incluidas tanto en el anejo como en el documento del presupuesto general del proyecto.

La gestión de residuos se llevará a cabo durante la totalidad de la duración de la obra. Y esta incluye la prevención de generación de residuos, la clasificación de los residuos, su almacenamiento y su gestión y transporte.



3.7 SERVICIOS AFECTADOS

Los servicios que se verán afectados por las obras son los siguientes:

- Red de aguas pluviales:
Será necesario una pequeña modificación para realizar el acople de la bajante que recoge el agua pluvial de la pasarela a la red municipal.
- Red de carreteras:
La red de carreteras no se verá afectada hasta el momento en que se coloque el tablero sobre los apoyos. En ese periodo se deberá se deberá cortar la carretera BI-644. Se procurará realizar ese trabajo durante las otras nocturnas procurando que las molestias a los conductores sean mínimas.
- Servicio de carteles publicitarios:
En la zona de la obra existe un servicio de carteles publicitarios que deberán reubicarse dentro de la misma parcela. Los carteles que interfieren con la pasarela son tres concretamente.

3.8 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad en obras abarca desde la recepción de productos hasta la obra ejecutada, pasando por la ejecución de la misma.

Este control tiene por objeto el asegurar la confianza adecuada a las estructuras, componentes e instalaciones que se lleven a cabo. El cumplimiento de este control viene establecido por el Real Decreto 314/2006 del 17 de marzo.

El control de calidad del presente proyecto se desarrolla con mayor extensión en el correspondiente anejo.

El director de ejecución de obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que se ha realizado de acuerdo con lo establecido por el proyecto, y modificándolo si fuese necesario.

Los materiales que pasarán por el control de calidad serán los siguientes:

- Hormigón armado
- Cemento
- Acero estructural
- Red de drenaje
- Acabados: Pavimento, barandillas...

También se realizará un control del comportamiento de los elementos constructivos que integran la estructura frente al fuego.



3.9 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 cuanto al Impacto Social, es cierto que el proyecto afectará a la vida de los vecinos de la zona ya que notarán una mejora en la conexión entre zonas que actualmente se encuentran incomunicadas

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.

3.10 PLAN DE OBRA

En el anejo de plan de obra se ha realizado un estudio del tiempo estimado de duración de la obra. La finalidad de este anejo es la de definir las diferentes actividades que se realizarán en la obra y calcular su tiempo de duración, así como su orden cronológico dentro de la sucesión de actividades.

El objetivo de esto es, mediante la optimización de tiempos reducir los días de trabajo necesarios para la finalización de la obra.

Primeramente habrá que preparar la zona de la obra, después realizar la estructura del tablero, después ambos accesos simultáneamente y por último los acabados y la limpieza de la zona de obra.

Se ha estimado que la duración de la obra será de unas cinco semanas.

En el anejo de mismo nombre se presenta con mayor detalle las diferentes actividades y su orden cronológico con un diagrama de Gantt adjunto al anejo.

3.11 DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

Las obras definidas en el Proyecto cumplen los requisitos exigidos en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de contratos del sector público, 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.



Se manifiesta que el presente Proyecto comprende una obra completa en el sentido exigido por 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.

La declaración de obra completa se presenta en el anejo de mismo nombre. Establece que el presente proyecto constituye en su totalidad una obra completa y así queda establecido por medio del conjunto de actuaciones descritas en él.

3.12 PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

Presupuesto de ejecución material	211.180,18 €
Presupuesto base de licitación	251.304,41 €
Presupuesto para conocimiento de la administración	304.078,34 €

Tabla 13 – Presupuesto para conocimiento de la Administración

El Presupuesto para conocimiento de la Administración asciende a la cantidad de TRESCIENTOS CUATRO MIL SETENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y CUATRO CENTIMOS.



4 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El estudio de seguridad y salud o el estudio básico de seguridad y salud será de obligatorio según el Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de construcción.

El Real Decreto mencionado anteriormente dictamina que será necesaria la elaboración de un estudio de seguridad y salud en los siguientes casos:

- Cuando el presupuesto de ejecución por contrata supere los 450.759,08€.
- Que la duración estimada de la obra sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores a la vez.
- Que el volumen de mano de obra sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En caso de que no se cumpla ninguno de los casos anteriores, bastará con realizar un estudio básico de seguridad y salud.

Debido a que el presente proyecto se encuentra dentro de alguno de los casos mencionados se ha realizado el estudio completo de seguridad y salud. En él, se reflejan todos los riesgos laborales que se pueden producir en cada uno de los trabajos, así como las medidas a llevar a cabo para evitar dichos riesgos.

El presupuesto de ejecución material del capítulo de seguridad y salud asciende a la cantidad de 11.113,33 €. Que es un 5% del coste total de la obra. En el documento nº 5 del presente proyecto se detalla el estudio básico de seguridad y salud.



5 CONTRATACIÓN DE LAS OBRAS

5.1 SISTEMA DE ADJUDICACIÓN DE LA OBRA

De acuerdo con la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas se recomienda la adjudicación mediante concurso público del Contrato de “Proyecto de construcción de pasarela peatonal sobre la BI-644 entre el polígono industrial aparcabisa y el Megapark. Término municipal de Barakaldo (Bizkaia)”.

5.2 REVISIÓN DE PRECIOS

Para la revisión de precios se seguirá lo especificado es el Reglamento de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, Real Decreto 1359/2011, de 7 de octubre.

En el presente proyecto se proponen dos fórmulas diferentes para la revisión de precios de las distintas actuaciones previstas:

- Obras metálicas:

$$K_t = 0,28 \frac{H_t}{H_o} + 0,11 \frac{E_t}{E_o} + 0,07 \frac{C_t}{C_o} + 0,39 \frac{S_t}{S_o} + 0,15$$

- Obras de fábrica. Obras de hormigón armado

$$K_t = 0,34 \frac{H_t}{H_o} + 0,18 \frac{E_t}{E_o} + 0,18 \frac{C_t}{C_o} + 0,13 \frac{S_t}{S_o} + 0,02 \frac{M_t}{M_o} + 0,15$$

5.3 PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de las obras proyectadas será de aproximadamente 5 semanas, de acuerdo con el Plan de Obra que se ha realizado, a partir de una secuencia lógica de las diferentes actividades que se realizarán dentro de la obra.

5.4 PERIODO DE GARANTÍA

El periodo de garantía de la obra es de dos años, contando a partir de la fecha del Acta de recepción de la misma.



6 PRESUPUESTO

El presupuesto de ejecución por contrata del presente proyecto es el siguiente:

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	211.180,18 €
13,00% Gastos generales	27.453,42 €
6,00% Beneficio industrial	12.670,81 €
Suma	251.304,41 €
21% IVA	52.773,93 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	304.078,34 €

El Presupuesto de Ejecución por Contrata asciende a la cantidad de TRESCIENTOS CUATRO MIL SETENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y CUATRO CENTIMOS.



7 NORMATIVA APLICADA Y BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA

7.1 BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Larrauri Gil, Marcos “Fundamentos sobre sistemas y elementos estructurales en edificación”
- Larrauri Gil, Marcos “Elementos y tecnologías constructivas en cimentaciones y estructuras de contención para edificación”
- Larraz Duerto, Carlos “Oficina Técnica y Proyectos”
- Ensidesa “Recomendaciones para el proyecto de puentes de acero”
- Apuntes de la carrera:
 - Teoría de estructuras, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas, Bilbao 2014.
 - Tecnología de estructuras , Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas, Bilbao 2015
 - Tecnología de estructuras 2, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas, Bilbao 2015
 - Edificación, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica de Minas y Obras Públicas, Bilbao 2016

7.2 PAGINAS WEB CONSULTADAS

- Barakaldo.org - Noticias
 - <http://www.barakaldo.org/portal/web/barakaldo/>
 - Consulta: 10/01/2018
- Polígono aparcabisa – información
 - <http://www.aparkabisa.com/guia.html>
 - Consulta: 13/01/2018
- Información general sobre Bizkaia
 - <http://web.bizkaia.eus/es/inicio>
 - Consulta: 21/02/2018
- Diputación foral de Bizkaia – Cartografía y ortofotos – Aplicación GRIT
 - http://apps.bizkaia.net/GRIT/ml_GRIT_Marcos.jsp?IDIOMA=C
 - Consulta: 17/01/2018
- Agencia Vasca de Meteorología – Euskalmet
 - <http://www.euskalmet.euskadi.eus/s07-5853x/es/meteorologia/home.apl?e=5>



- Consulta: 25/02/2018

- Instituto Geográfico Nacional de España
 - <http://www.ign.es/web/ign/portal>
 - Consulta: 08/03/2018

- Euskadiprecios – Presupuestos
 - <http://www.euskadieuprecios.com/>
 - Consulta: 15/05/2018

- Boletín oficial del estado
 - <https://www.boe.es/>
 - Consulta: 20/05/2018

- Noticias jurídicas – Comprobación vigencia de leyes
 - http://noticias.juridicas.com/base_datos/
 - Consulta: 20/05/2018

- Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales
 - <http://www.osalan.euskadi.eus/inicio/>
 - Consulta: 18/05/2018

- ACO Iberia – Instalaciones de saneamiento
 - <https://www.aco.es/es>
 - Consulta: 21/04/2018

7.3 **NORMATIVA APICADA**

- GUIA DE APLICACIÓN DE LA NORMATIVA TÉCNICA VIGENTE EN MATERIA DE ACCESIBILIDAD EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAIS VASCO (Julio 2012)

- DOCUMENTO BÁSICO HS – SALUBRIDAD (Código Técnico de la Edificación)

- DECRETO 112/2012 EN MATERIA DE GESTION DE RESIDUOS Y DEMOLICIONES (Boletín Oficial del País Vasco)

- 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 Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre.



- INSTRUCCIÓN 5.2. IC DRENAJE SUPERFICIAL.
- 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.
- CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.
- NORMA UNE-EN ISO 9001, y el sistema de gestión medioambiental cuenta con la certificación ISO 14001.
- ESTUDUO 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.

7.4 SOFTWARES UTILIZADOS

Los softwares que se han utilizado para realizar el proyecto han sido:

- Microsoft Word 2010
- Microsoft Excel 2010
- AutoCAD 2017
- Cype 2017
- Presto 13.04

7.5 EMPRESAS Y ORGANISMOS CONSULTADOS

- EXCELENTÍSIMO AYUNTAMIENTO DE BARAKALDO



8 CONCLUSIÓN

Mediante lo expuesto en la memoria, en colaboración con lo descrito en los anejos y el resto de documentos que integran el proyecto, se considera que el proyecto está suficientemente justificado y preparado para su realización.

Bilbao, Mayo de 2018

POR EL AUTOR

Firmado: Álvaro Niño Peredo

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°1

DOSSIER FOTOGRÁFICO



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	42
2	DOSSIER FOTOGRÁFICO	42
2.1	UBICACIÓN DE LA OBRA.....	42
2.2	ZONA DE OBRA.....	44
2.3	PEATONES CRUZANDO LA CARRETERA	46



1 INTRODUCCIÓN

En todo proyecto que se realice es conveniente la realización de un reportaje fotográfico de la zona afectada, para dar una idea general de las características físicas de esta y de la situación actualizada de la zona en la que se realizará el proyecto.

Mediante las fotografías siguientes tomadas “in situ” se pretende ofrecer una mejor visión del estado actual del lugar donde se realizará la construcción de la pasarela peatonal y de las zonas ajardinadas.

2 DOSSIER FOTOGRÁFICO

2.1 UBICACIÓN DE LA OBRA

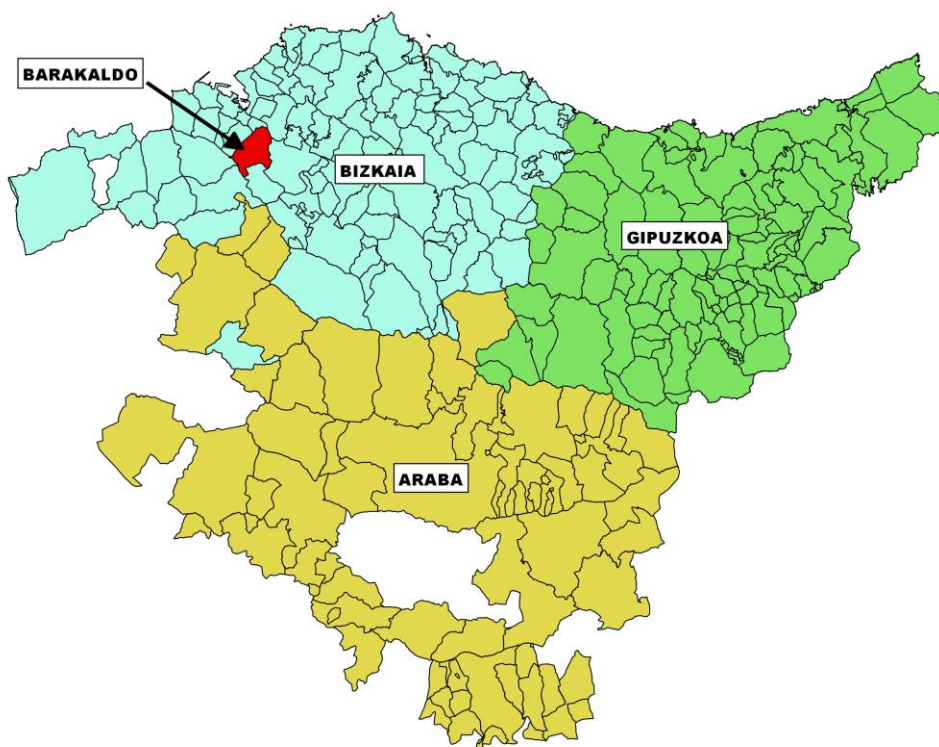


Figura 1.1. – Ubicación Barakaldo dentro de la CAPV

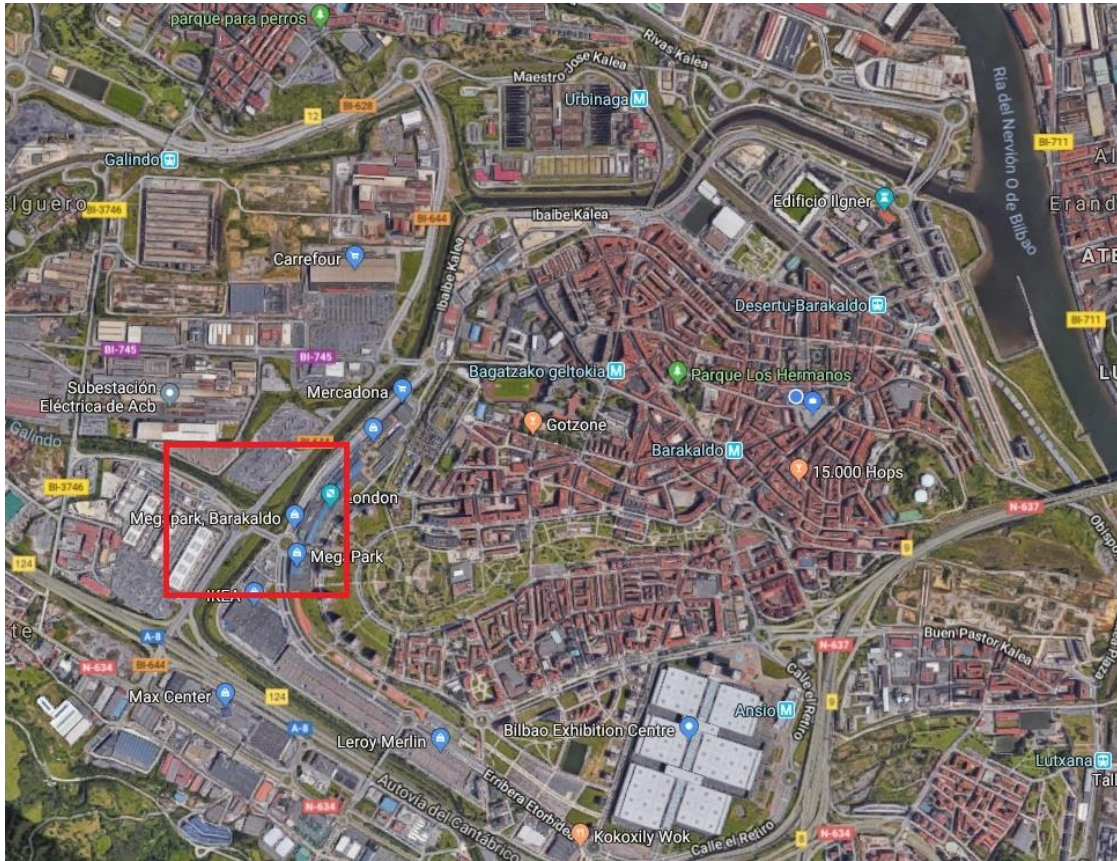


Figura 1.2. – Ubicación obra dentro de Barakaldo



Figura 1.3. – Croquis pasarela sobre la BI-644

2.2 ZONA DE OBRA



Figura 1.4. – Zona pasarela, al fondo las vallas publicitarias a retirar



Figura 1.5. – Zona de pasarela



Figura 1.6. – Carretera BI-644



Figura 1.7. – Zona rampas y escalera Este

2.3 PEATONES CRUZANDO LA CARRETERA



Figura 1.8. – Peatón cruzando la BI-644



Figura 1.9. – Peatón cruzando la BI-644

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°2

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	49
2	GEOLOGÍA	49
2.1	ENCUADRE GEOLÓGICO	49
2.2	ESTRATIGRAFÍA	51
2.3	HIDROGEOLOGÍA	51
3	SISMICIDAD	51
3.1	INTRODUCCIÓN	51
3.2	CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES	52
3.3	SISMICIDAD EN LA ZONA DE PROYECTO	52
3.4	CALCULO DE RIESGO SÍSMICO	53
4	GEOTÉCNIA.....	54
4.1	TRABAJOS REALIZADOS	54
4.2	AGRESIVIDAD	54
4.3	NIVEL FREÁTICO	54
4.4	EXCAVABILIDAD	54
5	CONCLUSIÓN	55



1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo muestra el estudio geológico y geotécnico del proyecto que se va a realizar.

Su objetivo es la definición del carácter geológico del suelo sobre el que se asentarán los cimientos de la obra y una vez conocidas sus características, determinar la tipología de cimentación que se empleará y la definición de un tratamiento de dicho suelo si fuera necesario.

En el anejo se hará referencia al marco geológico de toda la Comunidad Autónoma Vasca, posteriormente del municipio de Barakaldo y por último se centrará en el área afectada por la obra.

2 GEOLOGÍA

2.1 ENCUADRE GEOLÓGICO

El municipio de Barakaldo, así como toda la Comunidad Autónoma Vasca, está situado dentro de la llamada Cuenca Vasco-Cantábrica. Esta cuenca se caracteriza por ser sedimentaria marina de grandes dimensiones que fue generada a finales del Jurásico sobre una corteza continental hercínica. Esta cuenca se rellenó de materiales sedimentarios detríticos del cretácico y posteriormente, pero en menor medida, del Terciario.

Bilbao y sus alrededores están comprendidos en una región montañosa, aunque no es de gran altura, si tiene un relieve accidentado. El clima es húmedo con bastantes precipitaciones a lo largo de todo el año. En cuanto a la composición del suelo, los materiales predominantes son las areniscas, las margas y las calizas. Sin embargo en las riberas de los ríos los materiales que se encuentran en los suelos son aluviones.

Barakaldo es una localidad que se encuentra dentro de la denominada Unidad de Oiz. Esto se traduce en que el subsuelo de Barakaldo está conformado por un basamento del Cretácico Medio (Albiense Inferior) que se encuentra plegado formando una estructura sinclinal, donde los materiales jóvenes se encuentran en la parte central de la estructura y los modernos en los extremos de esta.

En Barakaldo predominan dos tipos de suelo. El primero de ellos, y que se encuentra en la zona céntrica de Barakaldo, es un complejo urgoniano del cretácico inferior albiense constituido en su mayoría por margas. El otro suelo predominante en Barakaldo es el de Aluviones, que es el suelo típico de riberas de los ríos.



Figura 2.1. – Mapa geológico de Barakaldo (Instituto geológico de España)

LEYENDA

CUATERNARIO				QA1	QA1	Aluviones
TERCIARIO	PALEOGENO	EOCENO	LUTECIENSE	T_2^{Ab}	T_2^{Ab}	Areniscas y arenas
			YPRESIENSE	$T_{11,2}^{Aa}$	$T_{11,2}^{Aa}$	Microconglomerados, areniscas, margas, arenas, margas rojas y calizas litográficas
	PALEOC.	DANIENSE	C_{25-26}		Margas, calizas y areniscas	
		SUPERIOR	MAESTRICHTIEN.	C_{26}	C_{25-26}	Margas y calizas
	CAMPANIENSE		C_{25}	C_{23-24}	Margas y calizas	
	SANTONIENSE		C_{23-24}	C_{22}	Margas y calizas	
	CONIACIENSE			C_{23}	Margas	
	TURONIENSE		C_{22}	$C_{16,21}$	Areniscas	
	CENOMANIENSE		C_{21}	C_{18}^+	Margas y areniscas	
	INFERIOR	ALBIENSE	$C_{16,21}$	C_{16}^m	Margas y calizas de espículas	
C_{16}^m			C_{10}	Margas		
C_{16}			C_{10}^2	Margas y areniscas		
APTIENSE		GARGAS.	C_{15}^2	e^4	Diques de diabasas	
		BEDOUL.	C_{15}^1	q^4	Filones de cuarzo	
BARREMIEN.		EN F.W.	C_{W14}	C_{15}	Calizas	
HAUTERIVIEN.	$C_{W13,14}$		C_{W14}	Areniscas, margas y areniscas calcáreas		
			C_{W12-14}	Margas y areniscas		

Figura 2.2. - Leyenda del mapa geológico de Barakaldo



2.2 ESTRATIGRAFÍA

Centrándose en la zona de estudio, se pueden observar dos estratos superficiales bien diferenciados en el municipio de Barakaldo. El primero pertenece al Cretácico Inferior y se trata principalmente de margas, Calizas y Lutitas. El otro suelo es el que se encuentra en el emplazamiento de la obra y es el de Aluviones del Cuaternario y rellenos de origen antropogénico.

- Depósitos aluviales: Son depósitos de materiales de diferente granulometría procedentes de la sedimentación. Normalmente se trata de arcillas y limos en la parte superior del estrato y gravas redondeadas y arenas en la parte inferior del estrato. Es típico de las riveras de los ríos y de los estuarios y marismas.
- Rellenos antropogénicos: Son vertidos de origen antropogénico provenientes de movimientos de tierra procedentes de obras, escombros... Los materiales que lo componen son heterogéneos en cuanto a origen y tamaño.

2.3 HIDROGEOLOGÍA

Barakaldo está formado principalmente por terrenos con poca porosidad, lo que contribuye a que sea una zona con baja permeabilidad. Esto provoca que la mayor parte de las precipitaciones se transformen en aguas de escorrentía y apenas se produzcan depósitos de agua bajo la superficie.

Debido a la falta de características típicas de los terrenos con acuíferos, se consideran escasas las posibilidades de que en la región que se trata en el presente proyecto pueda obtenerse una captación de caudales importantes de agua subterránea. En el caso concreto de los aluviones que se presentan en la zona de estudio se descarta completamente la posibilidad de que se pueda encontrar acuíferos por la razón mencionada anteriormente.

3 SISMICIDAD

3.1 INTRODUCCIÓN

En el apartado siguiente se evaluará los posibles efectos adversos que los movimientos sísmicos puedan ocasionar en la obra civil que se va a ejecutar.

Los terremotos son una manifestación de la actividad sísmica de la Tierra. La Tierra se encuentra en un constante cambio y dichos cambios a veces pueden producir una onda que se transmite a lo largo de la Tierra. Las ondas provocan movimientos en el suelo muy amplios y bruscos que pueden llegar a ser catastróficos para las estructuras que se encuentren sobre dicho terreno. Por esto es que, con el fin de mantener la seguridad de las personas, la



norma obliga al cálculo de las estructuras frente a estas posibles fuerzas accidentales de la naturaleza.

La norma que se ha aplicado en este apartado es la “Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02)”. Dicha norma contempla cómo afecta la actividad sísmica a una obra dependiendo del lugar en el que se encuentre dentro del territorio español.

3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS CONSTRUCCIONES

La norma clasifica las construcciones en función de los daños que puedan ocasionar en los siguientes grupos:

- Construcciones de importancia moderada. Son aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.
- Construcciones de importancia normal. Aquellas 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.
- Construcciones de importancia especial. Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideran en el planteamiento urbanístico y documentos públicos análogos, así como en reglamentaciones más específicas. Hoteles, edificios de comunicación, etc.

La pasarela del presente proyecto se considerará una construcción de importancia normal.

3.3 SISMICIDAD EN LA ZONA DE PROYECTO

La zona de proyecto se encuentra dentro de la denominada zona del Arco Vasco. Esta zona, que cubre el Norte de la Comunidad Autónoma, presenta una notable complejidad tectónica, con profusión de fallas y pliegues de todas las escalas, pero su actividad sísmica es muy escasa. Las intensidades definidas para esta zona oscilan entre II y VI, creciendo la intensidad hacia el Este. Gran parte de la actividad sísmica de esta zona tiene lugar en relación con la falla de Bilbao, banda de deformación alargada siguiendo las direcciones tectónicas regionales (NW-SE), que se extiende desde prácticamente Punta Lucero (Bizkaia) hasta las proximidades de Leintz Gatzaga (Gipuzkoa) y que corresponde al límite entre los dominios del Arco Vasco y de la Plataforma Alavesa.

3.4 CALCULO DE RIESGO SÍSMICO

Según la norma NCSE-02, la peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica. Dicho mapa expresa el valor de la aceleración sísmica básica y el coeficiente de contribución k.

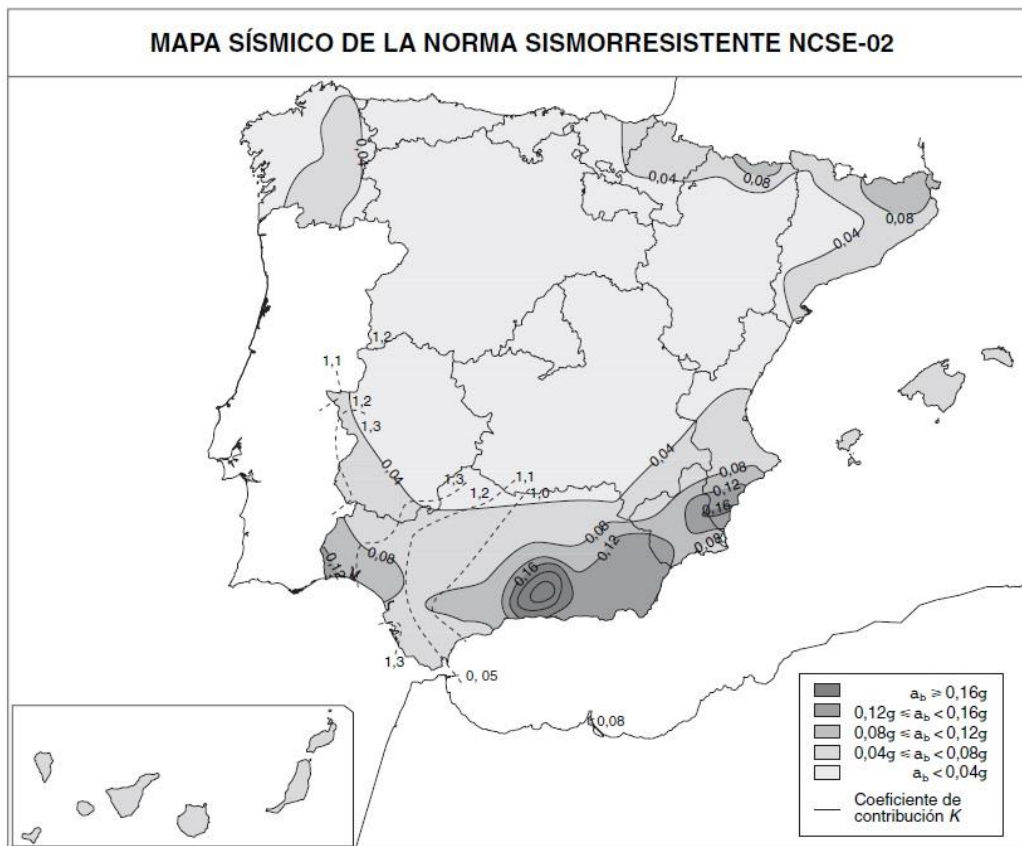


Figura 2.3. – Mapa Aceleración Sísmica Básica

Como se observa en el mapa facilitado por la norma, el municipio de Barakaldo queda dentro de la zona con un valor de $a_b < 0,04 g$.

También dicha norma cita que no es obligatoria su aplicación en el caso de que las construcciones de importancia media o especial tengan una aceleración sísmica básica $a_b < 0,04 g$, siendo g la aceleración de la gravedad.

Dado que la obra cumple ambas condiciones, se determina que no será necesario aplicar la norma NCSE-02.



4 GEOTÉCNIA

Para estimar las características del terreno sobre el que se cimentará la estructura se ha acudido al Ayuntamiento de Barakaldo con el fin de obtener un estudio geotécnico de la zona. Aunque no ha sido posible conseguir uno de la zona exacta, sí que se ha obtenido un estudio geotécnico de un terreno cercano al emplazamiento. Concretamente se trata de un estudio realizado en todo Barakaldo para la posible realización de un servicio de tranvías. Se han tomado del estudio mencionado los datos sobre el terreno correspondientes a la zona del Megapark. Se considerará por tanto, que las características geotécnicas del suelo sobre el que se alzaré la pasarela son similares a las del estudio que se ha conseguido.

4.1 TRABAJOS REALIZADOS

Se han realizado dos tipos de trabajos diferentes:

- Sondeos mecánicos: Consiste en la realización de pequeñas perforaciones (unos 100mm de diámetro) para obtener testigos del terreno perforado. De esta forma se conocerán los diferentes estratos que se pueden encontrar y los espesores de los mismos
- Penetrómetros dinámicos: Consiste en la introducción de conos normalizados en el terreno con el fin de conocer la resistencia a la penetración que ejerce el terreno de estudio.

4.2 AGRESIVIDAD

En cuanto a la agresividad del terreno, se puede determinar que no será necesario utilizar cementos resistentes a los sulfatos puesto que no se encuentran signos de elementos agresivos en el suelo.

4.3 NIVEL FREÁTICO

En las cercanías, el nivel freático se encuentra a una profundidad de 5,5 metros. Sin embargo, en el lugar de estudio existe un arroyo cercano que, aunque su caudal es muy pequeño, es posible que el nivel freático de la zona esté algo más cerca de la superficie. Aun así existe un importante desnivel entre la cota de la cimentación y la cota del arroyo por lo que no se considera que pueda llegar a influir en la cimentación.

4.4 EXCAVABILIDAD

Según la información obtenida de los estudios realizados en las cercanías, el suelo que se encuentra es fácilmente excavable y no será necesario recurrir a técnicas especiales de excavación para la ejecución de los cajones de las zapatas. Bastará con el uso de palas retroexcavadoras o similares.



5 CONCLUSIÓN

Se resumen brevemente las unidades geológicas presentes, de más antigua a más moderna:

- Lutitas con pasadas areniscosas. Complejo urgoniano.
- Margas, margocalizas y calcarenitas de grano fino. Complejo urgoniano.
- Fangos estuarinos. Cuaternario.
- Rellenos antrópicos. Cuaternario.

En la zona de estudio se determina que el estrato superficial es de rellenos antrópicos colocados sobre un estrato de margas y lutitas. Es posible que pueda existir un lecho de fangos.

Finalmente, se ha concluido que la resistencia estimada del terreno es de 3kg/cm^2 . Esta resistencia, en conjunto con el resto de características recopiladas en el anterior apartado, y teniendo en cuenta que será una estructura realmente ligera, es suficiente para la justificación de la elección de una cimentación poco profunda de zapatas.

El dimensionamiento de las zapatas vendrá detallado en los correspondientes anejos de cálculo estructural y su disposición en los planos adjuntos.

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°3 CLIMATOLOGÍA , HIDROLOGÍA Y DRENAJE



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	58
2	CLIMATOLOGÍA.....	58
2.1	TEMPERATURA.....	58
2.2	VIENTO.....	59
2.3	PRECIPITACIONES	59
3	HIDROLOGÍA.....	61
3.1	CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS BÁSICOS	61
3.1.1	Ámbito de aplicación y objeto	61
3.1.2	Criterios básicos.....	61
3.2	PERIODO DE RETORNO	62
3.3	Cálculo de los caudales de referencia	62
3.3.1	Método hidrometeorológico	62
3.3.2	Precipitación total diaria.....	63
3.3.3	Intensidad media de precipitación	65
3.3.4	Tiempo de concentración	66
3.3.5	Escorrentía	66
3.4	Elección del sistema de drenaje.....	67
3.4.1	Cálculo de bajantes.....	68
4	CONCLUSIÓN	70



1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se detallarán las características climatológicas e hidrológicas de la zona de actuación del proyecto así como el cálculo de las obras de drenaje necesarias para evacuar las aguas procedentes de las precipitaciones y asegurar así la funcionalidad de la estructura que se desea proyectar.

2 CLIMATOLOGÍA

La información que aquí se representa ha sido obtenida de la página web euskalmet perteneciente a la Agencia Vasca de Meteorología.

La climatología del País Vasco se condiciona principalmente por sus características geográficas. Por un lado, Euskadi se encuentra a una latitud de entre 42° y 43,5° al norte del ecuador. Esto se traduce en que los rayos del sol no inciden ni de una forma muy directa ni tampoco demasiado inclinados. Por tanto Euskadi, en cuanto a la incidencia del sol, se encuentra en una zona templada.

Por otro lado, otra característica geográfica que condiciona el clima del País Vasco es su cercanía al mar. Gracias a la corriente del golfo, en Euskadi, así como en otros países de Europa, se goza de unos veranos templados y de unos inviernos no demasiado fríos. También esto influye en la gran cantidad de precipitaciones que se producen en esta región a lo largo de todo el año.

2.1 TEMPERATURA

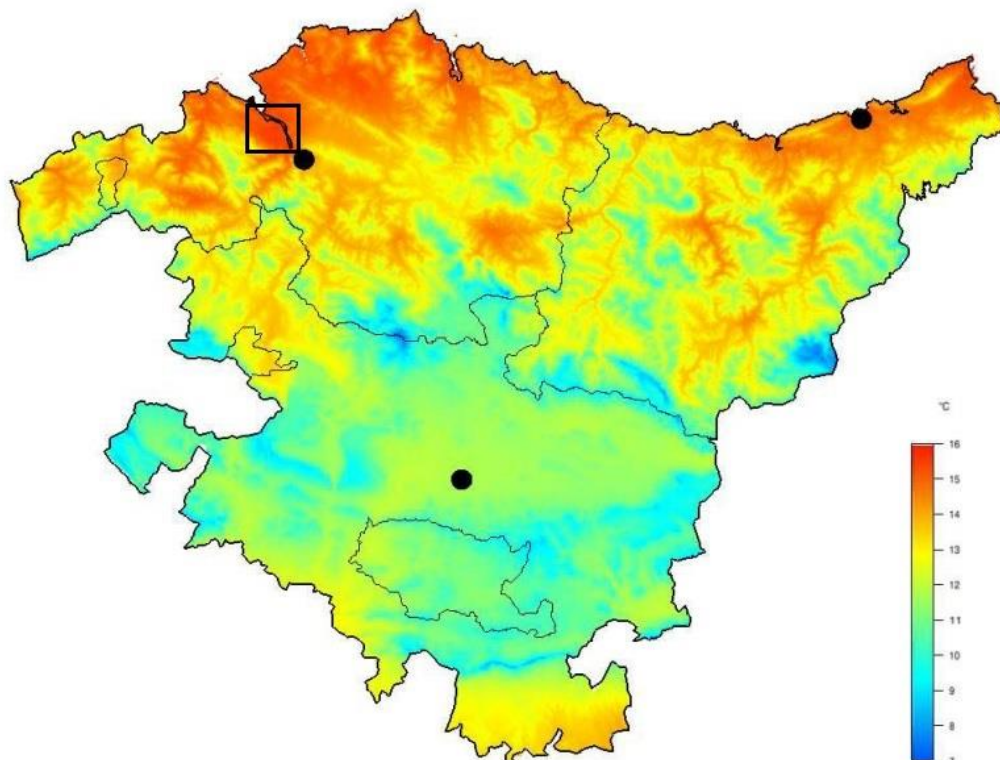


Figura 3.1. – Mapa de temperaturas medias anuales (Euskalmet 2016)



La temperatura media anual de Euskadi es de 14,3 °C muy similar a la de Barakaldo que es de unos 15°C. La variación de temperatura entre los meses más cálidos y los más fríos en la zona costera del país vasco (como es el caso de Barakaldo) es de unos 10°C o 12°C.

En las zonas internas del País Vasco las temperaturas pueden bajar de los 0°C y ocasionar heladas, pero en la zona de estudio no se suele llegar a esas temperaturas tan bajas por lo que no se considerará el efecto de una posible helada.

2.2 VIENTO

La zona norte de España es recorrida por vientos que provienen generalmente del oeste. Estos vientos describen amplios meandros de tal forma que los vientos que llegan se pueden percibir desde el norte y desde el sur también. Según la estación, los vientos afectan de una forma u otra.

En invierno, cuando las corrientes circulan por latitudes bajas la zona del país vasco se ve afectada por las corrientes del oeste y por las borrascas y frentes nubosos. En primavera y otoño el tiempo es más cambiante por el hecho de que las corrientes son más onduladas. En verano, el flujo general de vientos se debilita y todo el sur de Europa es afectado por la calma y el buen tiempo producido por el anticiclón de las Azores.

2.3 PRECIPITACIONES

Las precipitaciones abundan a lo largo de todo el año en toda la comunidad autónoma vasca debido fundamentalmente a su orografía. La orientación Oeste-Este de las sierras y que estas sean más bajas que las cordilleras adyacentes (Cordillera cantábrica al Oeste y Pirineos al Este) unido al efecto de succión de aire producido por la región ciclogénica del Mediterráneo occidental es causa de que con frecuencia el flujo general del oeste se tuerza hacia la cuenca mediterránea a través de toda la CAPV dejando las precipitaciones a su paso.

La mayor o menor pluviosidad de este clima viene definido no sólo por la cuantía de las precipitaciones sino también por su duración. Produciéndose períodos de ausencia de estas, sequías, y fenómenos extraños como lluvias torrenciales, siendo el tipo de precipitación más común el sirimiri. El tiempo en que está lloviendo tiene en muchos casos mayor relevancia que la cantidad de lluvia caída.

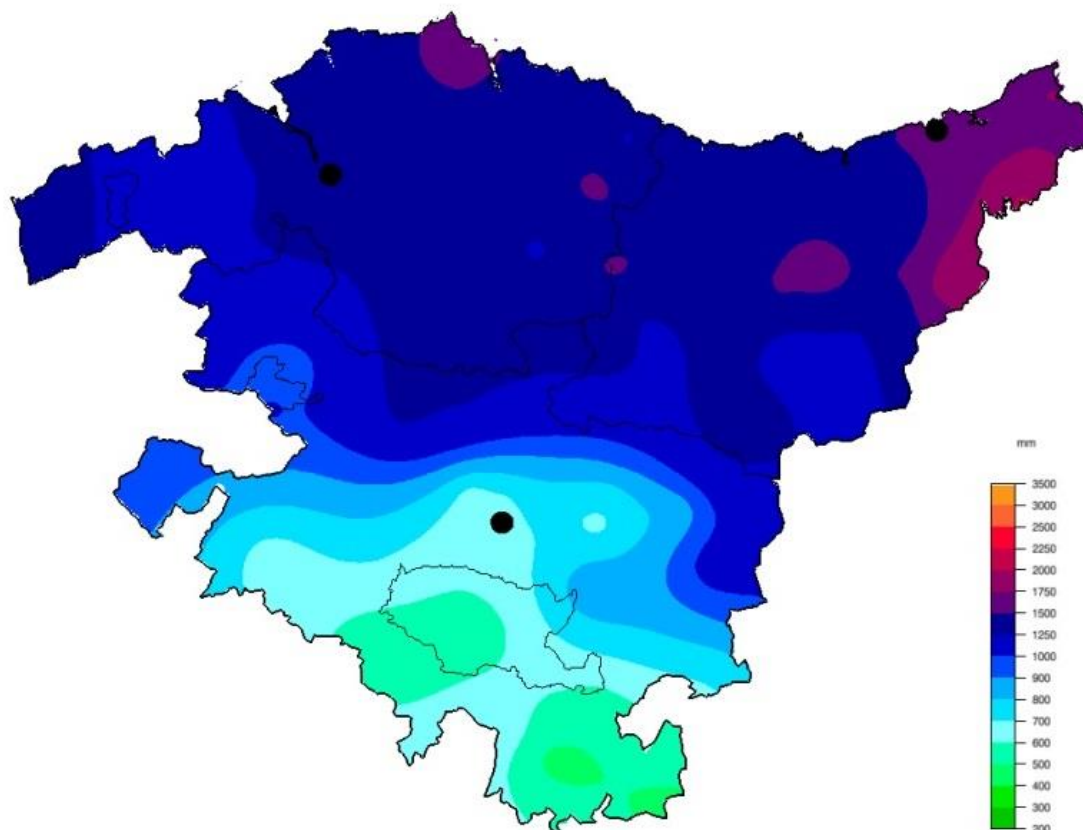


Figura 3.2. – Mapa de precipitación total anual (Euskalmet)

La precipitación media anual de Barakaldo oscila entre los 1000 y los 1400mm. Los días de precipitación al año en la zona de Barakaldo se encuentra alrededor de los 160 días.

En el siguiente gráfico se muestran las precipitaciones a lo largo de los meses de las tres capitales de provincia donde se puede observar la escasa variación de precipitaciones entre las diferentes estaciones.

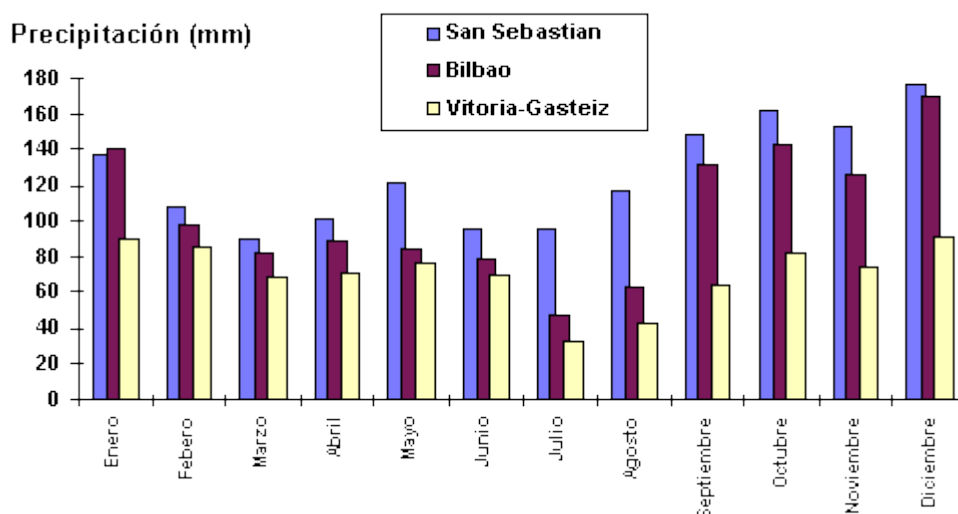


Figura 3.3. – Gráfico de precipitaciones mensuales (Euskalmet)



En cuanto a la nieve, cabe destacar que en la zona más cercana al mar es un fenómeno realmente extraño, pero en el interior del País Vasco es un fenómeno normal en los meses de invierno.

Por contraparte, el granizo es más común en la zona cercana al mar que en el interior. Superándose en la primera los 5 días de granizo al año y en el interior no llegando a 3.

3 HIDROLOGÍA

En este apartado se definirán las características hidrológicas del área de estudio con el fin de conocer los efectos del agua pluvial sobre la estructura así como las medidas necesarias para la correcta ejecución de la obra de drenaje que se encargará de encauzar las aguas pluviales y verterlas en el lugar adecuado.

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES Y CRITERIOS BÁSICOS

3.1.1 Ámbito de aplicación y objeto.

El drenaje superficial está comprendido en la instrucción 5.2. IC Drenaje Superficial y tiene como objetivo facilitar las normas y recomendaciones a seguir a la hora de proyectar, construir y conservar adecuadamente las obras, elementos y sistemas de drenaje de la Red de Carreteras del Estado.

El drenaje superficial de las carreteras comprende:

- La captación o recogida de aguas procedentes de la plataforma y sus márgenes, de las estructuras y de los túneles, mediante elementos específicos.
- La conducción y evacuación de dichas aguas, así como las provenientes del drenaje subterráneo de la carretera, a cauces naturales, sistemas de alcantarillado o a la capa freática.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la carretera, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de puentes u obras de drenaje transversal (ODT).

3.1.2 Criterios básicos

Para elegir los elementos de drenaje se tendrá en cuenta:

- Las soluciones técnicas disponibles.
- La facilidad de su obtención.
- Su precio.
- Las posibilidades y costes de su construcción y conservación.
- Los daños que su presencia pueda producir.



3.2 PERIODO DE RETORNO

La obra se dimensionará a partir de un caudal de referencia y de un periodo de retorno. La norma define el periodo de retorno T como el periodo de tiempo expresado en años, para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido igual a 1/T. La probabilidad de que en un año se produzca un caudal máximo superior al periodo de retorno T viene dada por la siguiente expresión.

$$p(Q > Q_T) = \frac{1}{T}$$

Donde:

Q	(m^3/s)	Caudal máximo anual
Q_T	(m^3/s)	Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T
T	(años)	Periodo de retorno

El caudal de proyecto es aquél que se debe de tener en cuenta para efectuar el dimensionamiento hidráulico de la obra, elemento o sistema de drenaje superficial.

El periodo de retorno mínimo a tener en cuenta según la instrucción 5.2. IC Drenaje Superficial viene reflejado en la siguiente tabla:

TIPO DE ELEMENTO DE DRENAJE	IMD de la vía afectada (*)		
	Alta 2000	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	(***)	

Tabla 3.1. – Periodos de retorno mínimos

Dado que se trata de una pasarela peatonal y por tanto la IMD no será alta, se tomará un periodo de retorno de 25 años para los cálculos hidrológicos.

3.3 Cálculo de los caudales de referencia

3.3.1 Método hidrometeorológico

Para el cálculo del caudal de referencia en el punto de desagüe de una cuenca o superficie se utilizará el método hidrometeorológico. Dicho método calcula el caudal mencionado mediante la fórmula:

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I}{K}$$



siendo:

- C: El coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie drenada.
- A: su área, salvo que tenga aportaciones o pérdidas importantes, tales como resurgencias o sumideros, en cuyo caso el cálculo del caudal Q deberá justificarse debidamente.
- I: la intensidad media de precipitación correspondiente al período de retorno considerado y a un intervalo igual al tiempo de concentración.
- K: un coeficiente que depende de las unidades en que se expresen Q y A, y que incluye un aumento del 20% en Q para tener en cuenta el efecto de las puntas de precipitación. Su valor está dado por la siguiente tabla:

Q	A		
	km ²	Ha	m ²
m ³ /s	3	300	3.000.000
l/s	0,003	0,3	3.000

Tabla 3.2. – Valores del coeficiente K (Instrucción 5.2. IC Drenaje Superficial)

3.3.2 Precipitación total diaria

Para calcular la máxima intensidad de precipitaciones diarias se utiliza el documento “Máximas lluvias diarias en la España Peninsular” del ministerio de Fomento.

Se comienza por determinar el coeficiente de variación y el valor medio de la precipitación a partir del mapa proporcionado por el documento.

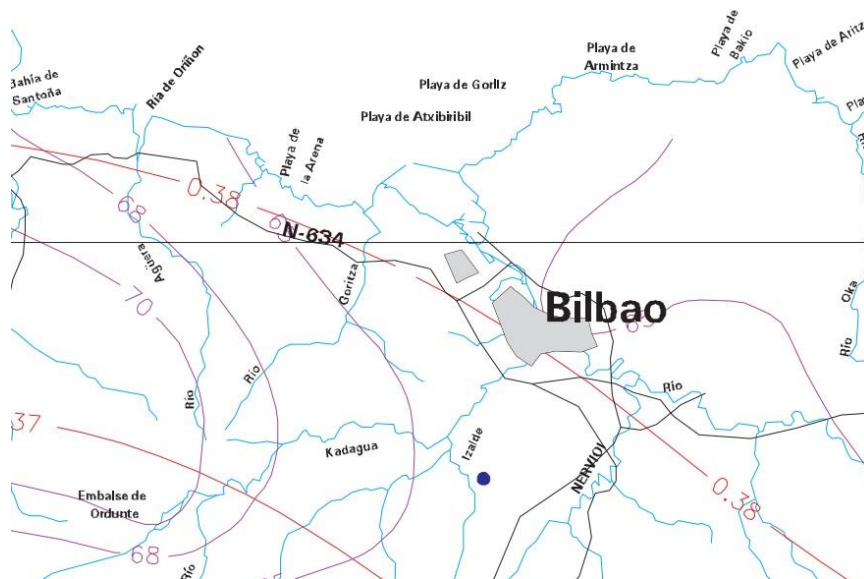


Figura 3.4. – Mapa del coeficiente de variación y precipitación máxima.



De las isolíneas moradas se obtiene el valor medio de la máxima precipitación diaria anual P y de las isolíneas rojas se obtiene el valor del coeficiente de variación Cv. Quedando:

$$P_{max} = 64\text{mm/día}$$

$$C_v = 0,38$$

Dado que la pasarela que se va a proyectar no tiene la envergadura que podría tener las obras que se contemplan en la norma IAP-11 se ha tomado un valor de periodo de retorno de 25 años como ya se ha mencionado con anterioridad. Con el valor de Cv y este periodo de retorno se puede obtener el valor de las máximas lluvias diarias de la tabla siguiente:

C _v	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
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 3.3. – Máximas lluvias diarias (IAP-11)

Finalmente se calcula el producto del factor de amplificación Kt por el valor medio de la máxima precipitación diaria anual para obtener la precipitación diaria máxima Pt para el periodo de retorno adoptado.

$$P_d = k \cdot C_v = 1,793 \cdot 64 \text{ mm/día} = 114,75 \text{ mm/día}$$

3.3.3 Intensidad media de precipitación

La intensidad media de precipitación I_t (mm/h) según el método hidrometeorológico se obtiene de la siguiente formula:

$$\left(\frac{I_t}{I_d}\right)^{\frac{28^{0,1}-t^{0,1}}{28^{0,1}-1}} = \left(\frac{I_1}{I_d}\right)$$

siendo:

- I_d (mm/h): la intensidad media diaria de precipitación, correspondiente al período de retorno considerado. Es igual a $P_d/24$.
- P_d (mm): la precipitación total diaria correspondiente a dicho período de retorno.
- I_1 (mm/h): la intensidad horaria de precipitación correspondiente a dicho período de retorno.
- t (h): la duración del intervalo al que se refiere I , que se tomará igual al tiempo de concentración.

$$I_d = P_d \text{ (mm/día)} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 114,75 \text{ mm/día} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ horas}} = 4,78 \text{ mm/h}$$

El valor del cociente $\frac{I_1}{I_d}$ se obtiene del mapa de isólineas siguiente.



Figura 3.5. – Mapa de isólineas (Instrucción 5.2 IC Drenaje Superficial)

Según el mapa se obtiene para la zona de Bilbao un cociente I_1/I_d de 9 aproximadamente.



3.3.4 Tiempo de concentración

En el caso normal de cuencas en las que predomine el tiempo de recorrido del flujo canalizado por una red de cauces definidos, el tiempo de concentración $T(h)$ relacionado con la intensidad media de la precipitación se puede deducir de la fórmula:

$$T = 0,3 \cdot \left(\frac{L}{j^{0,25}} \right)^{0,76}$$

siendo:

- L (km): la longitud del cauce principal.
- J (m/m): su pendiente media.

Sabiendo que la longitud de la pasarela será de 24 metros de voladizo más 2,5 metros a cada lado antes de empezar la rampa (0,029km) y que la pendiente será de un 1% para garantizar el desagüe, la formula queda resuelta de la siguiente forma:

$$T = 0,3 \left(\frac{0,029}{0,01^{0,25}} \right)^{0,76} = 0,0488$$

Con todos los datos ya obtenidos se procede al cálculo de la intensidad media de precipitación. Resultando:

$$\left(\frac{I_t}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)$$

$$\left(\frac{I_t}{4,78} \right)^{\frac{28^{0,1} - 0,0423^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} = 9$$

$$I_t = 17,97 \text{ mm/h}$$

3.3.5 Escorrentía

El coeficiente de escorrentía C determina la relación entre el agua que se convierte en escorrentía superficial y la parte de agua que se filtra en la superficie. Dado que el suelo de la pasarela será impermeable se tomará un coeficiente de escorrentía C igual a 1.

Finalmente el caudal a desaguar resulta según la formula inicial:

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I}{K}$$

Para el tablero:

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I}{K} = \frac{1 \cdot (29m \cdot 2,5m) \cdot 17,97mm/h}{3000} = 0,434l/s$$



Para las rampas:

$$Q = \frac{C \cdot A \cdot I}{K} = \frac{1 \cdot (125m^2) \cdot 17,97mm/h}{3000} = 0,748l/s$$

3.4 Elección del sistema de drenaje

Una vez conocidos los caudales que se deberán desaguar se procede a consultar en el mercado las diferentes opciones que existen. Para saber qué tipo de desagüe elegir se ha consultado la norma EN 1433:2002 que define los diferentes tipos de carga.







	Clase A 15	Carga de prueba 15 kN – 1'5 t. Para zonas verdes, caminos peatonales o con paso de bicicletas.
	Clase B 125	Carga de prueba 125 kN – 12'5 t. Para aceras o superficies comparables, zonas de aparcamiento accesibles únicamente a turismos.
	Clase C 250	Carga de prueba 250 kN – 25 t. Para laterales de calles o carreteras, zonas de aparcamiento para vehículos ≤ 3.5 t.
	Clase D 400	Carga de prueba 400 kN – 40 t. Para zonas de acceso a vías rápidas, drenajes en calles y carreteras, y zonas de aparcamiento para todo tipo de vehículos
	Clase E 600	Carga de prueba 600 kN – 60 t. Para zonas de trabajo de carretillas elevadoras, áreas industriales y similares.
	Clase F 900	Carga de prueba 900 kN – 90 t. Para zonas de altas cargas, como aeropuertos, zonas portuarias o similares.

Figura 3.6 – Tipos de carga (EN 1433:2002)

La pasarela que se va a ejecutar pertenece a la Clase A 15. Una vez conocido esto se ha consultado el catálogo de canales con reja de la empresa ACO Iberia y se ha elegido el que aparece resaltado en la siguiente tabla.

Conjuntos Canal + Reja - Conjuntos Canal + Grelha

Tipo	Clase Carga	Descripción Descripción	Long. Comp. cm	Ancho Largura cm	Altura t/f cm	Und. Unid.	Palet Palete	Peso Kg	Cap. Hidra. L/s	Abs. Reja Abs. Grelha cm ² /m	Area Area cm ²	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	86,0	C0002008	
XD100	B125	Canal 0.0 Reja Composite - Canal 0.0 Grelha Compósita	100	13,8	15,0	30	3,5	3,2	284,0	86,0	C0002006	
XD100	C250	Canal 0.0 Reja Composite - Canal 0.0 Grelha Compósita	100	13,8	15,0	30	3,9	3,2	284,0	86,0	C0002007	

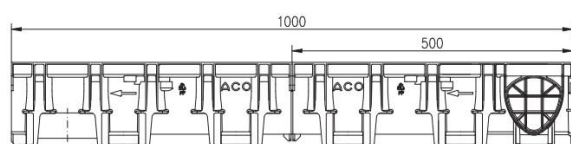
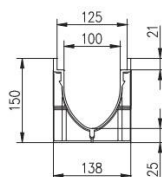


Figura 3.7. – Catalogo canales con reja (ACO Iberia)

El canal cuenta con una capacidad hidráulica de 1,5 l/s que serán suficientes para desaguar los caudales del tablero y de las rampas.

3.4.1 Cálculo de bajantes.

Se dispondrán dos bajantes para evacuar el agua del tablero. Se situará una a cada lado del mismo. El diámetro de las bajantes se obtiene en base a la superficie servida en proyección horizontal por bajante, función de la intensidad pluviométrica. Si dicha intensidad es distinta a 100 mm/h, se multiplica por el factor “f”.

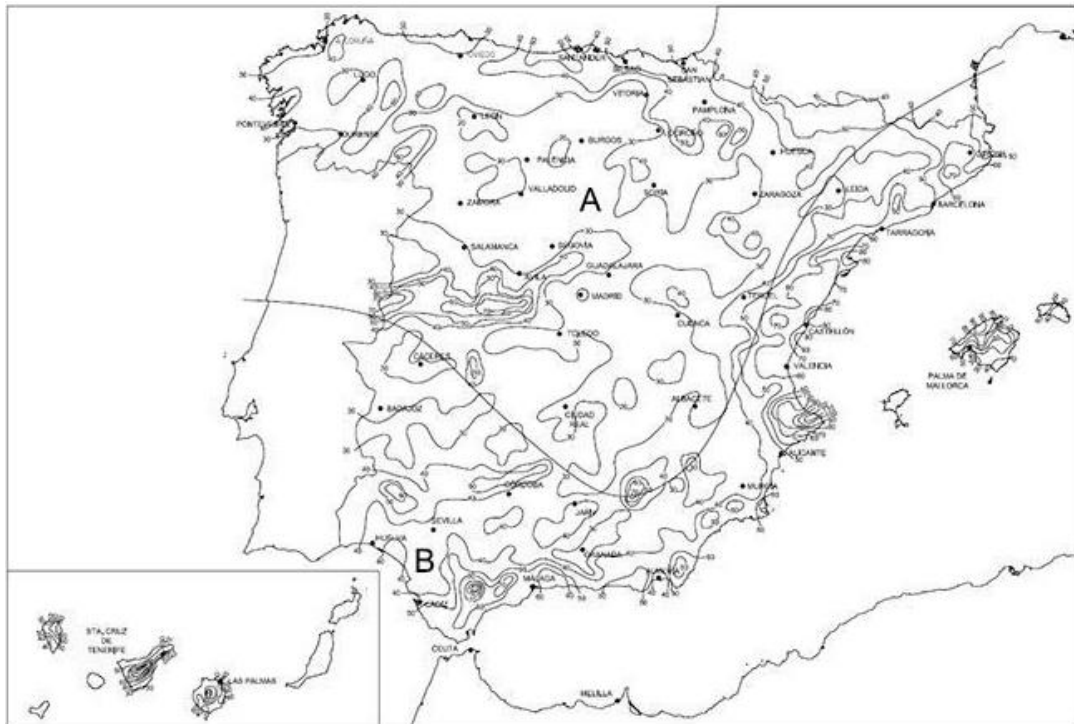


Figura 3.8. – Mapa de intensidad (CTE)

	Intensidad Pluviométrica <i>i</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

Tabla 3.4. – Relación intensidad-Zona

Para la zona de Barakaldo, la intensidad pluviométrica es de 155 mm/h según el mapa. Al ser mayor de 100 se le aplica el factor *f* de la siguiente forma:

$$f = \frac{i}{100} = \frac{155}{100} = 1,55$$

El área del tablero y los rellanos de los laterales es de 72,5 m², pero como se colocarán dos bajantes el área que servirá cada una será de 36,25m².

$$A = 36,25m^2 \cdot 1,55 = 56,19 m^2$$



Según la tabla 4.8 del Documento Básico HS Salubridad perteneciente al CTE, el diámetro de la bajante será:

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de aguas pluviales para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie en proyección horizontal servida (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

Tabla 3.5. Diámetro de las bajantes (CTE)

Se colocará una bajante de **50mm** de diámetro a cada lado del tablero de la pasarela.

Dado que el área a servir por las rampas es menor que el área a servir por el tablero, no será necesario su cálculo. Simplemente se tomará el mismo diámetro de bajante para las rampas.



4 CONCLUSIÓN

Se han definido todos los elementos de drenaje necesario para la evacuación de las aguas procedentes de precipitaciones .Su disposición quedará definida en los planos del presente proyecto.

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°4

DEMOLICIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS



INDICE

1	INTRODUCCIÓN	73
2	DEMOLICIÓN	73
3	MOVIMIENTO DE TIERRAS	73
3.1	INTRODUCCIÓN	73
3.2	ACTUACIONES	73
3.2.1	Replanteo.....	73
3.2.2	Retirada de vegetación	74
3.2.3	Excavación	74
3.2.4	Transporte	74
3.2.5	Rellenos.....	74



1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objetivo definir las labores previas a la construcción de la pasarela. En este caso, tales labores comprenden tanto la retirada de los carteles publicitarios como el movimiento de tierras.

2 DEMOLICIÓN

Para las labores de acondicionamiento del terreno antes del comienzo del movimiento de tierras y la posterior construcción, no será necesario demoler ninguna estructura.

Simplemente se retirarán unos carteles publicitarios que se encuentran en la zona de la obra.

Dichos carteles, se desmontarán y se cargarán en camiones mediante levantamiento mecánico y se transportarán a una zona nueva.

Dado que los carteles pertenecen al ayuntamiento no será necesario una compensación económica por expropiación.

3 MOVIMIENTO DE TIERRAS

3.1 INTRODUCCIÓN

El objeto de este apartado es la definición y cálculo de las operaciones de movimiento de tierras requeridas para la construcción de la pasarela peatonal. Puesto que las cantidades de material a desplazar son mínimas, no se requerirá de ningún software de cálculo de movimientos de tierra.

3.2 ACTUACIONES

Dentro del proceso de movimiento de tierras se pueden diferenciar las siguientes tareas:

- Replanteo del terreno
- Retirada de vegetación
- Excavación
- Transporte
- Relleno
- Compactación

3.2.1 Replanteo

El replanteo consiste en la situación en la traza de los puntos existentes en los planos, con sus coordenadas y cotas, que harán posible la ejecución de las actuaciones recogidas en el presente proyecto de la manera más eficaz y adecuada posible.



3.2.2 Retirada de vegetación

Antes de comenzar con la excavación como tal, se procederá a la retirada de la vegetación que pueda interferir con las labores de construcción de la pasarela. Esto incluye pequeños árboles y matorrales que se encuentran en la zona de estudio.

3.2.3 Excavación

En el proceso de excavación se procederá a la retirada del material necesario para alojar las zapatas. Esta excavación se realizara con una retroexcavadora la cual depositará el terreno extraído en un camión.

El cálculo estimado de material a excavar es el siguiente.

Movimiento de tierras			
	Tierra vegetal	Ejecución zapatas	Acondicionamiento final
Excavación	10 m ³	60 m ³	0
Relleno	0	0	10 m ³

Tabla 4.1 – Movimiento de tierras

3.2.4 Transporte

Es posible que se necesite algo del material excavado para la realización de rellenos en algunas zonas de la obra. Pero la mayor parte del terreno extraído será depositado en camiones y llevado a vertedero o reaprovechado como préstamo para otras obras en las que se necesite rellenos.

3.2.5 Rellenos

Dado que la zona en la que se trabajará es relativamente llana, no se puede calcular el volumen de rellenos que se necesita. Simplemente se utilizará una mínima parte del terreno extraído para su utilización en pequeños rellenos para la nivelación final del terreno de la zona de obras.

Dicho relleno es tan pequeño que no se tendrá en cuenta en el cálculo y se supondrá que todo el movimiento de tierras será de extracción y transporte.

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL
POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO
(BIZKAIA)”

ANEJO N°5

ACCESIBILIDAD Y DISEÑO

GEOMÉTRICO



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	77
2	NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD.....	77
2.1	ESCALERAS	77
2.2	RAMAPAS.....	79
2.3	PAVIMENTOS	79
2.4	PASAMANOS	80
3	DEFINICIONES GEOMÉTRICAS.....	81
3.1	PASARELA	81
3.2	RAMPAS.....	81
3.3	ESCALERAS	82
4	VÍA ALTERNATIVA DURANTE EL MONTAJE DE LA PASARELA	84



1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto definir la normativa de accesibilidad del País Vasco, la cual es de obligatorio cumplimiento en toda obra proyectada en dicha comunidad.

Además, se presentarán las características geométricas de los componentes que forman la obra: tablero, rampas, escaleras y acera.

Con todo esto se pretende justificar que el diseño de la estructura queda dentro de los márgenes establecidos por la normativa de accesibilidad mencionada anteriormente.

Dado que a la hora de colocar el tablero sobre los pilares será necesario suspender el tráfico que circula por la carretera BI-644, también se describirá en el presente anejo la ruta alternativa que se propone para los vehículos.

2 NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD

Para el diseño y dimensionamiento de las rampas y escaleras que dan acceso a la pasarela se ha utilizado la Guía de aplicación de la Normativa Técnica de Accesibilidad en la Comunidad Autónoma del País Vasco (Julio 2012).

Para el diseño de la pasarela se ha utilizado la Normativa de Pasarelas Peatonales expedida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

2.1 ESCALERAS

El diseño y trazado de las escaleras deberá permitir la accesibilidad a personas con movilidad reducida a los espacios libres de uso público y se ajustarán a los siguientes parámetros:

- Las escaleras serán de directriz recta, permitiéndose las de abanico cuando la dimensión de la huella no sea inferior a 35 cm, en ningún punto.
- La anchura libre mínima será de 2,00 m.
- Todas las escaleras se dotarán de doble pasamanos a ambos lados. Cuando la anchura de la escalera supere los 2,50 m. se dispondrán, además, pasamanos intermedios. Se prolongarán los pasamanos laterales en todo el recorrido posible de los rellanos y de las mesetas intermedias.
- La huella se construirá en material antideslizante, sin resaltes sobre la contrahuella y tendrá una dimensión mínima de 35 cm.
- La contrahuella tendrá una dimensión máxima de 15 cm.
- El número de peldaños por tramo será como mínimo de 3 y como máximo de 12. Los peldaños no podrán solaparse.



- Los extremos libres de los escalones estarán protegidos con un resalte de 3cm.
- El intradós del tramo más bajo de la escalera se ha de cerrar hasta una altura mínima de 2,20 m.
- Los descansillos intermedios tendrán una longitud mínima de 1,50 m.
- Para evitar la permanencia de agua en peldaños y rellanos de las escaleras, las pendientes para la evacuación de la misma será como máximo 1,5%.
- La altura mínima de luz libre bajo escalera será de 2,20 m.
- Se dispondrá de señalización táctil en los accesos a las escaleras con las características establecidas
- Se prohíben las escaleras sin contrahuellas.
- Se procurará evitar los pavimentos de los escalones que produzcan destellos o deslumbramientos.
- En los bordes de los escalones se colocarán en toda su longitud y empotradas en la huella unas pequeñas bandas, antideslizantes, tanto en seco como en mojado. Estas serán de anchura entre 5 y 10 cm., de textura y coloración diferentes y bien contrastadas con el resto del pavimento del escalón.
- Su señalización en los itinerarios será mediante «Franja Señalizadora».

En cuanto a las **Franjas señalizadoras**:

- Las franjas señalizadoras táctiles se utilizarán para señalar depresiones y cambios de cota (escaleras, rampas, pasos de peatones, bocas de metro, etc.), cumpliendo una doble función de información y/o aviso.
- Dichas franjas táctiles consisten en unas franjas señalizadoras de anchura mayor o igual a 1 m., que se colocarán, ocupando la totalidad de la anchura del itinerario peatonal, perpendicularmente al sentido de la marcha cruzándola transversalmente en su totalidad.
- Serán antideslizantes tanto en seco como en mojado.
- No deben utilizarse de forma excesiva o inadecuada.
- En todos los casos deben tener una textura bien diferenciada con el pavimento circundante, de tal manera que puedan percibirse claramente tanto con los pies cómo con el bastón blanco de movilidad.
- En los accesos a escaleras, bocas de metro, etc., se recomienda la utilización de baldosas con acanaladuras pronunciadas, formando líneas elevadas, combinadas alternativamente con líneas a nivel, con acabados semicirculares o similares.
- Como en el caso anterior deben percibirse claramente tanto con los pies cómo con el bastón blanco de movilidad.



2.2 RAMAPAS

El diseño y trazado de las rampas permitirá salvar desniveles y pendientes superiores a las del itinerario peatonal. Debiendo tener presentes los siguientes parámetros

- La anchura mínima será de 2 m.
- La pendiente máxima permitida será del 8%.
- La pendiente transversal máxima será del 1,5%.
- La longitud máxima del tramo sin rellanos será de 10 m.
- Los rellanos intermedios tendrán una longitud mínima de 2 m. y en los accesos a la rampa se dispondrá de superficies que permitan inscribir un círculo de 1,80 m. de diámetro.
- Se dotarán de pasamanos, en ambos laterales.
- Los laterales de las rampas se protegerán con bordillos resaltados o protección lateral de 5 cm. como mínimo medido desde el acabado del pavimento de la rampa, para evitar las salidas accidentales de bastones y ruedas a lo largo de su recorrido.
- El pavimento será antideslizante.
- Su señalización en los itinerarios será mediante Franja Señalizadora

2.3 PAVIMENTOS

- Los pavimentos duros de los itinerarios peatonales serán antideslizantes y sin resaltos entre piezas, y los pavimentos blandos suficientemente compactados para impedir el desplazamiento y el hundimiento de las sillas de ruedas, bastones etc. Las características mencionadas serán definidas por Orden del Consejero de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.
- Para señalar desniveles, depresiones y cambios de cota, como en el caso de escaleras, rampas, pasos subterráneos, bocas de metro, etc. se colocarán Franjas Señalizadoras que serán mayor o igual a 1m., en función del módulo de la baldosa o material a emplear, de anchura en todos los frentes de acceso y llegada. Dichas Franjas Señalizadoras serán, pavimentos de textura y coloración diferentes, bien contrastado con el resto del pavimento circundante, cumpliendo una doble función de información y/o aviso. Se situarán quedando perpendiculares al sentido de la marcha y ocuparán la totalidad del itinerario peatonal, conforme a lo indicado en el Anejo IV, sobre Accesibilidad en la Comunicación.
- Cuando en el diseño de un itinerario peatonal, se coloquen pavimentos de diferentes formas de resaltos o colores, se tomará como pauta general para dicho diseño lo siguiente:
 - o Dejar un pavimento como predominante, que abarque la mayor parte del itinerario peatonal.



- Dejar en el eje del itinerario el resto del pavimento, con la finalidad de que sirva como guía de dirección y de orientación a las personas con problemas visuales.
- Las rejillas y registros situados en los itinerarios y pasos peatonales estarán enrasados con el pavimento circundante y serán de material antideslizante aún en mojado, impedirán el tropiezo de las personas que utilicen bastones o sillas de ruedas, serán en cuadrícula y tendrán unas aperturas máximas de 1 x 1 cm. si invaden el ancho mínimo del itinerario peatonal y de 2,5 x 2,5 cm. en caso contrario.
- Los árboles que se sitúen en estos itinerarios peatonales tendrán cubiertos los alcorques con elementos enrasados con el pavimento circundante, colocados sin holguras, que no sean deformables bajo la acción de pisadas o rodadura de vehículos, si son enrejados serán como en el párrafo anterior.

2.4 PASAMANOS

Los pasamanos son aquellos elementos de soporte que se disponen como ayuda para desplazarse o para mantener una determinada postura. Deberán cumplir las siguientes características geométricas:

- El diseño será anatómico con una forma que permita adaptarse a la mano, recomendándose una sección circular equivalente entre 4 y 5 cm. de diámetro.
- La fijación será firme por la parte inferior del pasamanos, sin obstáculos para asirlo por lo que estará separado como mínimo 4 cm. respecto a cualquier otro elemento en la parte interior medido en el plano horizontal y 10 cm. como mínimo de separación con cualquier obstáculo por encima medido en el plano vertical.
- No se colocará encastrado.
- Los pasamanos serán dobles y se colocarán a una altura, desde el bocel en el caso de escaleras, de 100 ± 5 cm. el superior, y de 70 ± 5 cm. el inferior.
- Los pasamanos se prolongarán 45cm. en los extremos de los tramos de escaleras y rampas, como indicación de percepción manual que advierta del comienzo y final de los mismos, siempre y cuando no se produzcan invasiones transversales de itinerarios peatonales prioritarios, garantizando la cobertura de todo el tramo de escalera o rampa.
- Estarán rematados de forma que eviten los enganches.
- Su color será contrastado con el resto de los elementos de rampas y escaleras. Se dispondrán Placas de Orientación en los pasamanos de escaleras y rampas de las características y en los edificios que se establezca en el Anejo IV, sobre Accesibilidad en la comunicación.



3 DEFINICIONES GEOMÉTRICAS

En este apartado se procederá a detallar el diseño geométrico de las diferentes partes que conforman la obra. Siempre ateniéndose a la normativa descrita en los apartados anteriores.

3.1 PASARELA

La pasarela se encontrará elevada a una altura de 5 metros medidos sobre la rasante de la carretera BI-644. Con esta altura se cubre de sobra el galibo del tráfico de los vehículos que puedan circular por la zona. Se ha elegido una altura de cinco metros por ser una zona con mucho tránsito de camiones.

Además, la pasarela tendrá una anchura de 2.5 metros a fin de asegurar el paso de varias personas en paralelo.

El pavimento será de madera antideslizante anclada a la estructura en celosía mediante tornillos ocultos.

La pasarela no contará con ningún tipo de techo que la cubra.

3.2 RAMPAS

Las rampas tendrán una pendiente igual al máximo permitido por la normativa, un 8%. De esta forma se alcanzará la cota de los 5 metros en una distancia de 62,5 metros. Dado que no es posible realizar rampas tan largas sin rellanos intermedios, se ha dividido en tramos de 10 metros y otro más pequeño de 2,5 metros para finalizar a un lado y en el lado Este de la pasarela se ha optado por una disposición de rampas de 5 tramos de 10 metros, un tramo de 6,7 y finalmente otro de 5,8m. De esta forma la estructura de las rampas quedará acoplada a la de las escaleras minimizando el espacio ocupado por la obra.

La anchura de las rampas será de 2,5 metros. Igual que la pasarela.

Los rellanos que se encontrarán entre tramos de rampa serán de 2.5 metros de longitud y tendrán el mismo ancho que las rampas.

Existirán pasamanos dobles a ambos lados de las rampas y escalera. El superior estará a 1,05m de altura. El segundo estará colocado a una altura de 0,70 metros respecto de la superficie del pavimento. Será de acero inoxidable y se anclará a la estructura mediante tornillos. Los tubos del pasamanos tendrán un diámetro de 5cm.

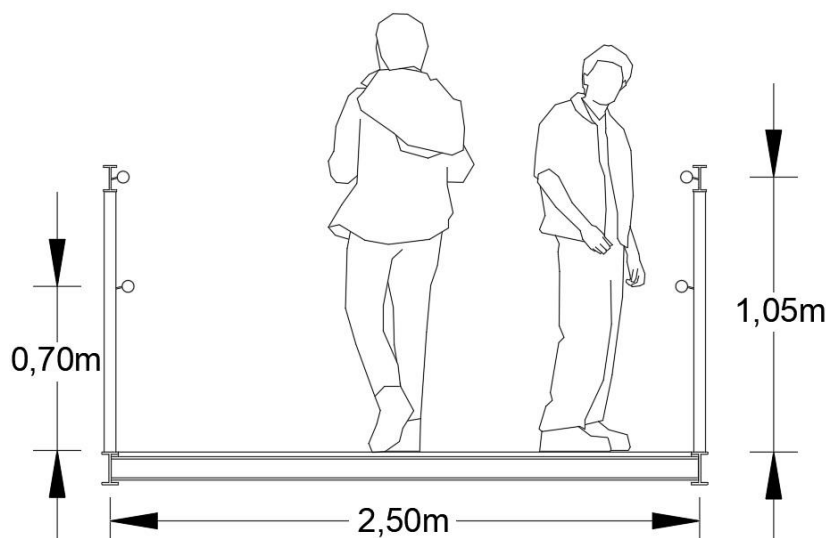


Figura 5.1. – Sección rampa

3.3 ESCALERAS

Para las escaleras, se ha optado para salvar la altura de 5 metros, la colocación de 36 peldaños de 14 centímetros de contrahuella. Dado que no se pueden colocar más de 12 peldaños sin un rellano, se ha optado por hacer tres tramos de 12 peldaños.

El ancho de las escaleras será de 2,5 metros, igual que la pasarela y las rampas. Los rellanos entre tramos de escalera tendrán una longitud de 2,5 metros y un ancho igual al de las escaleras.

Se colocarán pasamanos a ambos lados de la escalera iguales que los de las rampas.

Cabe destacar que debido al diseño de las rampas, solo existirá escalera en el lado Este de la pasarela puesto que en el lado Oeste, la rampa sigue el itinerario que los peatones van a tomar siempre. Esto hace que la escalera, cuya finalidad es disminuir el recorrido que habría que hacer por la rampa, sea innecesaria.

Los escalones se anclarán a la estructura metálica mediante tornillos de la forma que se indica en la figura siguiente.

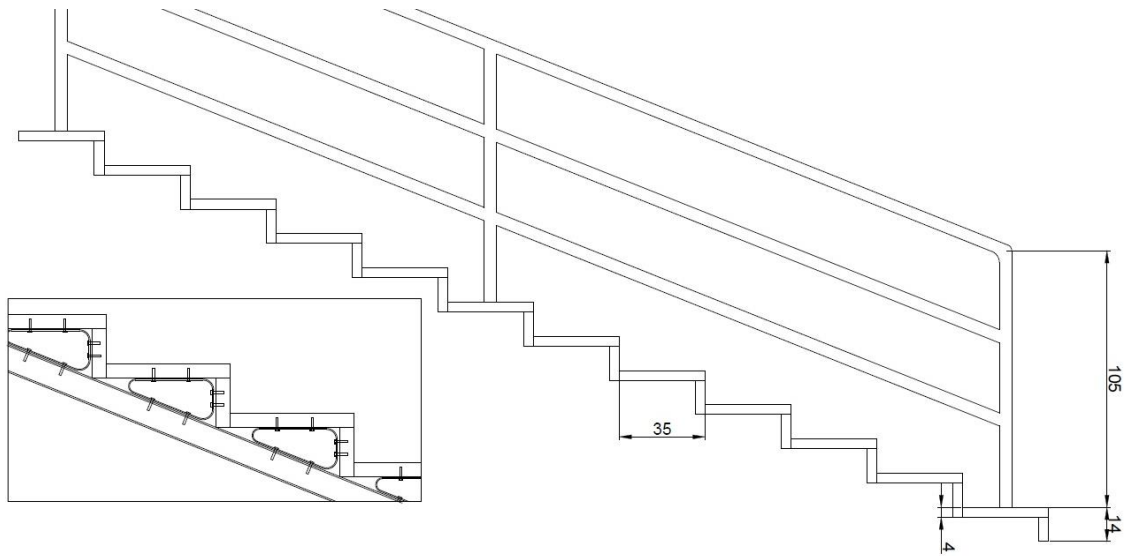


Figura 5.2 – Dimensiones escalera



4 VÍA ALTERNATIVA DURANTE EL MONTAJE DE LA PASARELA

En el momento que se decida colocar la pasarela ya completada sobre los pilares, será necesario proceder al corte de la carretera sobre la que cruzará la pasarela. Durante el resto de la construcción no será necesario realizar ningún corte en la carretera puesto que se podrá construir todo en los laterales de la carretera si afectar al tráfico.

Cuando se corte la carretera BI-644, los vehículos podrán utilizar la carretera de la Avenida de la rívera, la cual transcurre en paralelo a la primera.

La Avenida de la rívera cuenta con dos carriles en cada sentido, más que suficientes para albergar a los conductores que fueran a pasar por la BI-644.

Además, como medida de precaución, las labores de colocación de la pasarela sobre los pilares se realizarán por la noche que es cuando menos intensidad de tráfico hay.

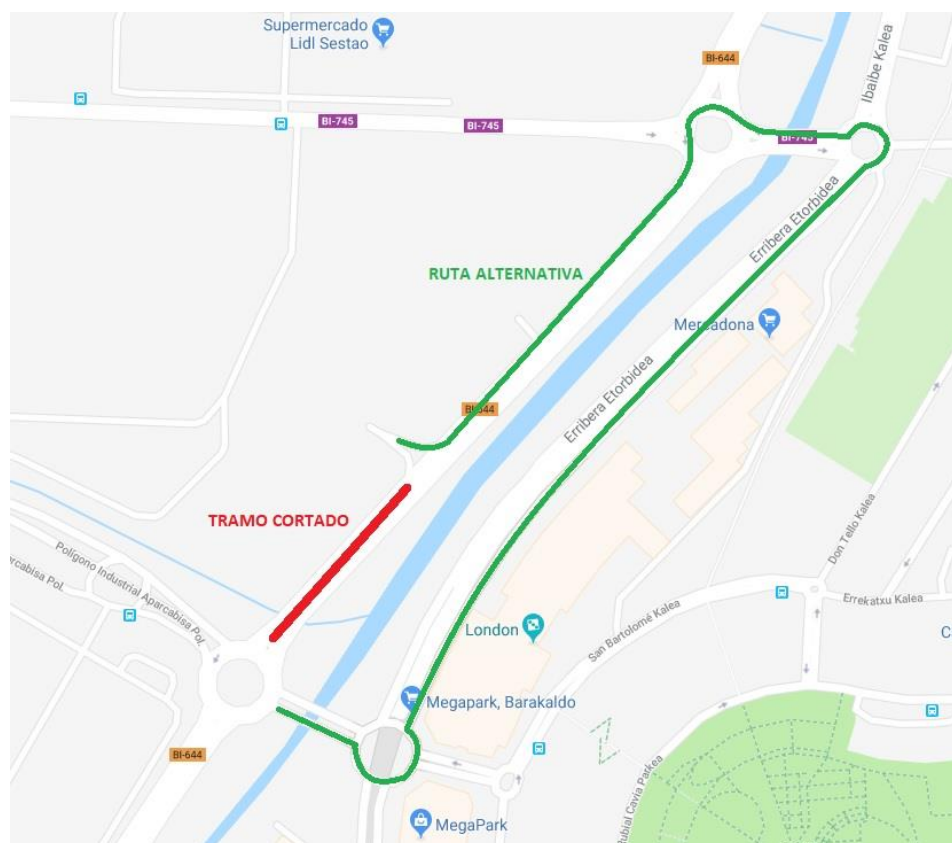


Figura 5.2 – Ruta alternativa durante montaje

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°6

BASES DE CÁLCULO ESTRUCTURAL



INDICE

1	INTRODUCCIÓN	88
2	DISEÑO DE LA PASARELA	88
3	TIPOLOGÍA DE PUENTES Y SU FUNCIONAMIENTO	89
3.1	SELECCIÓN DEL TIPO DE PASARELA Y SUS MATERIALES	90
4	NORMATIVA A UTILIZAR	90
4.1	OBJETO Y AMBITO DE APLICACIÓN	90
5	PRINCIPIOS GENERALES DE PROYECTO	91
5.1	REQUISITOS FUNDAMENTALES	91
5.2	VIDA ÚTIL	91
5.3	CRITERIOS DE COMPROBACIÓN	92
5.4	SITUACIONES DE PROYECTO	92
5.5	ESTADOS LÍMITE	92
5.5.1	Estados límite últimos (ELU)	92
5.5.2	Estados límite de servicio (ELS)	93
5.6	VERIFICACIONES	94
5.6.1	Verificaciones de ELU	94
5.6.2	Verificaciones e ELS	94
5.7	CLASIFICACION DE LAS ACCIONES	94
5.8	VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES	96
5.8.1	Valor de cálculo para comprobaciones en ELU	96
5.8.2	Valor de cálculo para comprobaciones en ELS	98
6	COMBINACIÓN DE ACCIONES	98
6.1	COMBINACIONES EN ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	99
6.1.1	Situación persistente o transitoria	99
6.1.2	Situación accidental	100
6.2	COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELS	101
7	BASES DE CÁLCULO	101
7.1	DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES	101
7.2	ACCIONES PERMANENTES	102
7.2.1	Acciones permanentes de valor constante	102
7.2.2	Peso propio	102
7.2.3	Cargas muertas	102
7.3	ACCIONES VARIABLES	103
7.3.1	Sobrecarga de uso	103
7.3.2	Viento	104
7.3.3	Efectos aeroelásticos	106
7.3.4	Acción térmica	107
7.3.5	Nieve	114
7.4	ACCIONES ACCIDENTALES	116
7.4.1	Impacto de vehículos de carretera contra un elemento estructural del puente o pasarela. 116	



7.5	ACCIÓN SÍSMICA.....	116
8	JUNTAS.....	116
9	ACABADOS Y MANTENIMIENTO.....	117
9.1	Acero	117
9.2	Madera	118
10	PRUEBAS DE CARGA	118
10.1	DESARROLLO DE LA PRUEBA.....	119
10.2	INFORME DE LA PRUEBA DE CARGA.....	119
11	METODO DE MONTAJE	120
11.1	ELECCIÓN DEL METODO DE MONTAJE.....	121
12	CONCLUSIÓN.....	121



1 INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es definir detalladamente la pasarela peatonal así como la de determinar las acciones que afectarán a la estructura y verificar con ellas el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y de servicio.

El cálculo de los elementos de la pasarela se ha llevado a cabo de acuerdo con:

- La 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
- Recomendaciones para la realización de Pruebas de Carga de recepción en puentes de carretera

Para la determinación del diseño de la pasarela y su posterior cálculo se ha utilizado el programa informático CYPE (versión del 2017).

2 DISEÑO DE LA PASARELA

Las pasarelas peatonales tienen la finalidad de salvar un obstáculo como puede ser una carretera (como es el caso), un río o una vía de ferrocarril. Dicho esto se debe considerar que existen varias formas de ejecutar una pasarela, pero los criterios básicos a la hora de definirla son los siguientes:

- Estéticos.

Las pasarelas deben integrarse en la medida de lo posible en el entorno que las rodea y tendrán características agradables a la vista.

- Durabilidad.

La vida útil de las pasarelas se establece como mínimo en 50 años, salvo justificación expresa.

- Constructivos.

Gran parte de los elementos utilizados en la construcción de pasarelas metálicas son o pueden ser prefabricados. El uso de este tipo de elementos hace que los costes asociados a estas estructuras, disminuya, por lo que también lo hace el plazo de ejecución de las mismas.



- Funcionales.

En general, las pasarelas están destinadas al uso de peatones y de ciclistas; 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.

La estructura debe de ser lo más económica posible siempre teniendo en cuenta el cumplimiento del resto de los criterios mencionados en este apartado.

- Medioambientales.

Tanto en la fase de construcción como en la vida útil se minimizará el impacto que la obra pueda ocasionar al medio ambiente.

3 TIPOLOGÍA DE PUENTES Y SU FUNCIONAMIENTO

A la hora de decidir cómo será la geometría de la pasarela hay que tener en cuenta que existen las siguientes tipologías principales de puentes:

- Puentes rectos o vigas.

Los vanos de esta tipología de puente son soportados por vigas en forma de I, en forma de cajón, etc. Son construidos normalmente en madera, acero u hormigón, ya sea armado, pretensado o postensado. Se emplea en luces cortas e intermedias siendo un uso muy típico en pasarelas peatonales.

- Puentes en arco.

Estos puentes tienen sus apoyos situados en los extremos de la luz a salvar, entre los cuales se dispone una estructura con forma de arco con la que se transmiten las cargas. Suelen ser construidos en acero u hormigón y son utilizados para salvar grandes luces ya que su uso normalmente va dedicado a la creación de viaductos de canales y carreteras.

- Puentes colgantes.

El tablero de este puente se sujeta mediante cables en vez de ir apoyado sobre pilas. Construidos en acero, la cantidad de material utilizado es menor que el resto de tipologías llegando a salvar luces mucho mayores.

- Puentes atirantados.

Se diferencian de los puentes colgantes en que en éstos, los cables principales se disponen de pila a pila sosteniendo el tablero mediante cables secundarios. También suelen ser construidos en acero y alcanzan grandes luces.



3.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE PASARELA Y SUS MATERIALES

Para el proyecto que se está realizando la luz a superar es de 24 metros y las condiciones de carga a las que será expuesta no serán tan adversas como las que pudiera tener un puente o viaducto normal por el hecho que será simplemente peatonal y ciclista. Además, la norma recomienda, para luces de entre 10 y 40 metros, la utilización de puentes viga. Por tanto, la tipología seleccionada para la ejecución de la pasarela será de puente recto o puente viga. Más concretamente, la viga será una celosía tipo Warren.

En cuanto al material a emplear en la estructura será acero y se colocará en forma de celosía de manera que la pasarela cubra los 24 metros de distancia de la forma más liviana posible y aprovechando al máximo las ventajas de resistencia que posee el acero.

Para la cimentación que soportará el peso de la estructura se empleará hormigón en forma de zapatas que asegurará la transmisión de las cargas recibidas de la estructura al terreno.

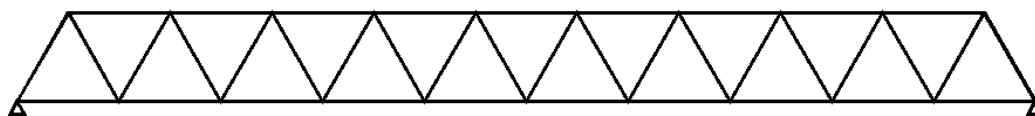


Figura 6.1. – Celosía tipo Warren

4 NORMATIVA A UTILIZAR

Para la determinación de las acciones sobre los diferentes elementos estructurales que componen la estructura se ha tomado como referencia la normativa IAP-11.

4.1 OBJETO Y AMBITO DE APLICACIÓN

La instrucción sobre las acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera (IAP-11) tiene por objeto la determinación de las acciones, coeficientes de ponderación y la combinación de acciones que han de tenerse en cuenta para el cálculo estructural de puentes y otras estructuras de la red de carreteras del Estado. Además, se incluyen los criterios funcionales que han de cumplir los puentes.

También será de aplicación esta instrucción al proyecto de estructuras asimilables a puentes, pasarelas para peatones, ciclistas o ciclomotores y a las obras de acompañamiento, tales como rampas, escaleras y muros.

Esta instrucción podrá aplicarse en las correspondientes comprobaciones a la evaluación, ampliación o refuerzo de puentes ya existentes, con las especificaciones complementarias o modificaciones de las prescripciones recogidas en la instrucción.



La instrucción se utilizará de forma complementaria con el resto de la normativa vigente que tenga su ámbito de aplicación en el presente proyecto.

5 PRINCIPIOS GENERALES DE PROYECTO

5.1 REQUISITOS FUNDAMENTALES

La 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 al periodo de tiempo, desde la fecha en la que se finaliza su ejecución, durante el cual la estructura cumple la función para la que fue construida, contando siempre con una conservación adecuada pero sin que sea necesario unas operaciones significativas para su mantenimiento. La instrucción establece la vida útil de los puentes de carretera en 100 años.



5.3 CRITERIOS DE COMPROBACIÓN

Las comprobaciones estructurales a realizar están 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.

5.4 SITUACIONES DE PROYECTO

Una situación de proyecto se define como el conjunto de condiciones físicas que pueden presentarse durante un cierto periodo de tiempo sobre la estructura. Deberá comprobarse que la estructura no falla ante ninguna de las posibles situaciones. La instrucción contempla las siguientes situaciones:

- Situaciones persistentes. Son las condiciones normales a las que puede estar sometida la estructura durante su vida útil.
- Situaciones transitorias. Se producen cuando las condiciones de uso o estado son temporales, como puede ser durante su construcción.
- Situaciones accidentales. Corresponden a condiciones excepcionales con poca probabilidad de ocurrir. Por ejemplo el impacto de un vehículo contra la estructura.
- Situaciones sísmicas. Corresponden a las situaciones excepcionales provocadas por la actividad sísmica de la Tierra.

5.5 ESTADOS LÍMITE

Los estados límite se definen como 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 (ELU)

Los 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 porque 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 (ELS)

Los 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 Verificaciones de ELU

Para verificar el estado límite último de equilibrio, se debe cumplir la siguiente condición:

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

Siendo:

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

Para el resto de los estados límite últimos, salvo el de fatiga, se debe satisfacer la siguiente condición:

$$E_d \leq R_d$$

Siendo:

- E_d : El valor de cálculo del efecto de las acciones actuantes.
- R_d : El valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

La verificación del estado límite último de fatiga se determinará de acuerdo a los criterios que recoge cada norma específica de cada material.

5.6.2 Verificaciones e ELS

Para verificar el estado límite de servicio, se debe satisfacer la condición siguiente:

$$E_d \leq C_d$$

Siendo:

- E_d : El valor de cálculo del efecto de las acciones.
- C_d : El valor de cálculo del efecto de las acciones para el ELS considerado.

5.7 CLASIFICACION 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.

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.



5.8 VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

El valor de cálculo de una acción se obtiene multiplicando su valor representativo por el correspondiente coeficiente parcial γ_F

Los coeficientes γ_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 limite 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.

5.8.1 Valor de cálculo para comprobaciones en ELU

5.8.1.1 Situación persistente o transitoria

- Comprobaciones de equilibrio (EQU)

Se adoptarán los valores de los coeficientes γ_F indicados en la siguiente tabla:

ACCIÓN	EFECTO		
	ESTABILIZADOR	DESESTABILIZADOR	
Permanente (G y G^*)	Peso propio	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Carga muerta	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	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 ⁽²⁾	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.

Tabla 6.1. – Valores de cálculo para las comprobaciones en ELU (IAP-11)



- Comprobaciones resistentes (STR)

Se adoptarán los valores de los coeficientes γ_F indicados en la siguiente tabla:

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 ⁽¹⁾ / 1,3 ⁽²⁾
	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 ⁽³⁾
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,35
	Sobrecarga de uso	0	1,35
Variable (Q)	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 tesar.
- (2) El coeficiente $\gamma_{G^*} = 1,3$ se aplicará al pretensado P_1 en casos de inestabilidad (pandeo) cuando ésta 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.

Tabla 6.2. – Valores de los coeficientes parciales (IAP-11)

- Comprobaciones de fatiga (FAT)

Como ya se ha mencionado anteriormente, el cálculo de las comprobaciones de fatiga están profundamente ligadas a cada materiales por lo que están regidas en la normativa específica que corresponda.

5.8.1.2 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.



5.8.2 Valor de cálculo para comprobaciones en ELS

Para las comprobaciones del estado límite de servicio se adoptarán los valores de los coeficientes parciales γ_F de la siguiente tabla:

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*)	Pretensado P_1	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Pretensado P_2	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
	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.

Tabla 6.3. – Valores de cálculo para comprobaciones en 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 EN ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

6.1.1 Situación persistente o transitoria

La combinación de las acciones en una situación persistente o transitoria viene definida por la siguiente expresión:

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

Siendo:

- $G_{k,j}$: Valor característico de cada acción permanente.
- $G_{k,m}^*$: Valor característico de cada acción permanente de valor no constante.
- $Q_{k,1}$: 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 como sea necesario, considerando, una de las acciones variables como dominante y el resto como concomitantes.

Al combinar las acciones variables se tendrán en cuenta estas prescripciones:

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

Tabla 6.4. – Grupos de cargas (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 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 viene definida por la siguiente expresión:

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

Siendo:

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

En general, en esta situación, no se considera la actuación del viento ni de la nieve.



6.2 COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELS

Según el estado límite de servicio que se vaya a verificar, se adoptará uno de los tres tipos de combinación siguientes:

- Combinación característica (poco probable):

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

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

- Combinación frecuente:

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

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 en general para la verificación de ELS reversibles.

7 BASES DE CÁLCULO

En el presente apartado se demostrarán los cálculos realizados para llevar a cabo la estructura metálica. Primeramente se obtendrán las acciones de cálculo que afectarán a la estructura y que serán introducidas en el programa Cype(2017) para que este realice los cálculos correspondientes y verifique así la validez de la estructura propuesta.

7.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales que se utilizarán para la construcción de la pasarela son los siguientes:

- Acero:

Para la construcción de la estructura se utilizarán perfiles de acero S275 JR con las siguientes características:

- o Tensión de límite elástico: 275 N/mm²
- o Tensión de rotura: 410 N/mm²

- Hormigón:

Se utilizará hormigón HA-25 Yc=1,15 con las siguientes características:

- o Resistencia a tracción: 2,6N/mm²
- o Peso específico: 25kn/m³



7.2 ACCIONES PERMANENTES

7.2.1 Acciones permanentes de valor constante

Las cargas permanentes son principalmente las producidas por el peso de los elementos que forman parte de la estructura. La instrucción valora el peso propio y las cargas muertas.

El valor de las acciones se obtendrá a partir del peso específico de los elementos y de sus dimensiones. Los pesos específicos que se tomarán para el cálculo son los siguientes:

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

Tabla 6.5 – Peso propio de los materiales

7.2.2 Peso propio

Esta acción no será necesaria calcularla manualmente ya que el programa utilizado (Cype) ya tiene en cuenta automáticamente la acción del peso propio sobre la estructura. Únicamente habrá que introducir el tipo de material.

7.2.3 Cargas muertas

Son las cargas de elementos no estructurales que gravitan sobre los elementos que sí forman parte de la estructura. En este caso las únicas cargas muertas serán el pavimento de madera antideslizante de 4cm de espesor que se colocará sobre la estructura metálica y el mallado metálico que se colocará entre las barras que forman la celosía lateral. El peso de los materiales se obtiene de la tabla anterior (Tabla 6.5.).



- Pavimento de madera en tablero:

$$9 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,04m \cdot 1,5m = 0,54 \frac{kN}{m} = 0,054 \frac{t}{m}$$

- Pavimento de madera en rampas:

$$9 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,04m \cdot 1,25m = 0,45 \frac{kN}{m} = 0,045 \frac{t}{m}$$

- Mallado metálico en tablero:

La malla metálica electrosoldada será de barras de 3mm de diámetro colocadas en una malla de 30mmx30mm. Esta carga actuará sobre las vigas longitudinales directamente. En cada hueco triangular de área 0,93m² hay una cantidad de acero igual a:

$$\frac{1}{2} \left[\frac{1,5m}{0,03m} (\pi \cdot 0,0015^2 \cdot 1,25) + \frac{1,25}{0,03} (\pi \cdot 0,0015^2 \cdot 1,5) \right] = 4,38 \cdot 10^{-4} m^3$$

Sabiendo que existen 32 huecos triangulares en cada lado de la pasarela y que el acero pesa 78,5kN/m³:

$$78,5 \frac{kN}{m^3} \cdot 4,38 \cdot 10^{-4} m^3 \cdot 32 \cdot \frac{1}{24m} = 0,046 \frac{kN}{m} = 0,0046 \frac{t}{m}$$

- Barandilla en rampas y escaleras:

$$78,5 \frac{kN}{m^3} \cdot \pi \cdot (0,025cm)^2 \cdot \frac{1000N}{1kN} \cdot \frac{1kg}{9,81N} = 15,71 \frac{kg}{m} = 0,01571 \frac{t}{m}$$

7.3 ACCIONES VARIABLES

7.3.1 Sobrecarga de uso

De acuerdo con la norma, en las pasarelas de uso peatonal, se supondrá una sobrecarga uniforme de 5kN/m². Se aplicará tanto en las vigas longitudinales como en las transversales. De esta forma obtenemos que para el tablero la sobrecarga de uso será:

$$5 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5m \cdot 24m \cdot \frac{1}{2,5m \cdot 16 + 24m \cdot 2} = 3,31 \frac{kN}{m} = 0,331 \frac{t}{m}$$

Sobrecarga de uso en rampas:

$$5 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5m \cdot 10m \cdot \frac{1}{10 \cdot 2 + 2,5 \cdot 8} = 3,125 \frac{kN}{m} = 0,312 \frac{t}{m}$$

También se aplicará una carga Q_{fIk} 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. Esta carga se considera suficiente para asegurar la



estabilidad horizontal longitudinal de la pasarela y actuará en conjunto con la carga de sobreuso calculada anteriormente.

$$10\% \left(5 \frac{kN}{m^2} \right) = 0,5 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3m = 0,15 \frac{kN}{m} = 0,015 \frac{t}{m}$$

7.3.2 Viento

La instrucción IAP-11 dicta que en puentes de hasta 40 m de luz (medida entre ejes de apoyos y de menos de 20m de altura máxima de pila, podrá considerarse únicamente el viento transversal, con los valores de empuje unitario F_w / A_{ref} indicados en la tabla siguiente siempre que se cumplan las condiciones siguientes:

- $C_{f,x} \leq 1,8$ en tableros
- $C_{f,x} \leq 2,2$ en pilas
- $C_0 = 1$
- $C_{prob} \leq 1,04$

En la pasarela de estudio:

- $C_{f,x}$ es el coeficiente de fuerza para la sección de estudio. El tablero tiene un coeficiente de 1,8 y las pilas de 2.
- C_0 es el factor de topografía que se tomara habitualmente igual a 1,0. A excepción de las localizaciones con particularidades topográficas. No es el caso por lo que $C_0 = 1$.
- C_{prob} es el factor de probabilidad definido por esta fórmula y donde los valores de K y n valen 0,2 y 0,5, respectivamente:

$$C_{prob} = \left\{ \frac{1 - K \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]}{1 - K \cdot \ln[-\ln(0,98)]} \right\}^n = 1,04$$

Dado que la pasarela de estudio cumple todas las condiciones, se empleará el método de cálculo simplificado para la obtención de la carga de viento. Este viento, según el método simplificado actuará únicamente en dirección transversal al tablero.

Para puentes con altura de pila menor a 10 metros se utiliza la siguiente tabla:

TIPO DE ENTORNO (APARTADO 4.2.2)	EMPUJE SOBRE TABLERO [kN/m ²]			EMPUJE SOBRE PILAS [kN/m ²]		
	$v_{b,0} = 26$ m/s	$v_{b,0} = 27$ m/s	$v_{b,0} = 29$ m/s	$v_{b,0} = 26$ m/s	$v_{b,0} = 27$ m/s	$v_{b,0} = 29$ m/s
0	2,58	2,78	3,21	3,16	3,40	3,93
I	2,29	2,47	2,85	2,79	3,01	3,47
II	1,94	2,09	2,41	2,37	2,56	2,95
III	1,47	1,58	1,83	1,80	1,94	2,23
IV	0,93	1,00	1,15	1,14	1,23	1,42

Tabla 6.6. – Método simplificado carga de viento (IAP-11)

La norma define los diferentes tipos d entornos de la siguiente forma:

- 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, con separaciones de al menos 20 metros entre 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 15m.

En cuanto a la velocidad básica fundamental $V_{b,0}$ se puede obtener del mapa de isotacas que proporciona la norma IAP-11 y que se adjunta a continuación.



Figura 6.1. – Mapa de velocidad básica del viento (IAP-11)



Dado que Barakaldo se encuentra en la zona C, se tomará una velocidad básica del viento de 29 m/s

Finalmente entrando en la tabla se obtiene que para un entorno tipo III y una velocidad básica de 29m/s, el empuje sobre el tablero será de 1,83 kN/m² y sobre las pilas de 2,23 kN/m².

- Tablero: $1,83 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,14m = 0,26 \frac{kN}{m} = 0,026 \frac{t}{m}$
- Pilares: $2,23 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3m = 0,67 \frac{kN}{m} = 0,067 \frac{t}{m}$

7.3.3 Efectos aeroelásticos

No será necesario comprobar los efectos aeroelásticos en los puentes y pasarelas que cumplan simultáneamente las tres condiciones siguientes:

- Luz inferior a 200m en puentes y a 100m en pasarelas.
- Luz efectiva (máxima distancia entre puntos de momento flector nulo bajo la acción del peso propio) menor que 30 veces el canto.
- Anchura del tablero superior a 1/10 de la distancia entre puntos de momento transversal nulo bajo la acción del viento transversal.

Aunque no cumpla alguna de las tres condiciones anteriores, tampoco será necesario comprobar los efectos aeroelásticos en puentes o pasarelas en los que ocurran las dos circunstancias siguientes:

- Luz menor a 80m.
- Frecuencia fundamental de flexión vertical mayor a 2Hz.

La frecuencia fundamental de flexión se define de la siguiente forma:

$$f_B = 0,18 \sqrt{\frac{g}{v}}$$

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: la aceleración de la gravedad

La lecha máxima permitida en pasarelas es de L/1200 es decir: 24/1200= 0,02m

Por tanto:



$$f_B = 0,18 \sqrt{\frac{g}{v}} = 0,18 \sqrt{\frac{9,81}{0,02}} = 3,98 \text{ Hz} > 2 \text{ Hz}$$

Así pues, se demuestra que no es necesario realizar el cálculo de los efectos aeroelásticos en la estructura.

7.3.4 Acción térmica

7.3.4.1 Acción térmica en tableros

A efectos de aplicación de esta Instrucción, para evaluar el efecto de la acción térmica se considerarán los siguientes 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.

7.3.4.2 Comprobación uniforme de la temperatura del tablero.

a) 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 T_{\max} depende del clima del lugar y de la altitud y, para un periodo de retorno de 50 años (lo que equivale a una probabilidad anual de ser excedido de 0,02), será el que se indica en el mapa de isotermas.

Como valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra T_{\min} se tomará, para un periodo de retorno de 50 años, el que se deduce de la tabla en función de la altitud del emplazamiento y de la zona climática invernal que se deduce del mapa de isotermas.

Para periodos de retorno diferentes de 50 años, se deben de ajustar los valores de $T_{\max,p}$ y $T_{\min,p}$ según las expresiones siguientes, válidas para $T_{\min} < 0$:

$$T_{\max,p} = T_{\max} \{k_1 - k_2 \ln[-\ln(1 - p)]\}$$

$$T_{\min,p} = T_{\min} \{k_3 - k_4 \ln[-\ln(1 - p)]\}$$

Siendo p el inverso del periodo de retorno y considerando para los coeficientes los valores: $k_1 = 0,781$; $k_2 = 0,056$; $k_3 = 0,393$ y $k_4 = -0,156$.

Para situaciones persistentes, se considerará un periodo de retorno de 100 años ($p=0,01$).

Para situaciones transitorias, se tomarán los periodos de retorno indicados, salvo que se justifiquen adecuadamente otros valores.

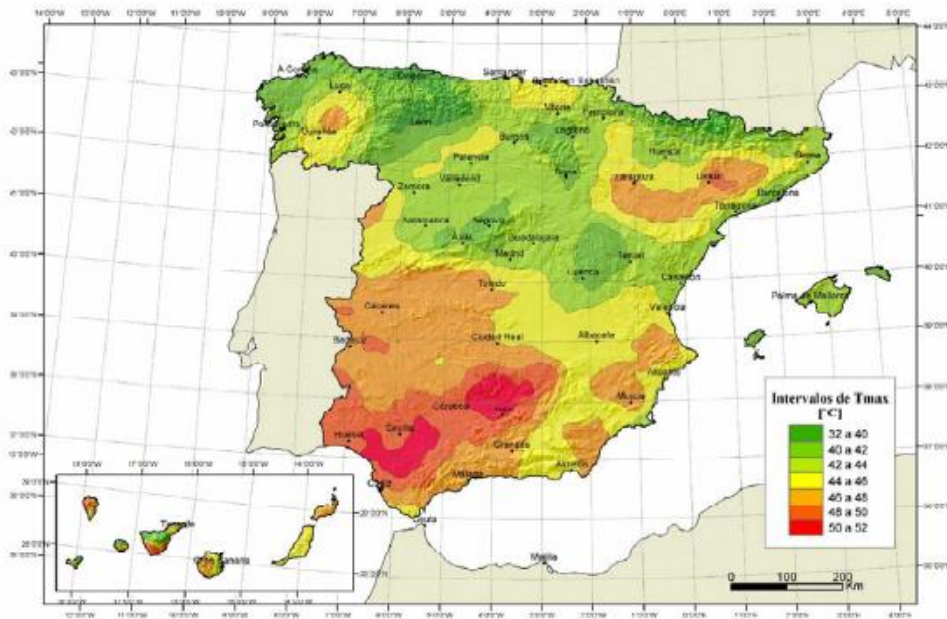


Figura 6.2. – Mapa de temperaturas máximas en España (IAP-11)



Figura 6.3. – Mapa de zonas en España (IAP-11)

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 6.7. – Tabla de temperaturas mínimas.

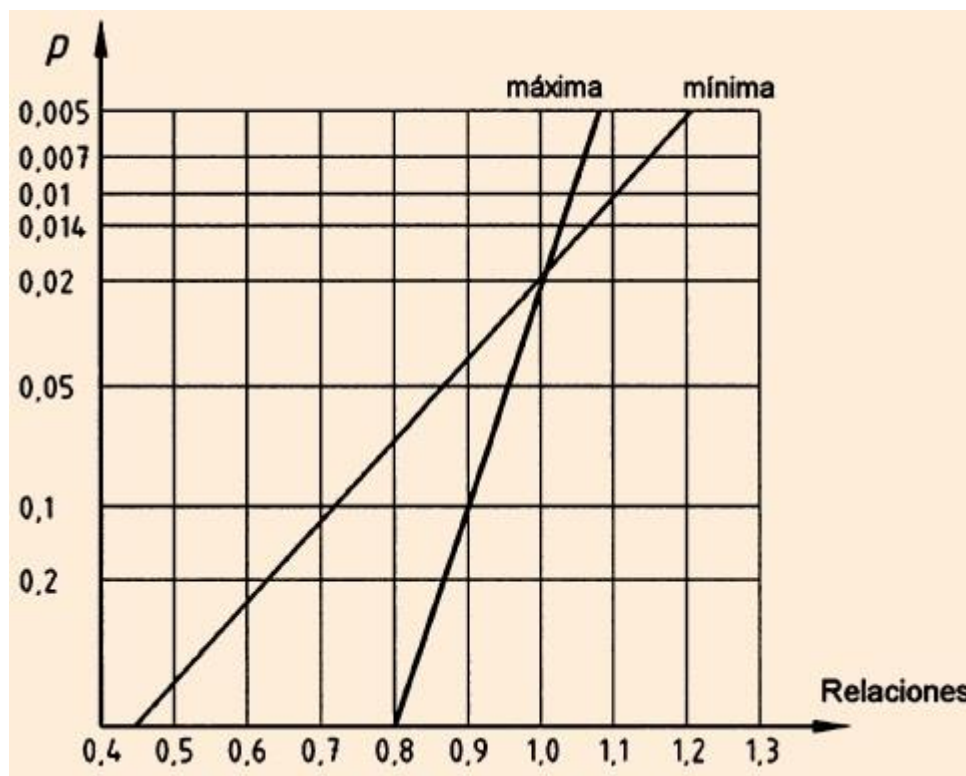


Figura 6.4. – Relación de temperaturas

Con la ayuda de las tablas y mapas, se determina que en la zona de Barakaldo la temperatura máxima se encontrará entre los 44 y 46°C y la mínima será de unos -7°C.

b) Componente uniforme de la temperatura

La componente uniforme de la temperatura del tablero, también denominada “temperatura efectiva” (temperatura media de la sección transversal), tendrá un valor mínimo $T_{e,min}$ y un valor máximo $T_{e,max}$ que se determinarán a partir de la temperatura del aire, mediante las expresiones siguientes:

$$T_{e,min} = T_{min} + \Delta T_{e,min}$$

$$T_{e,max} = T_{max} + \Delta T_{e,max}$$

donde:

- T_{min} : valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente con el ajuste correspondiente al periodo de retorno.
- T_{max} : valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente con el ajuste correspondiente al periodo de retorno

Con los valores de $\Delta T_{e,min}$ y $\Delta T_{e,max}$ obtenidos de la tabla siguiente:

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

Tabla 6.8. – Variación de temperatura según el tipo de tablero

Ya que el tablero de la pasarela de estudio es de acero (Tipo 1), se aplicará un $\Delta T_{e,min} = -3^{\circ}C$ y un $\Delta T_{e,max} = 16^{\circ}C$. Además, en el caso de celosías y vigas de acero, el valor de $\Delta T_{e,max}$ puede reducirse en $3^{\circ}C$. Por tanto:

$$T_{e,min} = T_{min} + \Delta T_{e,min} = -7^{\circ}C + (-3^{\circ}C) = -10^{\circ}C$$

$$T_{e,max} = T_{max} + \Delta T_{e,max} = 45^{\circ}C + (16^{\circ}C - 3^{\circ}C) = 58^{\circ}C$$

Para la determinación de los efectos debidos a la componente uniforme de temperatura, se emplearán los valores del coeficiente de dilatación térmica lineal indicados en la tabla siguiente, a menos que, mediante ensayos o estudios más detallados, se justifiquen otros valores.

MATERIAL	α_T ($\times 10^{-6} \text{ }^{\circ}C^{-1}$)
Acero inoxidable	16
Acero estructural, hierro dulce o fundición ⁽¹⁾	12
Hormigón ⁽²⁾	10

⁽¹⁾ En estructuras mixtas, el coeficiente de dilatación lineal del acero estructural puede tomarse igual al del hormigón: $\alpha_T = 10 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}C^{-1}$

⁽²⁾ En el caso de hormigón con áridos ligeros: $\alpha_T = 7 \times 10^{-6} \text{ }^{\circ}C^{-1}$

Tabla 6.9. – Coeficiente de dilatación



Como la estructura se realizará en acero inoxidable, el coeficiente de dilatación térmica α_T será $16 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

c) Rango de la componente uniforme de temperatura

La variación de la componente uniforme de temperatura ocasionará, en una estructura sin coacción al movimiento, un cambio en la longitud del elemento. Teniendo en cuenta lo indicado en el apartado anterior, el rango de variación de la componente uniforme de temperatura en el tablero será:

$$\Delta T_N = T_{e,max} - T_{e,min}$$

$$\Delta T_N = 58^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 68^\circ\text{C}$$

A partir de los valores característicos máximo y mínimo de la componente uniforme de temperatura y a partir de la temperatura inicial T_0 (temperatura media del tablero en el momento en que se coacciona su movimiento), se obtendrán los rangos de variación térmica que permitan determinar la contracción y la dilatación máximas del tablero, según lo indicado en los párrafos siguientes.

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de temperatura en contracción $\Delta T_{N,con}$ será:

$$\Delta T_{N,con} = T_0 - T_{e,min}$$

$$\Delta T_{N,con} = 15^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 25^\circ\text{C}$$

El valor característico de la máxima variación de la componente uniforme de temperatura en dilatación $\Delta T_{N,exp}$ será:

$$\Delta T_{N,exp} = T_0 - T_{e,min}$$

$$\Delta T_{N,exp} = 58^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 43^\circ\text{C}$$

En caso de que no sea posible establecer la temperatura inicial T_0 del elemento en el momento de coaccionar su movimiento, ésta se tomará igual a la temperatura media de dicho elemento durante el periodo de construcción y, en ausencia de esta información, podrá tomarse un valor $T_0 = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$.

El dimensionamiento de los aparatos de apoyo y de las 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 del puente el valor de $(\Delta T_{N,exp}+15) \text{ } ^\circ\text{C}$.

7.3.4.3 Componente de la diferencia de temperatura

d) Diferencia vertical

Para puentes de acero (Tipo 1) y puentes de hormigón (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).

El efecto de la diferencia vertical de temperatura se debe considerar mediante el empleo de una componente lineal equivalente de la diferencia de temperatura con $\Delta T_{M,heat}$ y $\Delta T_{M,cool}$. Estos valores son diferencias de temperatura entre las fibras superior e inferior del tablero.

Para tableros de acero (Tipo1) o tableros de hormigón (Tipo 3), los valores $\Delta T_{M,heat}$ y $\Delta T_{M,cool}$ serán los que aparecen en la tabla siguiente:

TIPO DE TABLERO	FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE	FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA
	$\Delta T_{M,heat}$ [°C]	$\Delta T_{M,cool}$ [°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

Tabla 6.10. – Componente lineal de la diferencia vertical de temperatura (IAP-11)

La diferencia vertical de temperatura está muy influenciada por el tipo y espesor del pavimento. Los valores dados en la tabla anterior corresponden a un espesor de pavimento de 50mm. Para espesores diferentes, será necesario aplicar un corrector k_{sur} dado en la tabla siguiente:

ESPESOR 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 ⁽¹⁾	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

⁽¹⁾ Estos valores representan valores límite superiores para superficies de color oscuro.

Tabla 6.11. – Coeficientes de influencia del tipo y espesor del pavimento



e) 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.

En aquellos casos en que esta acción pueda dar lugar a efectos estructurales o funcionales significativos, se considerarán los valores característicos de la diferencia de temperatura entre las dos caras laterales extremas del tablero definidos en la tabla siguiente, donde l_v es la longitud del voladizo y h_a es la proyección del paramento lateral del tablero sobre el plano vertical.

TABLEROS TIPO 1 Y TIPO 2		TABLEROS TIPO 3	
$l_v \leq 2 h_a$	$l_v > 2 h_a$	$l_v \leq 2 h_a$	$l_v > 2 h_a$
18 °C	-	5 °C	-

Tabla 6.12. – Diferencia transversal de temperatura entre las dos caras extremas del tablero (IAP-11)

7.3.4.4 Simultaneidad de la componente uniforme y 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.



$$1. 18 + 0,35 \cdot 43 = 33,05^{\circ}C$$

$$2. 18 + 0,35 \cdot 25 = 26,75^{\circ}C$$

$$3. 13 + 0,35 \cdot 43 = 28,05^{\circ}C$$

$$4. 13 + 0,35 \cdot 25 = 21,75^{\circ}C$$

$$5. 0,75 \cdot 18 + 43 = 56,50^{\circ}C$$

$$6. 0,75 \cdot 18 + 25 = 38,50^{\circ}C$$

$$7. 0,75 \cdot 13 + 43 = 52,49^{\circ}C$$

$$8. 0,75 \cdot 13 + 25 = 34,75^{\circ}C$$

Las hipótesis más desfavorables, y por tanto las que se utilizarán en los cálculos son la hipótesis nº4 (21,75°C) y la nº5 (56,50°C).

7.3.5 Nieve

En general, sólo será necesario considerar la sobrecarga de nieve en puentes situados en zonas de alta montaña o durante la construcción.

De no existir datos específicos suficientes de la zona en que se ubicará el puente, se tomará como valor característico de la sobrecarga de nieve que se indica más adelante. Los valores recogidos en esta Instrucción no serán de aplicación en puentes situados en lugares conocidos por sus condiciones extremas de viento o nieve. En el caso de altitudes superiores a 2200 m, será necesario un estudio específico para determinar la sobrecarga de nieve.

7.3.5.1 Sobrecarga de nieve sobre el tablero

Como valor característico de la sobrecarga de nieve sobre tableros q_k , se adoptará el definido por la siguiente expresión:

$$q_k = 0,8s_k$$

Donde s_k es el valor característico de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal. Dicho valor se obtiene de la tabla siguiente.



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	-	-	-	-	-

Tabla 6.13. – Sobrecarga de nieve en una superficie horizontal (IAP-11)

Y la zona de clima invernal se obtiene de la Figura 6.3 del apartado anterior:

Con esto se puede ver que Bilbao, el cual se encuentra a una altura de 0m y en la zona 1 del mapa, tendrá un valor característico de sobrecarga de nieve (s_k) de 0,3 kN/m². Por lo que la formula anterior queda:

$$q_k = 0,8s_k = 0,8 \cdot 0,3 \frac{kN}{m^2} = 0,24 \frac{kN}{m^2}$$

Esta carga se aplicará sobre las vigas transversales y longitudinales que conforman el tablero. Quedando una carga repartida de:

$$q_k = 0,24 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5m \cdot 24m \cdot \frac{1}{(2 \cdot 24 + 16 \cdot 2,5)m} = 0,16 \frac{kN}{m^2} = 0,016 \frac{kN}{m^2}$$

Para las rampas la carga de nieve queda de la siguiente forma:

$$q_k = 0,24 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5m \cdot 10m \cdot \frac{1}{(2 \cdot 10 + 8 \cdot 2,5)m} = 0,15 \frac{kN}{m^2} = 0,015 \frac{kN}{m^2}$$



7.4 ACCIONES ACCIDENTALES

7.4.1 Impacto de vehículos de carretera contra un elemento estructural del puente o pasarela.

A efectos de aplicación de la Instrucción, el impacto de un vehículo de carretera contra las pilas o elementos de sustentación del puente o pasarela no será necesario considerarla cuando la distancia entre las pilas y el borde de la calzada sea superior a lo indicado al respecto en la reglamentación relativa a barreras de seguridad de la Dirección General de Carreteras, o cuando, de acuerdo con la misma reglamentación, se disponga de la protección adecuada.

En la ubicación de la pasarela del presente proyecto, los pilares que soportarán el tablero se encuentran cubiertos por un guardarraíl. Además, la pasarela se encuentra junto a una rotonda donde se considera que la velocidad de los vehículos no será suficiente como para traspasar el guardarraíl e impactar de forma grave a las pilas de la pasarela. Por tanto se puede determinar que no es necesario el cálculo de acciones accidentales por impactos de vehículos.

Así mismo, tampoco se considerará el impacto de vehículos ferroviarios ni de embarcaciones por no estar cerca de ninguno de estos dos tipos de vehículos.

7.5 ACCIÓN SÍSMICA

La acción sísmica no se considerará para este proyecto debido a que la sismicidad de la zona es prácticamente inexistente. En el segundo anejo del presente proyecto (Geología y Geotecnia) se ha demostrado que no es necesario su cálculo.

8 JUNTAS

Para evitar la transferencia de cargas entre las diferentes partes que componen la estructura, se han colocado juntas entre el tablero y las rampas para asegurar la independencia de dichas partes de la pasarela y poder hacer así los cálculos de dichos elementos de forma independiente.

Las juntas de dilatación se colocarán de forma que, además de asegurar la independencia de los elementos, la estructura pueda deformarse con mayor libertad y pueda liberar los esfuerzos térmicos producidos por su dilatación y contracción. Dichas juntas se colocarán en la unión entre el tablero y las rampas. Se definirá su colocación con más detalle en el plano correspondiente.



9 ACABADOS Y MANTENIMIENTO

Los materiales utilizados en la realización de la estructura son acero y madera. Todos estos materiales tendrán un acabado que garantice su durabilidad a lo largo de toda la vida útil de la estructura.

9.1 Acero

El acero es un material de increíbles características para su empleo en la construcción. Pero existen causas que pueden ocasionar que pierda esas buenas características. Las principales son el fuego y la corrosión.

El fuego, si se encuentra cerca de una estructura metálica puede calentar esta hasta el punto en el que pierde su capacidad para soportar el peso de las cargas que actúan sobre ella. Con una temperatura de 1200°C el acero se fundiría por completo, pero no es necesario llegar a tal punto para que la estructura sea inservible. Un incendio que lleve al acero hasta los 600°C de temperatura ocasionará en este que pierda más de la mitad de su resistencia, lo que provocaría casi con total seguridad el colapso de la estructura.

En el presente proyecto no se tomarán medidas protectoras contra el fuego debido a que se considera que la posibilidad de que pueda haber un incendio en la estructura de estudio o en sus alrededores es remota.

El otro gran enemigo del acero es la corrosión. La corrosión del acero se genera en su superficie y es causada por la reacción de oxidación entre el oxígeno del aire con el hierro del acero dando lugar a los óxidos de hierro. El problema es que esta corrosión avanza hacia el interior de los elementos que conforman la estructura y merma su sección provocando una reducción de las capacidades resistentes de dichas piezas.

Para evitar que la corrosión debilite la estructura se aplicará una capa de pintura, compuesta por una capa de imprimación y una capa de acabado, para evitar que el oxígeno del aire llegue hasta el acero.

- La capa de imprimación contiene partículas metálicas que también reaccionan con el oxígeno. De esta forma, si el oxígeno consiguiese atravesar la capa de acabado, este reaccionaría con los metales de la capa de imprimación y no con el acero estructural evitando que este último se debilite. A este tipo de protección se le denomina protección activa.
- La capa de acabado se aplica sobre la de imprimación y formará una capa de recubrimiento a fin de evitar que el oxígeno penetre hacia el interior. A este tipo de protección se la denomina protección pasiva.



9.2 Madera

En cuanto a la madera, esta ya vendrá tratada de fábrica y la única consideración que habrá que tener será la de almacenarla en un lugar seco para evitar que se humedezca y pierda propiedades y a la hora de colocarla se haga en un día en el que no llueva.

De la misma forma, si se fuera a cambiar una pieza de madera por que ha perdido sus propiedades y ha quedado inservible, se procurará hacerlo también durante un día en el que no llueva.

Una vez realizados los taladros que fueran necesarios en las maderas para su montaje, se habrá eliminado la capa protectora que trae de fábrica. Para evitar que se generen estos puntos de debilidad, las maderas se tratarán con un lijado y un posterior aplique de barniz impermeabilizante en las zonas afectadas. De la misma forma si dichas zonas coinciden con el pavimento también habrá que recomponer la capa antideslizante.

10 PRUEBAS DE CARGA

Todo puente proyectado según la norma 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 esfuerzo 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



11 METODO 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 a/o 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.



11.1 ELECCIÓN DEL METODO DE MONTAJE

Dado que la pasarela no es excesivamente larga ni pesada, se ha elegido el método de elevación a la hora de montar la estructura. También este método es el correcto por el hecho de ser uno de los métodos que menos perturban la carretera que se encuentra bajo la pasarela.

El montaje consistirá en construir los pilares donde se apoyará el tablero en su lugar definitivo y el tablero se construirá en el lateral de la carretera donde hay espacio más que suficiente. Una vez terminado, y durante la noche para evitar molestias a los vehículos que puedan circular por esa carretera, se cortará la calle y se procederá a levantar el tablero mediante grúas y a colocarlo sobre los soportes en su posición definitiva. El levantamiento se realizará desde los extremos. En caso de no levantarse desde los extremos podría colapsar la estructura puesto que ha sido dimensionado en base a que el tablero va a estar apoyado en esos puntos.

12 CONCLUSIÓN

La geometría tanto en planta, alzado y 3D, definición de perfiles, detalles de las cimentaciones y las uniones de los elementos se recogen en su totalidad en los planos adjuntos al proyecto.

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°6.1

ESTRUCTURA METÁLICA



INDICE

1	INTRODUCCIÓN	124
2	ESTRUCTURA FINAL.....	125
2.1	TABLERO	125
2.1.1	Listado de perfiles utilizados.....	125
2.1.2	Justificación de la elección de perfiles	126
2.1.3	Coeficientes de pandeo	126
2.1.4	Justificación de los coeficientes de pandeo	126
2.1.5	Comprobación de perfiles utilizados	127
2.2	RAMPA ESTE.....	188
2.2.1	Perfiles utilizados	188
2.2.2	Justificación de perfiles utilizados	189
2.2.3	Coeficientes de pandeo	189
2.2.4	Justificación de los coeficientes de pandeo.....	189
2.2.5	Comprobación de perfiles utilizados	189
2.3	RAMPA OESTE	251
2.3.1	Perfiles utilizados	251
2.3.2	Justificación de perfiles utilizados	251
2.3.3	Coeficientes de pandeo	252
2.3.4	Justificación de los coeficientes de pandeo.....	252
2.3.5	Comprobación de perfiles utilizados	252
3	UNIONES	291
3.1	UNIONES EN TABLERO	292
3.2	UNIONES EN RAMPA ESTE.....	312
3.3	UNIONES EN RAMPA OESTE	341



1 INTRODUCCIÓN

En el presente apartado se detallan los diferentes tipos de perfiles utilizados para llevar a cabo la construcción de la pasarela así como la justificación de su elección, adjuntando las comprobaciones de Estado Límite Último realizadas con el programa Cype 2017 así como las uniones necesarias para unir los perfiles mencionados.

2 ESTRUCTURA FINAL

En el siguiente apartado se describirán las barras utilizadas (número, tipo de perfil, longitud) en cada parte de la pasarela: tablero, rampas y eescalera. A estos datos se adjuntará las comprobaciones que se han realizado con el programa de cálculo Cype 2017.

2.1 TABLERO

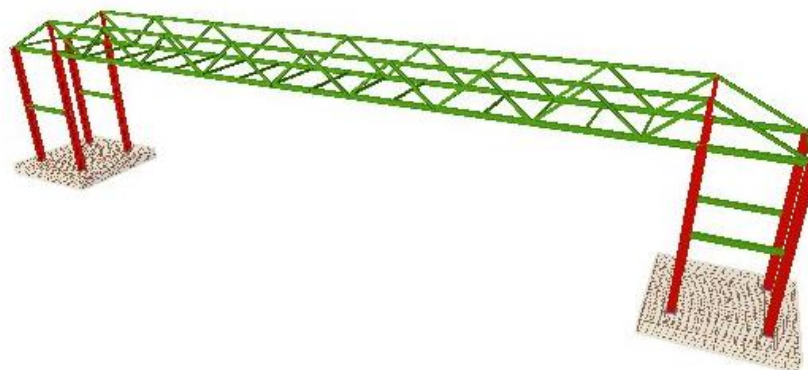


Figura 6.1.1. – Modelo 3D de la estructura del tablero (Cype)

2.1.1 Listado de perfiles utilizados

	TIPO DE PERFIL	UNIDADES	LONGITUD (metros)
PILARES	HEB 240	8	5
VIGA ATADO PILAR	HEB 160	8	2,5
VIGA CORDON SUPERIOR	HEB 120	16	3
VIGA CORDON INFERIOR	HEB 160	16	3
BARRAS WARREN	HEB 100	16	1,95
		4	2,8
MONTANTE VERTICAL	HEB 120	4	1,25
ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL	IPE 100	19	2,5

Tabla 6.1.1 – Perfiles utilizados en tablero



2.1.2 Justificación de la elección de perfiles

Para los pilares se ha utilizado el HEB dado que este tipo de perfiles se comportan a compresión de una forma correcta a la vez que tienen una alta inercia en ambos ejes para evitar el pandeo y la flexión.

Para los cordones tanto superior como inferior, así como para las vigas diagonales que conforman la celosía tipo Warren, también se han empleado perfiles tipo HEB. Las barras estarán sometidas principalmente a compresión a flexión en ambos planos. Por tanto, para asegurar un buen comportamiento del perfil en los dos planos se ha elegido el perfil HEB. Si bien hay zonas del cordón que trabajan más que otras, se ha elegido el mismo perfil en toda la longitud del cordón para facilitar en la medida de lo posible el montaje de la pasarela y además mejorar su estética.

En los arriostramientos horizontales que unen los dos cordones laterales se han colocado perfiles IPE. Estos perfiles, tienen la ventaja de tener una gran inercia en uno de sus ejes y ser muy ligeros. Su desventaja es que en el otro eje tiene escasa inercia. Son ideales para elementos que solo soportan compresión y flexión en uno de sus planos. Este es el caso de los arriostramientos horizontales y por este motivo se ha elegido el perfil IPE

2.1.3 Coeficientes de pandeo

En cuanto a los coeficientes de pandeo, estos han sido los elegidos:

COEFICIENTES DE PANDEO		
	PLANO X-Y	PLANO X-Z
PILARES	0,70 / 1,00	0,70 / 1,00
VIGA ATADO PILAR	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
VIGA CORDON SUPERIOR	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
VIGA CORDON INFERIOR	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
BARRAS WARREN	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
MONTANTE VERTICAL	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
ARRIOSTRAMIENTO HORIZONTAL	0,75 / 1,00	1,00 / 1,00

Tabla 6.1.2 – Coeficientes de pandeo tablero

2.1.4 Justificación de los coeficientes de pandeo

En los pilares se ha tomado un coeficiente de pandeo en ambos planos de 0,70 / 1,00 que es el que se corresponde con el de empotramiento en su base y articulado en la parte superior. El primero es claro puesto que la unión con la cimentación es un empotramiento rígido, en cuanto al superior, se ha tomado

articulado debido a que los cuatro pilares de cada lado de la pasarela están arriostrados entre ellos y colaboran para absorber los esfuerzos de pandeo.

En los arriostramientos horizontales se ha tomado un valor inferior al de biarticulado que sería lo lógico a priori. Esto se debe a que el pavimento de madera que irá colocado sobre estas barras le dará rigidez a la estructura, de forma que se puede tomar un coeficiente de pandeo menor al considerado inicialmente.

En el resto de barras se ha tomado un coeficiente de pandeo correspondiente a las barras biarticuladas (1,00). Dado que se trata de una celosía, y en las celosías se procura realizar uniones articuladas, se considera que es correcta esta elección. Si bien es verdad que podría reducirse este coeficiente de pandeo debido a que la estructura será más rígida de lo aparente por la colaboración del pavimento de madera, se ha decidido mantenerse del lado de la seguridad y conservar el coeficiente de pandeo de 1,00.

2.1.5 Comprobación de perfiles utilizados

En este apartado se adjuntan las comprobaciones realizadas por el programa de cálculo de estructuras Cype 3D (versión de 2017). Cabe destacar que aquí se muestran las barras de cada tipo que están sometidas a mayor esfuerzo.

- HEB 240 (Pilares)

- Perfil: HE 240 B - Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N65	N28	2.500	106.00	11260.00	3923.00	102.70
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	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	2.500	2.500	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						



Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N65/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N_c $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 13.0$	M_y $x: 0 \text{ m}$ $\eta = 3.9$	M_z $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 2.6$	V_z $\eta = 0.7$	V_y $\eta = 0.2$	$M_y V_z$ $\eta < 0.1$	$M_z V_y$ $\eta < 0.1$	$N M_y M_z$ $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 16.3$	$N M_y M_z V_y V_z$ $\eta < 0.1$	M_t $\eta = 0.7$	$M_t V_z$ $x: 2.5 \text{ m}$ $\eta = 0.2$	$M_t V_y$ $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 16.3$

Notación:
 $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t : Resistencia a tracción
 N_c : Resistencia a compresión
 M_y : Resistencia a flexión eje Y
 M_z : Resistencia a flexión eje Z
 V_z : Resistencia a corte Z
 V_y : Resistencia a corte Y
 $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados
 $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t : Resistencia a torsión
 $M_t V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 $M_t V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x : Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

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.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.46} \quad \checkmark$$

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.

$$\text{A} : \underline{106.00} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\text{f}_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{13009.40} \text{ kN}$$

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.

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{37340.27} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{13009.40} \text{ kN}$$



c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	$I_y : 11260.00 \text{ cm}^4$
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	$I_z : 3923.00 \text{ cm}^4$
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	$I_t : 102.70 \text{ cm}^4$
I_w : Constante de alabeo de la sección.	$I_w : 486900.00 \text{ cm}^6$
E : Módulo de elasticidad.	$E : 210000 \text{ MPa}$
G : Módulo de elasticidad transversal.	$G : 81000 \text{ MPa}$
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : 2.500 \text{ m}$
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : 2.500 \text{ m}$
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : 0.000 \text{ m}$
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : 11.97 \text{ cm}$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : 10.31 \text{ cm}$
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.	$i_z : 6.08 \text{ cm}$
	$y_0 : 0.00 \text{ mm}$
	$z_0 : 0.00 \text{ mm}$

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:

$$20.60 \leq 168.93 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : 206.00 \text{ mm}$
t_w : Espesor del alma.	$t_w : 10.00 \text{ mm}$
A_w : Área del alma.	$A_w : 20.60 \text{ cm}^2$
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : 40.80 \text{ cm}^2$
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : 0.30$
E : Módulo de elasticidad.	$E : 210000 \text{ MPa}$
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf} : 265.00 \text{ MPa}$

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:

$$\eta : \underline{0.112} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.130} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{300.19} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2675.24} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{106.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$N_{b,Rd} : \underline{2307.49} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{106.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$



χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : 0.97$$

$$\chi_z : 0.86$$

Siendo:

$$\phi_y : 0.55$$

$$\phi_z : 0.67$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : 0.34$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : 0.27$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.46$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 13009.40 \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 37340.27 \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 13009.40 \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.039 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N65, para la combinación de acciones

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.05 \cdot Sobreuso + 1.5 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve.$$

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 10.26 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 265.76 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : 1053.00 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 265.00 \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$



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:

$$\eta : \underline{0.026} \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{125.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{498.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{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 para la combinación de acciones

0.8·PP+0.8·CMPavim+0.8·CMMalla+1.5·Vientotablero.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.49} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:



$$V_{c,Rd} : \underline{484.35} \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v : \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{33.24} \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$h : \text{Canto de la sección.} \quad h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{10.00} \text{ mm}$$

$$f_{vd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{vd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_v : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$16.40 < 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

$$\lambda_w : \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{16.40}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

$$\epsilon : \text{Factor de reducción.} \quad \epsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$f_{ref} : \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$$f_v : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_v : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.



V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.99 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 1244.38 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 85.40 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 106.00 cm²

d : Altura del alma.

d : 206.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 10.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_v : 265.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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 $V_{c,Rd}$.

3.49 kN ≤ 242.17 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 3.49 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 484.35 kN

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 $V_{c,Rd}$.

1.99 kN ≤ 622.19 kN ✓



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve.$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.99 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 1244.38 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.149 ✓

η : 0.143 ✓

η : 0.163 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N28, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve.$

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 297.44 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$: 3.34 kN·m

$M_{z,Ed}^-$: 3.22 kN·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.

$N_{pl,Rd}$: 2675.24 kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$: 265.76 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 125.79 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : 106.00 cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$: 1053.00 cm³

$W_{pl,z}$: 498.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 265.00 MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

k_y : 1.01

k_z : 1.04



$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

$$\chi_z : \underline{0.86}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.27}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.46}$$

α_y , α_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
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

$$3.49 \text{ kN} \leq 242.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{3.49} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{484.15} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.05 \cdot Sobreuso + 1.5 \cdot Vientotablero$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{8.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 60.41 \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 265.00 \text{ MPa}$
 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : 1.05$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.002$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N28, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve.$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 1.19 \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : 484.15 \text{ kN}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : 484.35 \text{ kN}$
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : 0.15 \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 60.41 \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 265.00 \text{ MPa}$
 γ_{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:

$\eta : 0.002$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve.$



V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.98} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1243.89} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{1244.38} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.15} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{60.41} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

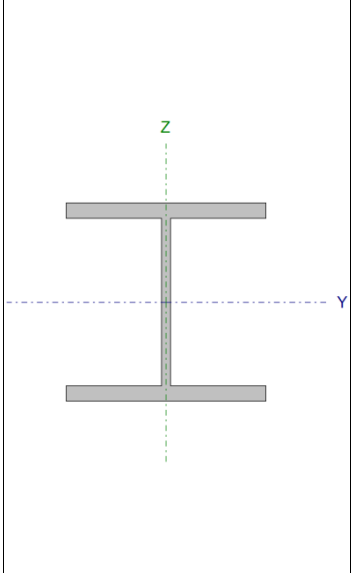
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

- **HEB 160 (Viga atado pilar)**

- Perfil: HE 160 B - Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N8	N7	2.500	54.30	2492.00	889.20	31.24
	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	0.75	1.00	0.00	0.00			
L _K	1.875	2.500	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N8/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 26.5	x: 0.112 m η = 2.5	x: 0.112 m η = 3.4	x: 0.112 m η = 2.9	x: 0.112 m η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.112 m η = 30.8	η < 0.1	η = 0.8	x: 0.112 m η = 2.9	x: 0.112 m η = 0.1	CUMPLE η = 30.8
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

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.

$\bar{\lambda}$: **0.53** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación **Clase** : 1
 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.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{5242.23} \text{ kN}$$

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.

$$N_{cr,y} : \underline{8263.94} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{5242.23} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{2492.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{889.20} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{31.24} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{47940.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{2.500} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.875} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{7.89} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{6.77} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.05} \text{ cm}$$

y₀, z₀: 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:

$$16.75 \leq 164.47 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>134.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>8.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>10.72</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>20.80</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta : \underline{0.219} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.265} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{310.90} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de

$$\text{Clase} : \underline{1}$$



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_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1171.77} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

$$\chi_z : \underline{0.82}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.63}$$

$$\phi_z : \underline{0.72}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.43}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.53}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{5242.23} \text{ kN}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{8263.94} \text{ kN}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{5242.23} \text{ kN}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.025} \checkmark$$



Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N8, para la combinación de acciones

$$1.35\cdot PP + 1.35\cdot CMPavim + 1.35\cdot CMMalla + 1.5\cdot Sobreuso + 0.75\cdot Nieve.$$

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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)

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:

$$\eta : \underline{0.034} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N8, para la combinación de acciones

$$1.35\cdot PP + 1.35\cdot CMPavim + 0.8\cdot CMMalla + 1.05\cdot Sobreuso + 1.5\cdot Vientotablero + 0.75\cdot Nieve.$$

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.029} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N8, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.74} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{266.74} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{17.64} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$13.00 < 64.71 \checkmark$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 13.00

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción. ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CMPavim+0.8·CMMalla+1.05·Sobreuso+1.5·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.16 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 658.98 kN

Donde:

A_v : rea transversal a cortante. A_v : 43.58 cm²

Siendo:

A : rea de la sección bruta. A : 54.30 cm²

d : Altura del alma. d : 134.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{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 $V_{c,Rd}$.

$$7.74 \text{ kN} \leq 133.37 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 7.74 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 266.74 kN

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 $V_{c,Rd}$.

$$1.16 \text{ kN} \leq 329.49 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.05 \cdot Sobreuso + 1.5 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.16 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 658.98 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.267} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.281} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.308} \quad \checkmark$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N8, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{310.90} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{2.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{1.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.05}$$

$$k_z : \underline{1.12}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

$$\chi_z : \underline{0.82}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.43}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.53}$$

α_y , α_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 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.



$$7.74 \text{ kN} \leq 133.37 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 V_{Ed,z} &: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} & V_{Ed,z} &: \underline{7.74} \text{ kN} \\
 V_{c,Rd,z} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{c,Rd,z} &: \underline{266.74} \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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 p\acute{e}simo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

$$M_{T,Ed} : \text{Momento torsor solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{3.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 W_T &: \text{Módulo de resistencia a torsión.} & W_T &: \underline{24.03} \text{ cm}^3 \\
 f_{vd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{vd} &: \underline{261.90} \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_v &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_v &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\
 \gamma_{Mo} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{Mo} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p\acute{e}simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N8, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad V_{Ed} : \underline{7.68} \text{ kN}$$

$$M_{T,Ed} : \text{Momento torsor solicitante de cálculo p\acute{e}simo.} \quad M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{266.25} \text{ kN}$$



Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 266.74 kN
 $\tau_{T,Ed}$: 0.68 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 24.03 cm³
 f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
 γ_{Mo} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.112 m del nudo N8, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.76 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.02 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 657.78 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 658.98 kN
 $\tau_{T,Ed}$: 0.68 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

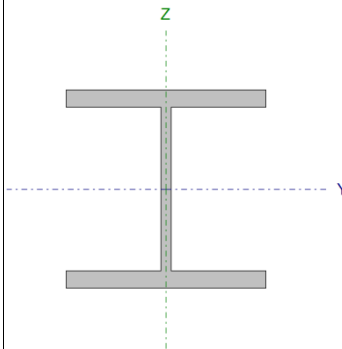
W_T : 24.03 cm³
 f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
 γ_{Mo} : 1.05

- **HEB 120 (Cordón superior en el centro del vano)**

- Perfil: HE 120 B - Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N35	N36	3.000	34.00	864.40	317.50	13.84
	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	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	3.000	3.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N35/N36	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 80.7	x: 1.703 m η = 3.0	x: 2.921 m η = 6.9	x: 0.079 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.312 m η = 90.7	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPLE η = 90.7
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento 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.

$\bar{\lambda}$: **1.13** ✓

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 :** 34.00 cm²

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v :** 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 731.17 kN

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,v} :** 1990.63 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 731.17 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 864.40 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z :** 317.50 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t :** 13.84 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w :** 9410.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G :** 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky} :** 3.000 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz} :** 3.000 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt} :** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀ :** 5.90 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 :** 5.04 cm
i_z : 3.06 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀ :** 0.00 mm
z₀ : 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:

$$15.08 \leq 159.14 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>98.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>6.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>6.37</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>13.20</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta : \underline{0.378} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.807} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.9·Vientopilares+0.75·Nieve.

$$N_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{336.38} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

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 : <u>1</u>
A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>34.00</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa



Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 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:

$N_{b,Rd}$: 416.84 kN

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.79

χ_z : 0.47

Siendo:

ϕ_y : 0.82

ϕ_z : 1.37

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: 0.69

$\bar{\lambda}_z$: 1.13

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 731.17 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 1990.63 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 731.17 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.030 ✓

Para flexión positiva:



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.703 m del nudo N35, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve.$

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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)
 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:

$$\eta : \underline{0.069} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.921 m del nudo N35, para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve.$

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.921 m del nudo N35, para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero.$

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



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. **$W_{pl,z}$:** 80.97 cm³
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd} :** 261.90 MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v :** 275.00 MPa
 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo} :** 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.079 m del nudo N35, para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·CMPavim+0.8·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 0.62 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 165.65 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. **A_v :** 10.96 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. **h :** 120.00 mm
 t_w : Espesor del alma. **t_w :** 6.50 mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd} :** 261.90 MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v :** 275.00 MPa
 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{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:

$$11.38 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 11.38

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.05 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 417.80 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 27.63 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 34.00 cm²

d : Altura del alma. d : 98.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 6.50 mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:



f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_v : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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 $V_{c,Rd}$.

$$0.62 \text{ kN} \leq 82.83 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.62 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 165.65 kN

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 $V_{c,Rd}$.

$$0.05 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.05 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 417.80 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.444} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.560} \quad \checkmark$$



$$\eta : \underline{0.907} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.312 m del nudo N35, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{334.99} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{0.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.23}$$

$$k_z : \underline{2.13}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.79}$$

$$\chi_z : \underline{0.47}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.69}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.13}$$

α_y , α_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
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

$$0.62 \text{ kN} \leq 82.83 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 V_{Ed,z} &: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} & V_{Ed,z} &: \frac{0.62}{165.65} \text{ kN} \\
 V_{c,Rd,z} &: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} & V_{c,Rd,z} &: \frac{165.65}{165.65} \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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.

- HEB 160 (Cordón inferior en el centro del vano)

Perfil: HE 160 B						
Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
N44	N45	1.500	54.30	2492.00	889.20	31.24
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		1.00	1.00	0.00	0.00	
L_K		1.500	1.500	0.000	0.000	
C_m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C_1		-		1.000		
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico						



Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N44/N45	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 23.4$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 1.5 \text{ m}$ $\eta = 8.8$	$x: 1.145 \text{ m}$ $\eta = 8.8$	$x: 0.079 \text{ m}$ $\eta = 4.6$	$x: 0.079 \text{ m}$ $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 1.5 \text{ m}$ $\eta = 37.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPLE $\eta = 37.3$
<p>Notación:</p> <p>$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión $M_y V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_z V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽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.</p>																

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.

$$\bar{\lambda} : \underline{0.43} \quad \checkmark$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{8190.98} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{22955.38} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{8190.98} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$



Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>2492.00</u> cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>889.20</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>31.24</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>47940.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>1.500</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>1.500</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>7.89</u> 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>6.77</u> cm
	i_z : <u>4.05</u> 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 : <u>0.00</u> mm
	z_0 : <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:

$$16.75 \leq 164.47 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>134.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>8.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>10.72</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>20.80</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:



Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.234} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve.$

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{332.35} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{54.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.088} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve.$

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{8.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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)

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:

$$\eta : \underline{0.088} \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.145 m del nudo N44, para la combinación de acciones

$0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{170.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.046} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.079 m del nudo N44, para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{12.27} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{266.74} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{17.64} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{160.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$13.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$



Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa
 f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.079 m del nudo N44, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CMPavim+0.8·CMMalla+1.5·Vientotablero.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.43 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 658.98 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 43.58 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 54.30 cm²
 d : Altura del alma. d : 134.00 mm
 t_w : Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{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 $V_{c,Rd}$.

12.27 kN ≤ 133.37 kN ✓



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{12.27} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{266.74} \text{ kN}$

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 $V_{c,Rd}$.

$0.43 \text{ kN} \leq 329.49 \text{ kN}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.43} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{658.98} \text{ kN}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.373}$ ✓

$\eta : \underline{0.052}$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N45, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

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.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$N_{t,Ed} : \underline{330.80} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}^+ : \underline{8.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed}^- : \underline{2.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Clase : $\underline{1}$

$N_{pl,Rd} : \underline{1422.14} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{44.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$



Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed}$: 0.00 kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed}$: 0.00 MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com}$: 354.00 cm³

A : Área de la sección bruta.

A : 54.30 cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y}$: 92.71 kN·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
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

12.27 kN ≤ 133.37 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: 12.27 kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 266.74 kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

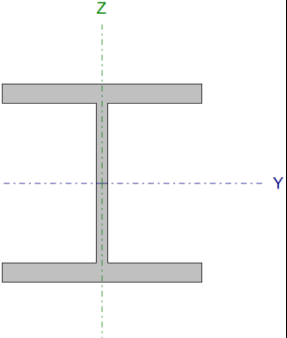
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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.

- **HEB 100 (Vigas Warren al principio del vano)**

- Perfil: HE 100 B - Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N9	N32	1.953	26.00	449.50	167.30	9.25
	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	1.00	1.00	0.00	0.00			
L _K	1.953	1.953	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_{wv}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N9/N32	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.857 m η = 30.0	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.125 m η = 6.2	x: 0.125 m η = 15.5	x: 0.125 m η = 1.1	η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.125 m η = 51.7	η < 0.1	η = 0.6	x: 0.125 m η = 1.1	η = 0.4	CUMPLE η = 51.7
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_{wv} : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de 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.

$\bar{\lambda}$: **0.89** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A : 26.00 cm²

f_y : 275.00 MPa

N_{cr} : 909.51 kN



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.

$$N_{cr,v} : \underline{2443.65} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{909.51} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{449.50} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{167.30} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{9.25} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{3380.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{1.953} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.953} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{4.87} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{4.16} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{2.54} \text{ cm}$$

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:

$$13.33 \leq 158.72 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{80.00} \text{ mm}$$



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:

t_w	:	<u>6.00</u>	mm
A_w	:	<u>4.80</u>	cm ²
$A_{fc,ef}$:	<u>10.00</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>210000</u>	MPa
f_{yf}	:	<u>275.00</u>	MPa

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.300} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.857 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.9·Vientopilares+0.75·Nieve.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{204.05} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{680.95} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta : \underline{0.062} \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.125 m del nudo N9, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 1.70 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 27.29 kN·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.

$W_{pl,y}$: 104.20 cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 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:

η : 0.155 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.125 m del nudo N9, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 2.09 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 13.47 kN·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.

$W_{pl,z}$: 51.42 cm³



f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.125 m del nudo N9, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.44 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 136.09 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 9.00 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 100.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

9.33 < 64.71 ✓



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 9.33

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción. ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 235.00 MPa

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.28 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 320.57 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 21.20 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 26.00 cm²

d : Altura del alma. d : 80.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 6.00 mm

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{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 $V_{c,Rd}$.

$$1.44 \text{ kN} \leq 68.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{1.44} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{136.09} \text{ kN}$

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 $V_{c,Rd}$.

$$1.28 \text{ kN} \leq 160.28 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{1.28} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{320.57} \text{ kN}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.517} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.155} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.125 m del nudo N9, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve$.

Donde:



$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{203.75} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{1.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{2.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{680.95} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{27.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{13.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{104.20} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{27.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.75 \cdot Nieve$.

$$1.44 \text{ kN} \leq 67.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.44} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{135.75} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.40} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned}
 W_T &: \underline{9.25} \text{ cm}^3 \\
 f_{vd} &: \underline{261.90} \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned}
 f_v &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\
 \gamma_{M0} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.011} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.125 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CMPavim+1.35·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.9·Vientopilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.44} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{135.75} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\begin{aligned}
 V_{pl,Rd} &: \underline{136.09} \text{ kN} \\
 \tau_{T,Ed} &: \underline{0.93} \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned}
 W_T &: \underline{9.25} \text{ cm}^3 \\
 f_{vd} &: \underline{261.90} \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned}
 f_v &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\
 \gamma_{M0} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$



Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 1.35 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve.$

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.28} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{319.78} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{320.57} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.93} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{9.25} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

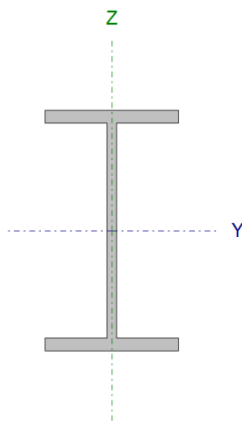
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

- **IPE 100 (Arriostramiento horizontal)**

- Perfil: IPE 100 - Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N49	N9	2.500	10.30	171.00	15.90	1.20
	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	0.75	1.00	0.00	0.00		
	L _K	1.875	2.500	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N49/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 0.6	η = 0.3	x: 1.25 m η = 31.3	x: 0 m η = 47.4	x: 0 m η = 9.8	η = 0.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 59.8	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE η = 59.8

Notación:

$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t: Resistencia a tracción
 N_c: Resistencia a compresión
 M_y: Resistencia a flexión eje Y
 M_z: Resistencia a flexión eje Z
 V_z: Resistencia a corte Z
 V_y: Resistencia a corte Y
 M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
 NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t: Resistencia a torsión
 M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

$\bar{\lambda}$: **1.74** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y **Clase** : 1



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. **A** : 10.30 cm²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 93.74 kN

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}** : 567.07 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}** : 93.74 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T}** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : 171.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : 15.90 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : 1.20 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : 350.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E** : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : 2.500 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : 1.875 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀** : 4.26 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** : 4.07 cm
i_z : 1.24 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀** : 0.00 mm

z₀: 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:

$$21.61 \leq 246.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>88.60</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>4.10</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>3.63</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>3.14</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·CMPavim+0.8·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.75·Nieve.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : 1.64 kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 269.76 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>10.30</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo} : <u>1.05</u>



Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$N_{b,Rd} : \underline{72.21} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$



χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : 0.84$$

$$\chi_z : 0.27$$

Siendo:

$$\phi_y : 0.80$$

$$\phi_z : 2.27$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : 0.21$$

$$\alpha_z : 0.34$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : 0.71$$

$$\bar{\lambda}_z : 1.74$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 93.74 \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 567.07 \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 93.74 \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.313 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N49, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CMPavim+0.8·CMMalla+1.5·Sobreuso+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 3.23 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 10.32 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : 39.40 \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:



f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 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:

η : 0.474 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N49, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CMPavim+0.8·CMMalla+1.05·Sobreuso+1.5·Vientotablero.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 1.14 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 2.41 kN·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.

$W_{pl,z}$: 9.20 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05



Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.098} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N49, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.48} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{76.54} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{5.06} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$18.20 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.20}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.91} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{100.82} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.67} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{88.60} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$7.48 \text{ kN} \leq 38.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Sobreuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.48} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{38.27} \text{ kN}$$



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 $V_{c,Rd}$.

$$0.91 \text{ kN} \leq 50.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.5 \cdot Vientotablero$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.91} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{100.82} \text{ kN}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.598} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.592} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N49, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CMPavim + 0.8 \cdot CMMalla + 1.05 \cdot Sobreuso + 1.5 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed} : \underline{0.89} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed} : \underline{1.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed} : \underline{1.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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 tracción. $N_{pl,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{2.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{ef,Ed} : \underline{-1.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{com,Ed} : \underline{30.79} \text{ MPa}$



$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

A : Área de la sección bruta.

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$\begin{aligned}
 W_{y,com} &: \underline{39.40} \text{ cm}^3 \\
 A &: \underline{10.30} \text{ cm}^2 \\
 M_{b,Rd,y} &: \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

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
 $1.35\cdot PP + 1.35\cdot CMPavim + 0.8\cdot CMMalla + 1.5\cdot Sobreuso + 0.9\cdot Vientotablero + 0.75\cdot Nieve$.

$$7.48 \text{ kN} \leq 38.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\begin{aligned}
 V_{Ed,z} &: \underline{7.48} \text{ kN} \\
 V_{c,Rd,z} &: \underline{76.54} \text{ kN}
 \end{aligned}$$

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.

2.2 RAMPA ESTE

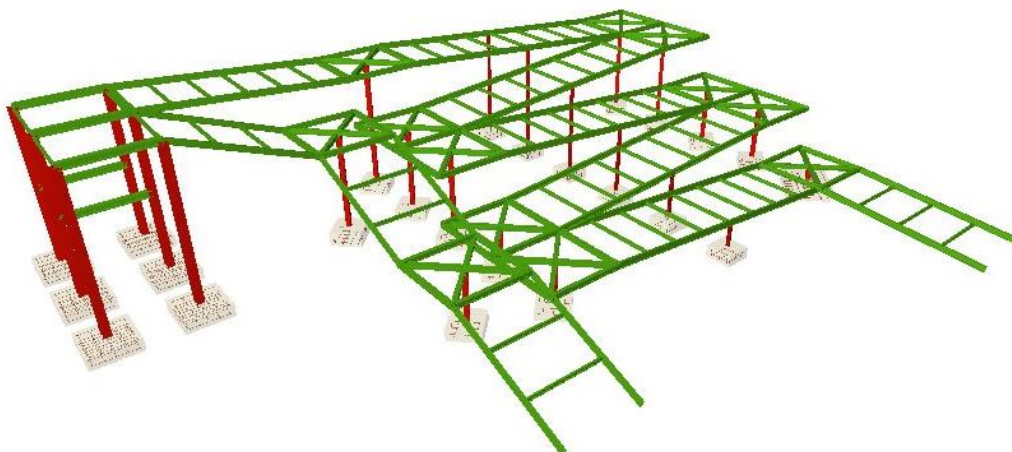


Figura 6.1.2. – Modelo 3D de rampas y escalera lado este (Cype)

2.2.1 Perfiles utilizados

	TIPO DE PERFIL	UNIDADES	LONGITUD (metros)
PILARES Rellanos	2xUPE 160 cajón	12 total	
		En rampa	
		1	4,46
		2	3,66
		2	2,86
		2	2,06
		2	1,26
		1	0,46
En escalera			
		1	3,33
		1	1,66
PILARES centros vanos	HEB 100	6 total	
		2	4,06
		2	3,26
		2	1,66
VIGA rampa longitudinal	IPE 200	14 total	
		10	10
		2	6,7
		2	8,8
ARRIOSTRAMIENTOS	IPE 120	43	2,5
VIGAS Rellano	2xUPE 160 cajón	68 total	
		8	5
		24	2,5
		12	3,53
		24	1,77
VIGAS escalera long.	IPE 180	6	4,5

Tabla 6.1.2 – Listado perfiles acceso Este



2.2.2 Justificación de perfiles utilizados

Para la ejecución de los pilares y de la estructura de los rellanos se ha elegido los perfiles dobles UPE en forma de cajón puesto que aportan buena resistencia a flexión en ambos ejes y al tener la sección hueca en su interior se consigue una buena resistencia con poco peso. Además, se ha elegido este tipo de perfil debido a que la ejecución en obra de las uniones son muy sencillas en comparación con otros perfiles.

Para los vanos, se han elegido perfiles tipo IPE tanto para las vigas longitudinales como para las transversales que sirven de arriostramiento entre las primeras. Se ha elegido este tipo de perfil porque el esfuerzo al que será sometido será mucho mayor en sentido vertical que en horizontal, y el perfil IPE está diseñado de forma que su momento de inercia sea mucho mayor en uno de sus ejes, optimizando así su utilización.

2.2.3 Coeficientes de pandeo

COEFICIENTES DE PANDEO		
	PLANO X-Y	PLANO X-Z
PILARES	0,70/1,00	0,70/1,00
VIGAS RELANOS	1,00/1,00	1,00/1,00
VIGAS	1,00/1,00	1,00/1,00
ARRIOSTRAMIENTOS	1,00/1,00	1,00/1,00

Tabla 6.1.4 – Coeficientes de pandeo acceso Este

2.2.4 Justificación de los coeficientes de pandeo

En los pilares se ha tomado un coeficiente de pandeo en ambos planos de 0,70 / 1,00 que es el que se corresponde con el de empotramiento en su base y articulado en la parte superior.

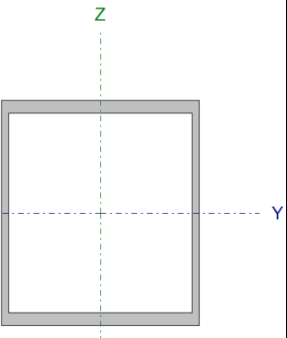
Para el resto de perfiles se ha tomado un coeficiente de 1,00 en ambos planos porque se tratan de barras biarticuladas. Si bien es cierto que podría reducirse el coeficiente de pandeo porque la forma en la que se disponen las barras y el pavimento de madera aumentarán la rigidez de la estructura, se ha conservado el coeficiente de 1,00 por motivos de seguridad.

2.2.5 Comprobación de perfiles utilizados

A continuación se presentan las barras más solicitadas de cada tipo de perfil que se ha utilizado.



- **Pilar 2xUPE 160 en cajón**

- Perfil: UPE 160, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) - Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N155	N156	4.464	43.40	1822.20	1184.58	1980.69
	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	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	4.464	4.464	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N155/N156	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 24.3	x: 4.384 m η = 28.6	x: 4.384 m η = 37.5	x: 4.384 m η = 3.2	η = 1.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.384 m η = 86.8	η < 0.1	η = 0.5	x: 4.384 m η = 3.2	η = 1.7	CUMPLE η = 86.8
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

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.

$\bar{\lambda}$: 0.99 ✓

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** : 42.11 cm²
f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : 275.00 MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : 1181.86 kN

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}** : 1835.97 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z}** : 1181.86 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T}** : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : 1765.20 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : 1136.31 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : 1980.69 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E** : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : 4.464 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : 4.464 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀** : 8.30 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** : 6.47 cm

i_z : 5.19 cm

y₀ , **z₀**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀** : 0.00 mm

z₀ : 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:

$$25.64 \leq 247.39 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>141.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>15.51</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>13.30</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta : \underline{0.133} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.243} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

$$N_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{146.27} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1102.88} \text{ kN}$$

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 : <u>1</u>
A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>42.11</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>



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:

$$N_{b,Rd} : \underline{602.00} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{42.11} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.67}$$

$$\chi_z : \underline{0.55}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.96}$$

$$\phi_z : \underline{1.18}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.79}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.99}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1181.86} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1835.97} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1181.86} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.286} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.384 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{19.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.384 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Vientotablero.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{66.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{254.84} \text{ cm}^3$$



f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 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:

η : 0.375 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.384 m del nudo N155, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 19.39 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 51.70 kN·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.

$W_{pl,z}$: 197.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.032 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.384 m del nudo N155, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 7.40 kN



El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{234.53} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{15.51} \text{ cm}^2$$

Siendo:

d : Altura del alma.

$$d : \underline{141.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$25.64 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{25.64}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.44} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{402.22} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{26.60} \text{ cm}^2$$



Siendo:

A: Área de la sección bruta.
d: Altura del alma.
t_w: Espesor del alma.

A : 42.11 cm²
d : 141.00 mm
t_w : 5.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
γ_{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:

$$14.74 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 14.74

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

λ_{máx} : 64.71

ε: Factor de reducción.

ε : 0.92

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_{ref} : 235.00 MPa
f_y : 275.00 MPa

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}**.

$$6.81 \text{ kN} \leq 117.26 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 6.81 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 234.53 kN

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}**.

$$7.44 \text{ kN} \leq 201.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 1.35 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientotablero} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 7.44 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 402.22 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.778 ✓

η : 0.768 ✓

η : 0.868 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.384 m del nudo N155, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 1.35 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientotablero} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 144.29 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$: 18.17 kN·m

$M_{z,Ed}^-$: 19.39 kN·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.

$N_{pl,Rd}$: 1102.88 kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$: 66.74 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 51.70 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : 42.11 cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$: 254.84 cm³

$W_{pl,z}$: 197.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

k_y : 1.12

k_z : 1.19

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: 1.00

$C_{m,z}$: 1.00

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : 0.67

χ_z : 0.55



$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\begin{aligned} \bar{\lambda}_y &: 0.79 \\ \bar{\lambda}_z &: 0.99 \\ \alpha_y &: 0.60 \\ \alpha_z &: 0.60 \end{aligned}$$

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 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.75 \cdot Nieve$.

$$6.81 \text{ kN} \leq 116.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\begin{aligned} V_{Ed,z} &: 6.81 \text{ kN} \\ V_{c,Rd,z} &: 233.98 \text{ kN} \end{aligned}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.005 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 0.8 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.75 \cdot Nieve$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : 33.67 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 222.66 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.032 \quad \checkmark$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.384 m del nudo N155, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 7.40 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.13 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 233.59 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 234.53 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.60 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 222.66 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.017 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 6.97 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.13 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 401.29 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 402.22 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.35 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 384.60 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

- **Pilar HEB 100**

Perfil: HE 100 B Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N152	N60	3.263	26.00	449.50	167.30	9.25
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		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		3.263	3.263	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N152/N60	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 65.9	x: 0 m η = 8.5	x: 0 m η = 0.9	x: 0 m η = 1.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 70.8	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPLE η = 70.8
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento 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.

$\bar{\lambda}$: **1.48** ✓



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 :** 26.00 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 325.57 kN

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} :** 874.75 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 325.57 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 449.50 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z :** 167.30 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t :** 9.25 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w :** 3380.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G :** 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky} :** 3.263 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz} :** 3.263 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt} :** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀ :** 4.87 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 :** 4.16 cm
i_z : 2.54 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀ :** 0.00 mm
z₀ : 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:

$$13.33 \leq 158.72 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>80.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>6.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>4.80</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>10.00</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta : \underline{0.211} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.659} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N152, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 143.91 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 680.95 kN

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 : <u>1</u>
A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>26.00</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa



Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\
 \gamma_{M0} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{M0} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{218.22} \text{ kN}$$

Donde:

$$\begin{aligned}
 A &: \text{Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.} & A &: \underline{26.00} \text{ cm}^2 \\
 f_{yd} &: \text{Resistencia de cálculo del acero.} & f_{yd} &: \underline{261.90} \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Siendo:

$$\begin{aligned}
 f_y &: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} & f_y &: \underline{275.00} \text{ MPa} \\
 \gamma_{M1} &: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} & \gamma_{M1} &: \underline{1.05}
 \end{aligned}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.66}$$

$$\chi_z : \underline{0.32}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{1.03}$$

$$\phi_z : \underline{1.91}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.90}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.48}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{325.57} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{874.75} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{325.57} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.085} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N152, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 0.8 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.05 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 1.5 \cdot \text{Vientopilares} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{27.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



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. **$W_{pl,y}$:** 104.20 cm³
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{MO} :** 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:

η : 0.009 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N152, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+ :** 0.13 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N152, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Vientopilares.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^- :** 0.05 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 13.47 kN·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. **$W_{pl,z}$:** 51.42 cm³
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{MO} :** 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.019 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N152, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientopilares+0.75·Nieve.



V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.63 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 136.09 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 9.00 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 100.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

$9.33 < 64.71$ ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 9.33

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción.

ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta < 0.001$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 0.8 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.05 \cdot Sobrecargadeuso + 1.5 \cdot Vientotablero$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.04 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:



$$V_{c,Rd} : \underline{320.57} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{21.20} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{80.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$2.63 \text{ kN} \leq 68.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientopilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.63} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{136.09} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$0.04 \text{ kN} \leq 160.28 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotablero.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{320.57} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.270} \quad \checkmark$$



$$\eta : \underline{0.392} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.708} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N152, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 1.35 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientopilares} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{143.68} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{680.95} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{27.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{13.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{104.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{51.42} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.23}$$

$$k_z : \underline{1.92}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.66}$$

$$\chi_z : \underline{0.32}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.90}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.48}$$

α_y, α_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 $35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 0.8 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.05 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 1.5 \cdot \text{Vientopilares} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

$$2.63 \text{ kN} \leq 68.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:



$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.
 $V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$: 2.63 kN
 $V_{c,Rd,z}$: 136.09 kN

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)

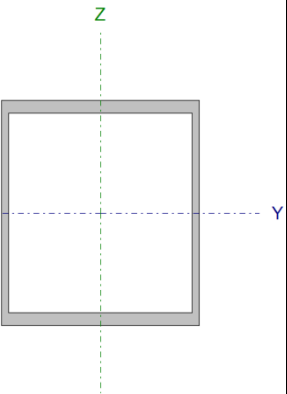
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación.
Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.



- **Rellanos 2xUPE 160 en cajón**

- Perfil: UPE 160, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) - Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N12	N11	2.500	43.40	1822.20	1184.58	1980.69
	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	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	2.500	2.500	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N12/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Et} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 1.2	x: 0.099 m η = 24.1	x: 0.099 m η = 0.4	x: 0.099 m η = 3.4	x: 0.099 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.099 m η = 25.5	η < 0.1	η = 2.0	x: 0.099 m η = 3.4	η < 0.1	CUMPLE η = 25.5
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

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.

$\bar{\lambda}$: **0.55** ✓

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 :** 42.11 cm²



f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{3768.21} \text{ kN}$$

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.

$$N_{cr,y} : \underline{5853.75} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{3768.21} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1765.20} \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1136.31} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1980.69} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{2.500} \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{2.500} \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{8.30} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{6.47} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{5.19} \text{ cm}$$

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:

$$25.64 \leq 247.39 \checkmark$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>141.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>15.51</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>13.30</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientopilares+0.75·Nieve.

$$N_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{11.01} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1102.88} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{42.11} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{895.64} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{42.11} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$



Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.87

χ_z : 0.81

Siendo:

ϕ_y : 0.66

ϕ_z : 0.74

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: 0.44

$\bar{\lambda}_z$: 0.55

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 3768.21 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 5853.75 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 3768.21 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.241 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.099 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 16.10 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 66.74 kN·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.

$W_{pl,y}$: 254.84 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 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:

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.099 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.099 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Vientopilares.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{51.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{197.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.034} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.099 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.93} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{234.53} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{15.51} \text{ cm}^2$$

Siendo:

d : Altura del alma.

$$d : \underline{141.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.50} \text{ mm}$$



f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

25.64 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 25.64

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción.

ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.099 m del nudo N12, para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.54 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 402.22 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 26.60 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 42.11 cm²

d : Altura del alma.

d : 141.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

$$14.74 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : 14.74$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : 0.92$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : 235.00 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$7.93 \text{ kN} \leq 117.26 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 7.93 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 234.53 \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$0.54 \text{ kN} \leq 201.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.54 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 402.22 \text{ kN}$$



Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.254} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.255} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.160} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.099 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{10.64} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{16.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1102.88} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{66.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{51.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{42.11} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{254.84} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{197.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.87}$$

$$\chi_z : \underline{0.81}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.44}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.55}$$

α_y , α_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
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

$$7.93 \text{ kN} \leq 115.99 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.93} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{231.99} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.68} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{33.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{222.66} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ N/mm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ N/mm}^2$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.034} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.099 m del nudo N12, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientopilares + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.86} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{230.14} \text{ kN}$$



Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 234.53 kN
 $\tau_{T,Ed}$: 2.83 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 222.66 cm³
 f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
 γ_{MO} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientopilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.02 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.63 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 397.87 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 402.22 kN
 $\tau_{T,Ed}$: 1.64 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 384.60 cm³
 f_{yd} : 261.90 MPa

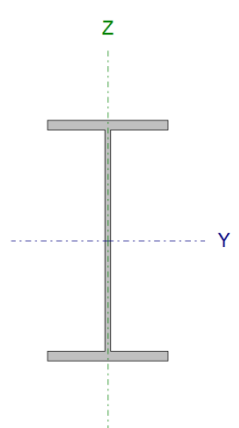
Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
 γ_{MO} : 1.05



- Viga rampa IPE 200

Perfil: IPE 200							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N51	N97	1.250	28.50	1943.00	142.00	6.98
	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	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	1.250	1.250	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N51/N97	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 1.9	x: 0.625 m η = 29.3	x: 1.042 m η = 2.4	x: 1.25 m η = 1.6	x: 0 m η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.625 m η = 31.9	η < 0.1	η = 0.5	x: 1.25 m η = 1.6	η < 0.1	CUMPLE η = 31.9
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

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.

$\bar{\lambda}$: **0.65** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación **Clase** : 1



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.

$$A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$$

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{1883.59} \text{ kN}$$

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.

$$N_{cr,y} : \underline{25773.41} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1883.59} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1943.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{142.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{6.98} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{13000.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{1.250} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.250} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{8.55} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{8.26} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{2.23} \text{ cm}$$

y₀ , z₀: 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:

$$32.68 \leq 251.55 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>183.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.60</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>10.25</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>8.50</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.019} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 1.35 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

$$N_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{11.38} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{746.43} \text{ kN}$$

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 : <u>1</u>
A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>28.50</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 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:

$N_{b,Rd}$: 607.45 kN

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 28.50 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 1.00

Siendo:

χ_z : 0.81

ϕ_y : 0.51

ϕ_z : 0.78

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

α_z : 0.34

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: 0.17

$\bar{\lambda}_z$: 0.65

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 1883.59 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 25773.41 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 1883.59 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.293 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.625 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 16.94 kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 57.88 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica **Clase** : 1
de los elementos planos de una sección a flexión simple.



$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 221.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

η : 0.024 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.042 m del nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Vientotablero.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.28 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.042 m del nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.03 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 11.68 kN·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.

$W_{pl,z}$: 44.60 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05



Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N97, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 1.35 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientotablero} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.45} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.02} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$28.39 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{28.39}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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 en el nudo N51, para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 0.8 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Vientotablero}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.37} \text{ kN}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : \underline{275.99} \text{ kN}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{18.25} \text{ cm}^2$

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : \underline{28.50} \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : \underline{183.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{5.60} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

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 $V_{c,Rd}$.

$$3.19 \text{ kN} \leq 105.97 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 1.35 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{3.19} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{211.94} \text{ kN}$

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 $V_{c,Rd}$.



0.37 kN ≤ 137.99 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot Pavimentodemadera + 0.8 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Vientotablero$.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.37 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 275.99 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.319 ✓

η : 0.314 ✓

η : 0.205 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.625 m del nudo N51, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimentodemadera + 1.35 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientotablero + 0.75 \cdot Nieve$.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 10.96 kN

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{y,Ed}⁺ : 16.94 kN·m

M_{z,Ed}⁺ : 0.14 kN·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} : 746.43 kN

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} : 57.88 kN·m

M_{pl,Rd,z} : 11.68 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : 28.50 cm²

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} : 221.00 cm³

W_{pl,z} : 44.60 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : 1.00

k_z : 1.01

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

C_{m,y} : 1.00



$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.81}$$

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.17}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.65}$$

α_y, α_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·PP+0.8·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

$$3.19 \text{ kN} \leq 105.93 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{3.19} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{211.86} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Vientotablero.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{8.21} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.016 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N97, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientopilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 3.30 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 211.86 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 211.94 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.13 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 8.21 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η < 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientopilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.02 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 275.89 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 275.99 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.13 MPa



Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 8.21 cm³
 f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
 γ_{Mo} : 1.05

- **Viga escalera IPE 180**

Perfil: IPE 180		Material: Acero (S275)					
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N87	N85	1.521	23.90	1317.00	101.00	4.79	
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		1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K		1.521	1.521	0.000	0.000		
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁		-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N87/N85	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.521 m η = 0.3	x: 0 m η = 2.6	x: 1.141 m η = 37.5	x: 0 m η = 2.3	x: 0 m η = 3.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.331 m η = 39.5	η < 0.1	η = 0.4	x: 0 m η = 3.1	η = 0.1	CUMPLE η = 39.5

Notación:

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

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.

$\bar{\lambda}$: **0.85** ✓

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 : 23.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

230



N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 904.93 kN

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.

$N_{cr,v}$: 11799.91 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 904.93 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 1317.00 cm⁴

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 101.00 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 4.79 cm⁴

I_w : Constante de alabeo de la sección.

I_w : 7430.00 cm⁶

E : Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G : Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 1.521 m

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 1.521 m

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : 7.70 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 : 7.42 cm

i_z : 2.06 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:

$$30.94 \leq 250.32 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>164.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>5.30</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>8.69</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>7.28</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

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 el nudo N85, para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot Pavimentodemadera + 0.8 \cdot Mallaelectrosoldada + 1.5 \cdot Vientotablero$.

$$N_{t,Ed} : \text{Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{t,Ed} : \underline{1.74} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>23.90</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo} : <u>1.05</u>



Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.026} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{11.38} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$N_{b,Rd} : \underline{432.99} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.99}$$

$$\chi_z : \underline{0.69}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.53}$$

$$\phi_z : \underline{0.97}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$



$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : 0.24$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.85$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 904.93 \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 11799.91 \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 904.93 \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.375 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.141 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 16.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 43.48 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : 166.00 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

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:

$$\eta : 0.023 \checkmark$$

Para flexión positiva:

esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.21 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 9.06 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : 34.60 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.031 \checkmark$$

esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 5.22 \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : 169.42 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 11.20 \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : 180.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 5.30 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$27.55 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{27.55}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

$\gamma \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 0.8 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientotablero} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.21} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{229.96} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{15.21} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{23.90} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{164.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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 $V_{c,Rd}$.

$$5.22 \text{ kN} \leq 84.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.22} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{169.42} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$0.21 \text{ kN} \leq 114.98 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.21} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{229.96} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.395} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.392} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.252} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.331 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{8.95} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{16.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{625.95} \text{ kN}$$



$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned}
 M_{pl,Rd,y} &: 43.48 \text{ kN}\cdot\text{m} \\
 M_{pl,Rd,z} &: 9.06 \text{ kN}\cdot\text{m}
 \end{aligned}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned}
 A &: 23.90 \text{ cm}^2 \\
 W_{pl,y} &: 166.00 \text{ cm}^3 \\
 W_{pl,z} &: 34.60 \text{ cm}^3 \\
 f_{yd} &: 261.90 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned}
 f_y &: 275.00 \text{ MPa} \\
 \gamma_{M1} &: 1.05
 \end{aligned}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.00$$

$$k_z : 1.02$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.99$$

$$\chi_z : 0.69$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 0.24$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.85$$

α_y , α_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 $V_{c,Rd}$.

esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

·PP+1.35·Pavimentodemadera+1.35·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

$$5.22 \text{ kN} \leq 84.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : 5.22 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : 169.16 \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.004 \quad \checkmark$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 0.8 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso}$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{0.91} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.031} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N87, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 1.35 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientopilares} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{5.20} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{169.16} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{169.42} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:



$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 1.35 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientopilares} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.21} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{229.61} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{229.96} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

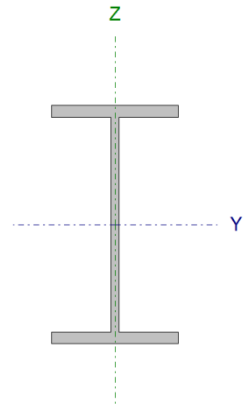
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

- Arriostramiento vigas IPE 120

- Perfil: IPE 120 - Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N99	N100	2.500	13.20	318.00	27.70	1.74
	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	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	2.500	2.500	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N99/N100	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.208 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.3$	x: 1.25 m $\eta = 27.2$	x: 1.25 m $\eta = 9.8$	x: 0 m $\eta = 7.3$	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0.208 m $\eta < 0.1$	x: 0.208 m $\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 37.0$	x: 0.208 m $\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0,00 N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 37.0$

Notación:

$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t: Resistencia a tracción
 N_c: Resistencia a compresión
 M_y: Resistencia a flexión eje Y
 M_z: Resistencia a flexión eje Z
 V_z: Resistencia a corte Z
 V_y: Resistencia a corte Y
 M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
 NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t: Resistencia a torsión
 M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

$\bar{\lambda}$: **1.99** ✓



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 :** 13.20 cm²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 91.86 kN

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,v} :** 1054.55 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 91.86 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 318.00 cm⁴
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z :** 27.70 cm⁴
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t :** 1.74 cm⁴
I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w :** 890.00 cm⁶
E: Módulo de elasticidad. **E :** 210000 MPa
G: Módulo de elasticidad transversal. **G :** 81000 MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky} :** 2.500 m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz} :** 2.500 m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt} :** 0.000 m
i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀ :** 5.12 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 :** 4.91 cm
i_z : 1.45 cm
y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀ :** 0.00 mm
z₀ : 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:

$$24.41 \leq 248.01 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>107.40</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>4.40</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>4.73</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>4.03</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

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
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 0.8 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso}$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 0.01 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 345.71 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>13.20</u> cm ²
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:



$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot \text{Pavimentodemadera} + 0.8 \cdot \text{Mallaelectrosoldada} + 1.5 \cdot \text{Vientotablero}$.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad \mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{0.24} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N}_{c,Rd}$ viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{345.71} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{A} : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

$$\mathbf{N}_{b,Rd} : \underline{73.20} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{vd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{\chi}_v : \underline{0.89}$$

$$\mathbf{\chi}_z : \underline{0.21}$$

Siendo:

$$\mathbf{\phi}_v : \underline{0.71}$$

$$\mathbf{\phi}_z : \underline{2.78}$$



α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.59}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.99}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{91.86} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1054.55} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{91.86} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.272} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N99, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{15.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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)

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:

$$\eta : \underline{0.098} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de

1.250 m del nudo N99, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{3.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{13.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.073} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N99, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.91} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{95.19} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.30} \text{ cm}^2$$



Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 120.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 4.40 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

21.23 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 21.23

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

λ_{máx} : 64.71

ε: Factor de reducción.

ε : 0.92

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N99, para la combinación de acciones

1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.56 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 128.14 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 8.47 cm²



Siendo:

A: Área de la sección bruta.

d: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A : 13.20 cm²

d : 107.40 mm

t_w : 4.40 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa

γ_{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}**.

5.76 kN ≤ 47.60 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N99, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 5.76 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 95.19 kN

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}**.

0.46 kN ≤ 64.07 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N99, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.46 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 128.14 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.370 ✓

η : 0.331 ✓



η : 0.263 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N99, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientotablero+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$: <u>0.13</u> kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+$: <u>4.32</u> kN·m
	$M_{z,Ed}^+$: <u>0.35</u> kN·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 : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$: <u>345.71</u> kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$: <u>15.90</u> kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$: <u>3.56</u> kN·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A : Área de la sección bruta.	A : <u>13.20</u> cm ²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$: <u>60.70</u> cm ³
	$W_{pl,z}$: <u>13.60</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

k_y : 1.00

k_z : 1.00

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: 1.00

$C_{m,z}$: 1.00

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : 0.89

χ_z : 0.21

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: 0.59

$\bar{\lambda}_z$: 1.99

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : 0.60

α_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 en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N99, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimentodemadera+0.8·Mallaelectrosoldada+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

5.76 kN ≤ 47.60 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$: <u>5.76</u> kN
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$: <u>95.19</u> kN



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 RAMPA OESTE

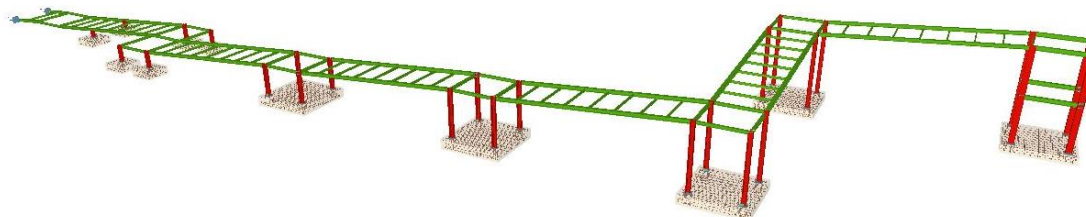


Figura 6.1.3. – Modelo 3D del acceso Oeste (Cype)

2.3.1 Perfiles utilizados

	TIPO DE PERFIL	UNIDADES	LONGITUD (metros)
PILARES	HEB 200	22 total	
		4	4,2
		4	3,4
		4	2,6
		4	1,8
		2	0,5
VIGA rellanos	HEB 140	25 total	
		23	2,5
		2	5
VIGA rampa	HEB 180	14 total	
		12	10
		2	2,5
ARRIOSTRAMIENTO	IPE 120	43 total	2,5

Tabla 6.1.5 – Perfiles utilizados en acceso Oeste

2.3.2 Justificación de perfiles utilizados

Para los pilares se ha elgido el perfil HEB por su buen comportamiento a compresión y a flexión en ambos ejes. Para las vigas de los rellanos y de las rampas se ha escogido el mismo tipo de perfil puesto que los esfuerzos a los que estarán sometidos también incluyen la flexión en ambos ejes de modo que se aprovechen todas las cualidades del perfil.

Sin embargo, para las vigas que arriostran los cordones de las rampas, se ha optado por el perfil IPE porque, a diferencia de en las otras barras, este únicamente debe soportar esfuerzos en uno de sus plano. Esto convierte al IPE en el perfil ideal para este tipo de sollicitación.



2.3.3 Coeficientes de pandeo

COEFICIENTES DE PANDEO		
	PLANO X-Y	PLANO X-Z
PILARES	0,70 / 1,00	0,70 / 1,00
VIGAS rellanos	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
VIGAS rampa	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00
ARRIOSTRAMIENTO	1,00 / 1,00	1,00 / 1,00

Tabla 6.1.6 – Coeficientes de pandeo en acceso Oeste

2.3.4 Justificación de los coeficientes de pandeo

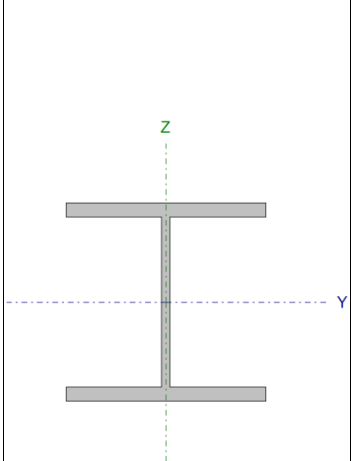
En los pilares se ha tomado un coeficiente de pandeo en ambos planos de 0,70 / 1,00 que es el que se corresponde con el de empotramiento en su base y articulado en la parte superior.

Para el resto de perfiles se ha tomado un coeficiente de 1,00 en ambos planos porque se tratan de barras biarticuladas. Si bien es cierto que podría reducirse el coeficiente de pandeo porque la forma en la que se disponen las barras y el pavimento de madera aumentarán la rigidez de la estructura, se ha conservado el coeficiente de 1,00 por motivos de seguridad.

2.3.5 Comprobación de perfiles utilizados

A continuación se presentan las comprobaciones realizadas con el programa Cype de los perfiles de cada tipo de barra. Se mostrará únicamente el perfil de cada tipo que esté sometido a un mayor esfuerzo.

- **Pilar HEB 200**

- Perfil: HE 200 B - Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N146	N11	4.200	78.10	5696.00	2003.00	59.28
	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	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	4.200	4.200	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_{w}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N146/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 8.4	x: 4.101 m η = 3.8	x: 4.101 m η = 58.4	η = 0.6	η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.101 m η = 75.1	η < 0.1	η = 0.1	η = 0.6	η = 1.8	CUMPLE η = 75.1
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

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.

$\bar{\lambda}$: **0.96** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

Clase : 1



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.

$$\mathbf{A} : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{2353.43} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{6692.53} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{2353.43} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \underline{5696.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \underline{2003.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{59.28} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{171100.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{4.200} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{4.200} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{9.93} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i}_y : \underline{8.54} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{5.06} \text{ cm}$$

y₀ , z₀: 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:

$$18.89 \leq 163.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>170.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>9.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>15.30</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>30.00</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.084} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N146, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{97.65} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$



Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 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:

$N_{b,Rd}$: 1158.31 kN

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 78.10 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.85

χ_z : 0.57

Siendo:

ϕ_y : 0.72

ϕ_z : 1.14

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y$: 0.57

$\bar{\lambda}_z$: 0.96

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 2353.43 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 6692.53 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 2353.43 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.038 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.101 m del nudo N146, para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 6.38 kN·m

Para flexión negativa:



M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.
 El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{c,Rd} : 168.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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.

$W_{pl,y} : 642.50 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO} : 1.05$

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:

$\eta : 0.584 \checkmark$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.101 m del nudo N146, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretableros+0.75·Nieve.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^- : 46.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd} : 80.09 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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.

$W_{pl,z} : 305.80 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO} : 1.05$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.006 \checkmark$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 1.35 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientosobretableteros + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.41 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 375.76 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 24.85 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 200.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 9.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

14.89 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 14.89

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción.

ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : **0.018** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 1.35 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientosobretableteros + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 16.91 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:



$$V_{c,Rd} : 949.60 \text{ kN}$$

Donde:

$$A_v : \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : 62.80 \text{ cm}^2$$

Siendo:

$$A : \text{Área de la sección bruta.} \quad A : 78.10 \text{ cm}^2$$

$$d : \text{Altura del alma.} \quad d : 170.00 \text{ mm}$$

$$t_w : \text{Espesor del alma.} \quad t_w : 9.00 \text{ mm}$$

$$f_{yd} : \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_y : \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{Mo} : 1.05$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$2.41 \text{ kN} \leq 187.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : 2.41 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} : \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : 375.76 \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$16.91 \text{ kN} \leq 474.80 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

$$V_{Ed} : \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : 16.91 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} : \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : 949.60 \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.668 \quad \checkmark$$



$$\eta : \underline{0.480} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.751} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.101 m del nudo N146, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretableros+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{93.89} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{6.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{46.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{168.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{80.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.11}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.85}$$

$$\chi_z : \underline{0.57}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.57}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.96}$$

α_y , α_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·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretableros+0.75·Nieve.



$$16.91 \text{ kN} \leq 474.72 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,y} : \underline{16.91} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,y} : \underline{949.43} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot Pavimetnodemadera + 0.8 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientosobretableiros$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{5.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{39.52} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 1.35 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientosobrepilares + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.39} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{375.69} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.07} \text{ MPa}$$

Siendo:



W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 39.52 cm³
 f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
 γ_{MO} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.018 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobrepilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 16.67 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 949.43 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 949.60 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.07 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

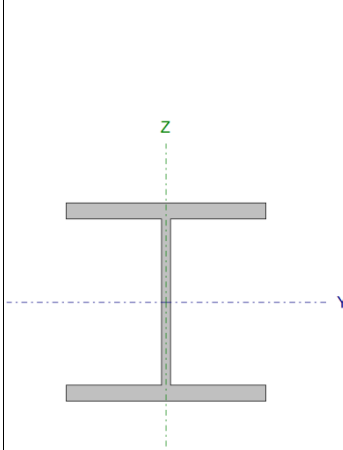
W_T : 39.52 cm³
 f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
 γ_{MO} : 1.05

- Vigas rellano HEB 140

Perfil: HE 140 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N26	N30	2.500	43.00	1509.00	549.70	20.06
	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	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	2.500	2.500	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N26/N30	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η = 7.4	x: 0 m η = 62.7	x: 2.4 m η = 1.2	x: 2.4 m η = 16.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 69.5	η < 0.1	η = 4.1	x: 2.4 m η = 16.4	η = 0.1	CUMPLE η = 69.5
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

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.

$\bar{\lambda}$: **0.81** ✓

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.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{1822.91} \text{ kN}$$

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.

$$N_{cr,y} : \underline{5004.13} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1822.91} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1509.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{22480.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{2.500} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{2.500} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{6.92} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{5.92} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.58} \text{ cm}$$

y₀, z₀: 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:

$$16.57 \leq 159.27 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>116.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>8.12</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>16.80</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.074} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

$$N_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{54.65} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1126.19} \text{ kN}$$

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 : <u>1</u>
A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>43.00</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{MO} : <u>1.05</u>



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:

$$N_{b,Rd} : \underline{741.88} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.66}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.67}$$

$$\phi_z : \underline{0.97}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.81}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1822.91} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{5004.13} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{1822.91} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.627} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{40.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{64.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:



f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa
 γ_{M0} : 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:

η : 0.012 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.400 m del nudo N26, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot Pavimetnodomadera + 0.8 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Vientosobretablero$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.13 kN·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 N26, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodomadera + 1.35 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.75 \cdot Nieve$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.37 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 31.38 kN·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.

$W_{pl,z}$: 119.80 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.162 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.400 m del nudo N26, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodomadera + 1.35 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientosobretablero + 0.75 \cdot Nieve$.



V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 32.11 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 198.39 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 13.12 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 140.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 7.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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:

13.14 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 13.14

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción.

ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.27 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 527.42 kN



Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 34.88 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 43.00 cm²

d : Altura del alma.

d : 116.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 7.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{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 $V_{c,Rd}$.

30.99 kN ≤ 99.19 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 30.99 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 198.39 kN

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 $V_{c,Rd}$.

0.27 kN ≤ 263.71 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.27 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 527.42 kN



Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.683} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.695} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.464} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N26, para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{53.73} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{40.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1126.19} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{64.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{31.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{119.80} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.07}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.66}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.49}$$



ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\bar{\lambda}_z : 0.81$$

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

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·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobreabretablero+0.75·Nieve.

$$30.99 \text{ kN} \leq 97.56 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : 30.99 \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : 195.12 \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.041 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : 2.53 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 16.72 \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.164 \quad \checkmark$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.400 m del nudo N26, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobrepilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 32.01 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.10 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 195.12 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 198.39 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 6.17 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 16.72 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobrepilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.27 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.10 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 518.74 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 527.42 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 6.17 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 16.72 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

- Vigas rampa HEB 180

Perfil: HE 180 B						
Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N115	N113	1.250	65.30	3831.00	1363.00	42.16
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		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		1.250	1.250	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N115/N113	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.5	x: 0 m η = 69.0	x: 1.25 m η = 0.3	x: 1.25 m η = 2.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 69.7	η < 0.1	η = 1.1	x: 1.25 m η = 2.5	η < 0.1	CUMPLE η = 69.7
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

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.

$\bar{\lambda}$: **0.32** ✓

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.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{18079.85} \text{ kN}$$

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.

$$N_{cr,y} : \underline{50817.25} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{18079.85} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{3831.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1363.00} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{42.16} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{93750.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{1.250} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{1.250} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{8.92} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{7.66} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.57} \text{ cm}$$

y₀, z₀: 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:

$$17.88 \leq 164.04 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>152.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>8.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>12.92</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>25.20</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

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 en el nudo N115, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{8.73} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

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.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$



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:

$$N_{b,Rd} : \underline{1610.02} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{0.94}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.52}$$

$$\phi_z : \underline{0.58}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.19}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.32}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{18079.85} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{50817.25} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{18079.85} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.690} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N115, para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 1.35 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.75 \cdot Nieve.$

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{87.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{126.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$



tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

η : 0.003 ✓

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·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.05·Sobrecargadeuso+1.5·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.16 kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 60.50 kN·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.

$W_{pl,z}$: 231.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.025 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N113, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 7.57 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:



$$V_{c,Rd} : \underline{306.81} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{20.29} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$14.35 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.35}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.22} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{52.38} \text{ cm}^2$$



Siendo:

A: Área de la sección bruta.

d: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A : 65.30 cm²

d : 152.00 mm

t_w : 8.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 275.00 MPa

γ_{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}**.

0.76 kN ≤ 153.40 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 0.8·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.76 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 306.81 kN

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}**.

0.22 kN ≤ 396.02 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones
 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretablero+0.75·Nieve.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.22 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 792.04 kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.697 ✓

η : 0.696 ✓



$$\eta : 0.421 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N115, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 1.35 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientosobrepilares + 0.75 \cdot Nieve$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \frac{7.98}{1} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \frac{87.00}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \frac{0.15}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \frac{1}{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{1710.24}{1} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{126.08}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{60.50}{1} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \frac{65.30}{1} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \frac{481.40}{1} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{231.00}{1} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{1} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{275.00}{1} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{1}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.00}{1}$$

$$k_z : \frac{1.00}{1}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{1}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{1}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \frac{1.00}{1}$$

$$\chi_z : \frac{0.94}{1}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.19}{1}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.32}{1}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \frac{0.60}{1}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{1}$$

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 $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 0.8 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientosobretablero + 0.75 \cdot Nieve$.

$$0.76 \text{ kN} \leq 152.75 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.76}{1} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{305.50}{1} \text{ kN}$$



Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 0.8 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.75 \cdot Nieve$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{4.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N113, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 1.35 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.9 \cdot Vientosobrepilares + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.56} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{305.50} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{306.81} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.61} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+1.35·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobrepilares+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.21} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{788.66} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.61} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

- Arriostramientos rampa IPE 120

Perfil: IPE 120 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N116	N115	2.500	13.20	318.00	27.70	1.74
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		1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		2.500	2.500	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N116/N115	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	η < 0.1	x: 1.25 m η = 27.1	x: 0 m η = 5.0	x: 0 m η = 7.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.25 m η = 27.6	η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽³⁾	CUMPLE η = 27.6
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez λ _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento 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.

$\bar{\lambda}$: **1.99** ✓

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.

$$\mathbf{A} : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_v : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{91.86} \text{ kN}$$

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.

$$\mathbf{N}_{cr,Y} : \underline{1054.55} \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,Z} : \underline{91.86} \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \underline{318.00} \text{ cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \underline{27.70} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{1.74} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{890.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{2.500} \text{ m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{2.500} \text{ m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{5.12} \text{ cm}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i}_y : \underline{4.91} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{1.45} \text{ cm}$$

y₀ , z₀: 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:

$$24.41 \leq 248.01 \quad \checkmark$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>107.40</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>4.40</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>4.73</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>4.03</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} : <u>275.00</u> MPa

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:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot Pavimetnodemadera + 0.8 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 0.01 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{345.71} \text{ kN}$$

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 : <u>1</u>
A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>13.20</u> cm ²
f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{vd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_v : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa



γ_{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:

$N_{b,Rd} : \underline{73.20}$ kN

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. $A : \underline{13.20}$ cm²
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{261.90}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00}$ MPa
 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : \underline{0.89}$

$\chi_z : \underline{0.21}$

Siendo:

$\phi_y : \underline{0.71}$

$\phi_z : \underline{2.78}$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : \underline{0.21}$

$\alpha_z : \underline{0.34}$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$\bar{\lambda}_y : \underline{0.59}$

$\bar{\lambda}_z : \underline{1.99}$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : \underline{91.86}$ kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : \underline{1054.55}$ kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z} : \underline{91.86}$ kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T} : \underline{\infty}$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta : \underline{0.271}$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}^+ : \underline{4.31}$ kN·m

Para flexión negativa:



M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.
 El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{15.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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)

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:

$$\eta : \underline{0.050} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretableros+0.75·Nieve.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{3.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,z} : \underline{13.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$\eta : \underline{0.073} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N116, para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 0.8 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.75 \cdot Nieve$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.97} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{95.19} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.30} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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:

$$21.23 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{21.23}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ϵ : Factor de reducción.

$$\epsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$



Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimetnodemadera} + 0.8 \cdot \text{Barandilla} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.9 \cdot \text{Vientosobretablero} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{128.14} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{8.47} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{107.40} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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 $V_{c,Rd}$.

$$6.97 \text{ kN} \leq 47.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones

$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot \text{Pavimetnodemadera} + 0.8 \cdot \text{Barandilla} + 1.5 \cdot \text{Sobrecargadeuso} + 0.75 \cdot \text{Nieve}$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{6.97} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{95.19} \text{ kN}$$

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 $V_{c,Rd}$.



$$0.13 \text{ kN} \leq 64.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.9·Vientosobretableros+0.75·Nieve.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.13} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{128.14} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.276} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.274} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.168} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.250 m del nudo N116, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·Pavimetnodemadera+0.8·Barandilla+1.5·Sobrecargadeuso+0.75·Nieve.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{4.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{345.71} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{15.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{3.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{13.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{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.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.59}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.99}$$

α_y , α_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

$$1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot Pavimetnodemadera + 0.8 \cdot Barandilla + 1.5 \cdot Sobrecargadeuso + 0.75 \cdot Nieve.$$

$$6.97 \text{ kN} \leq 47.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{6.97} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{95.19} \text{ kN}$$

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.

3 UNIONES

Mediante el programa informático Cype 3D (versión del 2017) se han dimensionado las diferentes uniones para llevar a cabo el montaje de la estructura que se quiere proyectar.

Se ha elegido elaborar el ensamblaje mediante uniones soldadas. En el presente apartado se procederá a detallar las diferentes uniones de las que se compone la estructura.

3.1 UNIONES EN TABLERO

En la parte del tablero existen 5 tipos de uniones diferentes las cuales se detallan a continuación.

- **Unión 1:**

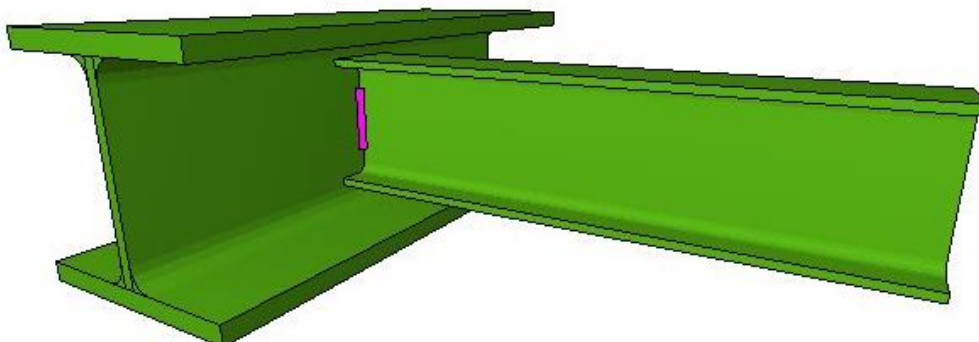
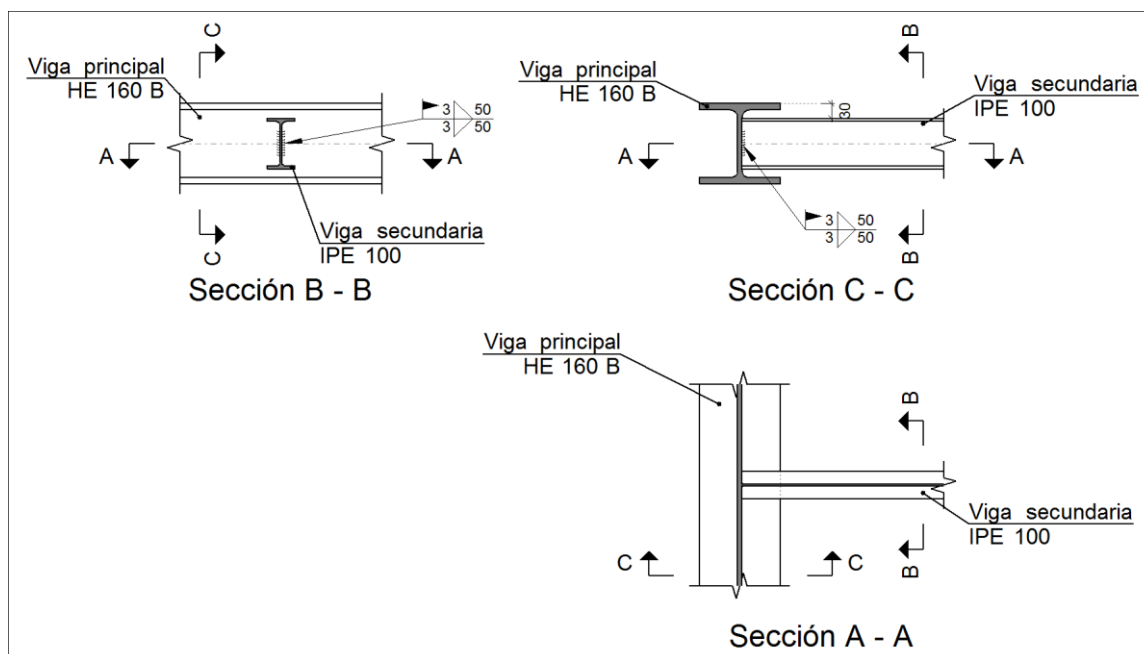


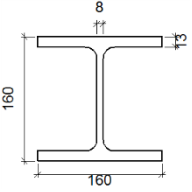
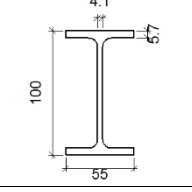
Figura 6.1.4. – Unión tipo 1 del tablero

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 (MPa)	f_u (MPa)
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

c) Comprobación
1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	0.02	70.40	0.03
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.02	96.87	0.02

2) Viga secundaria IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	62.39	261.90	23.82

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.0	0.0	24.6	42.6	11.05	0.1	0.02	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	100

- Unión 2

La unión tipo dos es una combinación de dos uniones que, al ser simétricas las barras que confluyen, con representar una es suficiente. La otra barra se unirá de la misma forma.

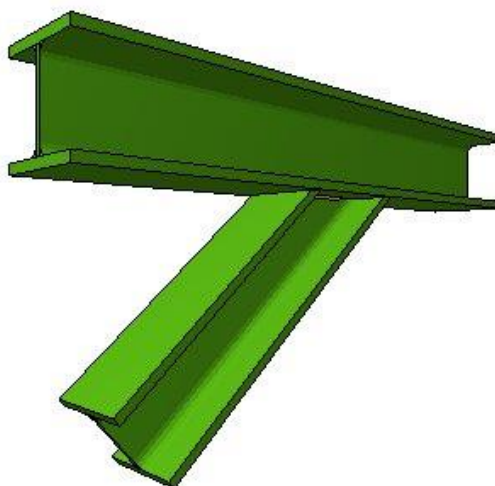
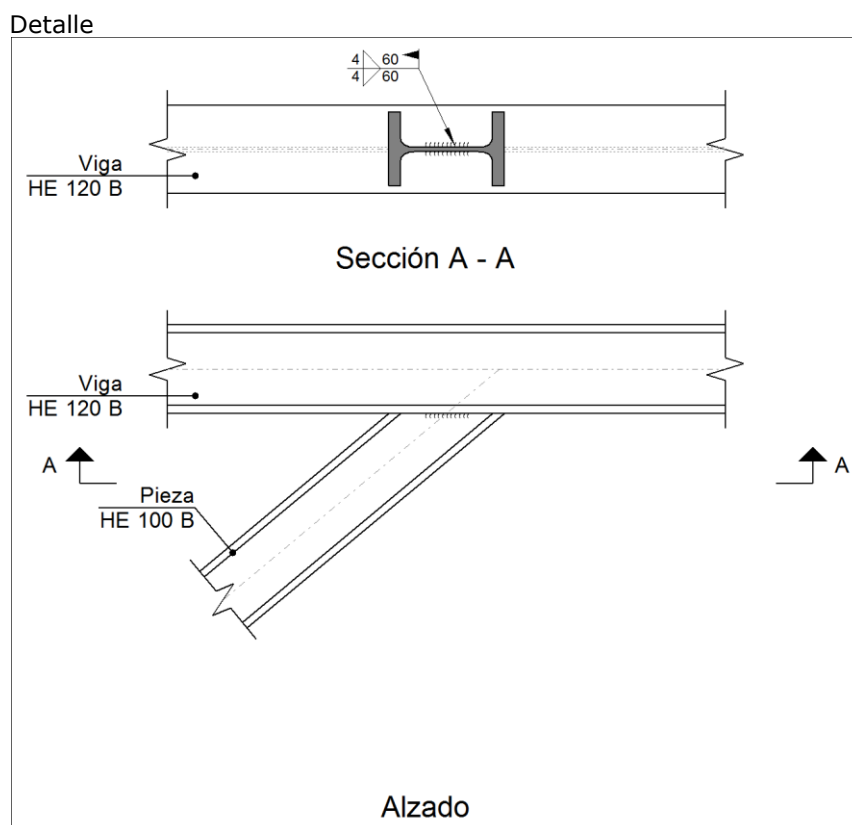


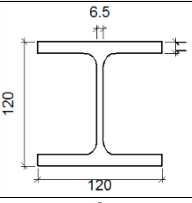
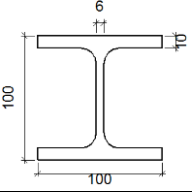
Figura 6.1.5 – Union tipo 2

a)





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_v (MPa)	f_u (MPa)
Viga	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 100 B		100	100	10	6	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	12.09	261.90	4.61

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	4	60	6.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.5	1.5	5.1	9.3	2.42	1.5	0.47	410.0	0.85

d) Medición

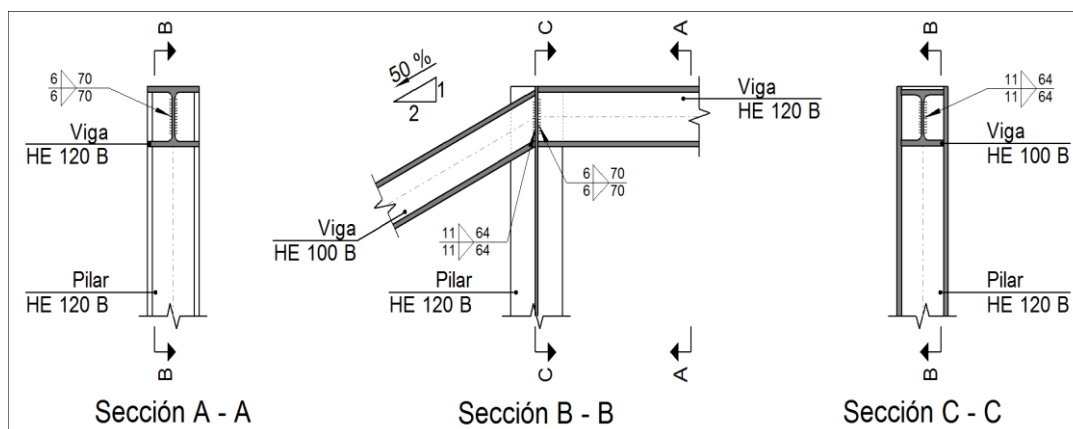
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	4	120

- Unión 3

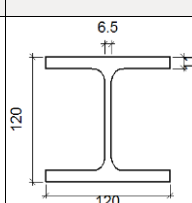


Figura 6.1.6 – Unión 3 de la pasarela

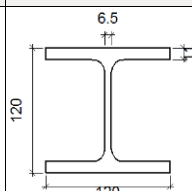
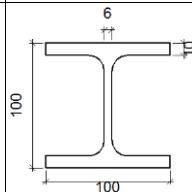
a) Detalle



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_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0



Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Viga	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 100 B		100	100	10	6	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia						
	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Viga HE 120 B	Alma	Punzonamiento	kN	146.76	195.72	74.99
Viga HE 100 B	Alma	Punzonamiento	kN	169.78	179.09	94.39
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	182.47	194.60	93.08

2) Viga HE 120 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	222.59	261.90	89,14

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	6	70	6.5	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	123.3	123.8	0.5	247.4	64.11	123.8	37.75	410.0	0.85

3) Viga HE 100 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	1033.84	261.90	86.53

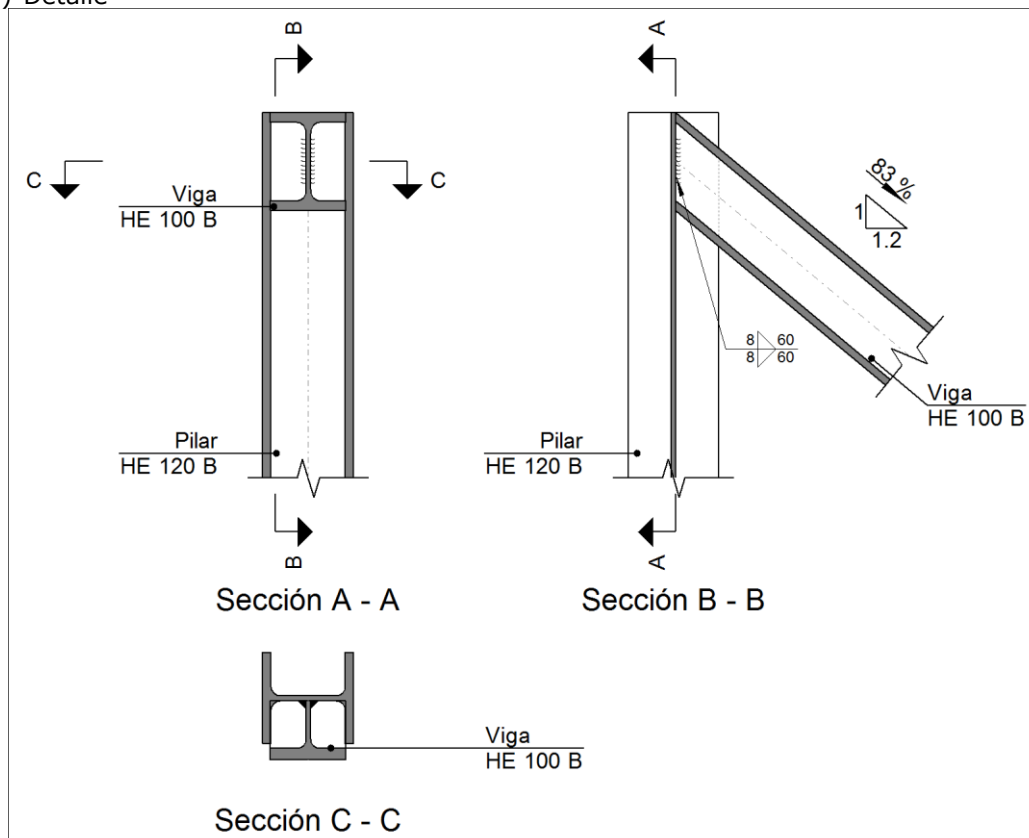
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	11	64	6.0	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 ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	150.5	150.5	106.7	353.3	91.56	150.6	45.90	410.0	0.85

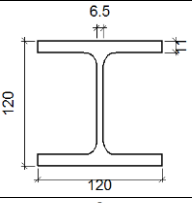
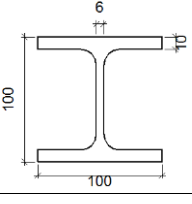
d) Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	140
			11	128

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_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 100 B		100	100	10	6	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga HE 100 B	Alma	Punzonamiento	kN	156.77	168.85	92.84
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	156.77	163.33	91.82

2) Viga HE 100 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	240.63	261.90	90.80

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	8	60	6.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	114.7	116.3	135.3	329.6	85.40	116.3	35.44	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	120

- Unión 4

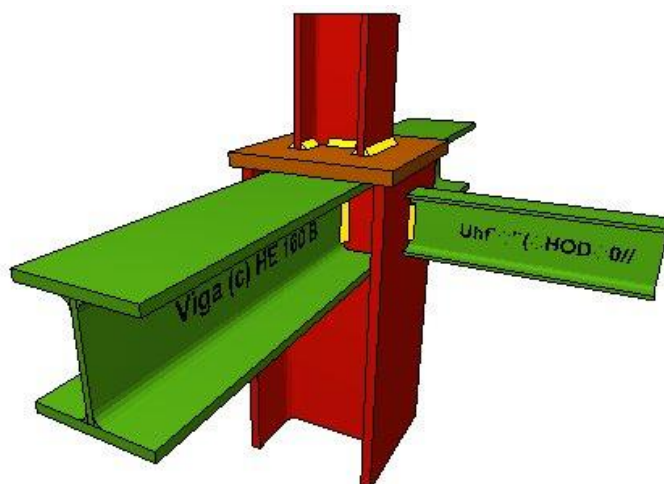
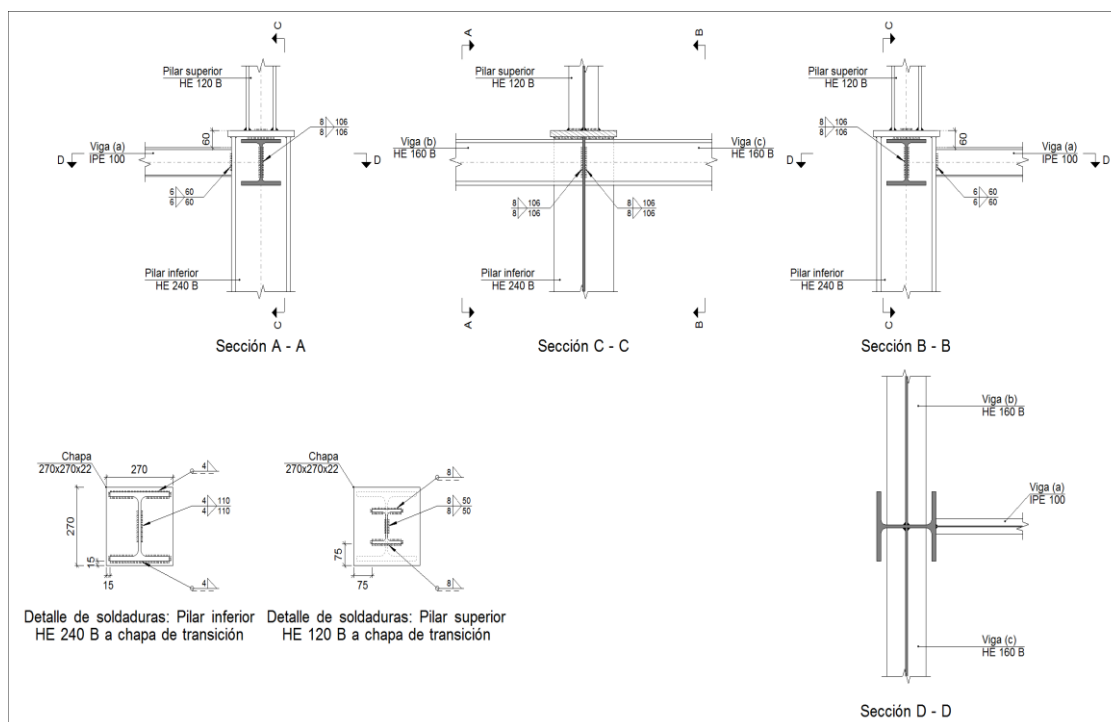
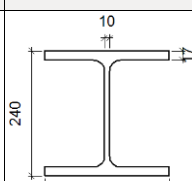


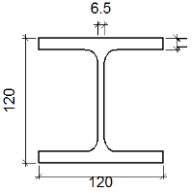
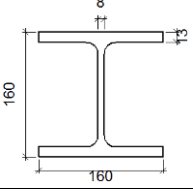
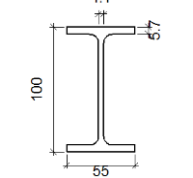
Figura 6.1.7 – Unión tipo 4 del tablero

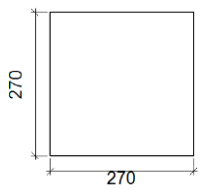
a) Detalle



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 (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	275.0	410.0

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Esquema	Geometría			Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Chapa de transición		270	270	22	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Chapa de transición

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Interacción flexión - cortante	--	--	--	6.42
Deformación admisible	mRad	0.058	2	2.91

2) Pilar superior HE 120 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	120	11.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	8	50	6.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	120	11.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	167.3	167.3	3.7	334.6	86.72	167.3	51.00	410.0	0.85
Soldadura del alma	77.2	77.2	8.8	155.2	40.22	77.2	23.55	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	146.1	146.1	3.7	292.3	75.76	146.1	44.55	410.0	0.85

3) Pilar inferior HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga (c) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	299.40	448.70	66.73
Viga (b) HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	305.54	448.70	68.09
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	6.13	148.11	4.14

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	4	240	17.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	4	110	10.0	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	4	240	17.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	70.8	70.8	2.1	141.7	36.72	70.8	21.59	410.0	0.85
Soldadura del alma	47.8	47.8	8.0	96.6	25.04	47.8	14.58	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	64.2	64.2	2.0	128.4	33.27	64.2	19.56	410.0	0.85

4) Viga (a) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	52.81	261.90	20.16

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	6	60	4.1	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	2.2	2.2	10.3	18.3	4.75	2.2	0.68	410.0	0.85

5) Viga (c) HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	253.37	261.90	94.92

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura del alma	En ángulo		8	106	8.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	124.7	124.9	4.2	249.9	64.76	125.0	38.09	410.0	0.85

6) Viga (b) HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	230.33	261.90	87.58

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura del alma	En ángulo		8	106	8.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	127.2	127.6	0.9	255.0	66.07	127.6	38.89	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1144
			6	120
			8	987

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	270x270x22	12.59
	Total			12.59

- Unión 5

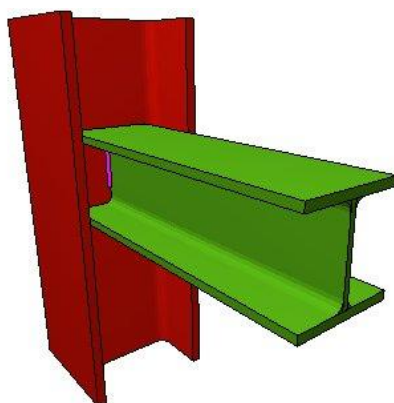
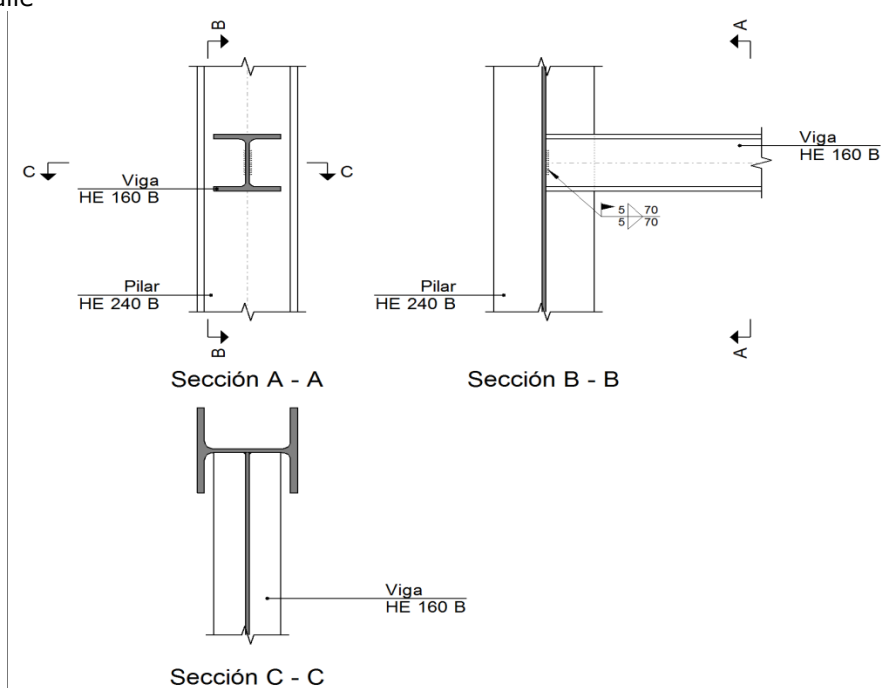
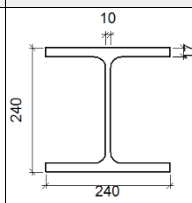
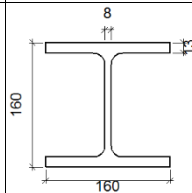


Figura 6.1.8 – Unión tipo 5 del tablero

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 (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	275.0	410.0
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	2.23	307.01	0.73
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	2.23	136.06	1.64

2) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	4.54	261.90	1.73

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	5	70	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_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	2.3	2.3	1.0	4.9	1.26	2.3	0.69	410.0	0.85

d) Medición

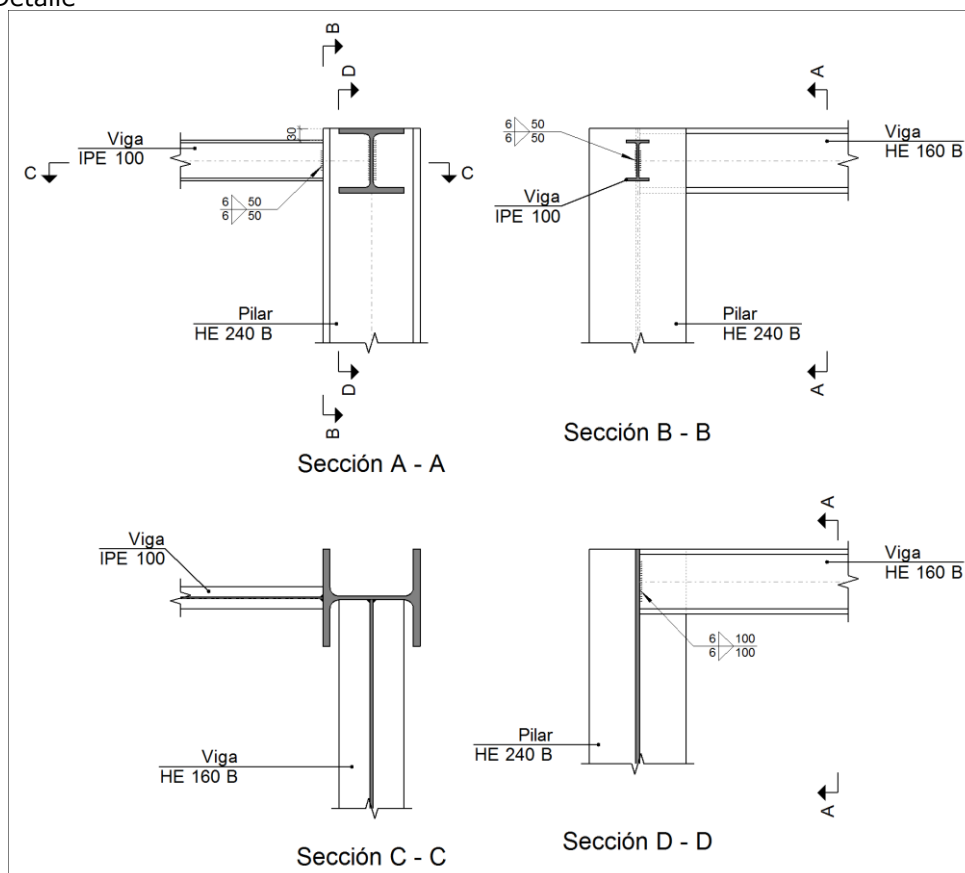
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	5	140

- Unión 6



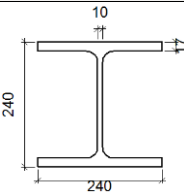
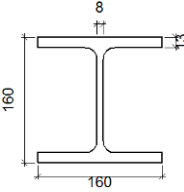
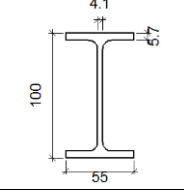
Figura 6.1.9 – Unión tipo 6 del tablero

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 (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	275.0	410.0
Viga	HE 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga HE 160 B	Alma	Punzonamiento	kN	299.40	425.09	70.43
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	299.40	319.78	93.49

2) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	62.61	261.90	23.91

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	6	50	4.1	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.7	0.7	12.3	21.4	5.55	1.1	0.34	410.0	0.85

3) Viga HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	274.57	361.90	73.02

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	6	100	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 _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	176.3	176.6	5.9	353.2	91.52	176.6	53.84	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	300

- Unión 7

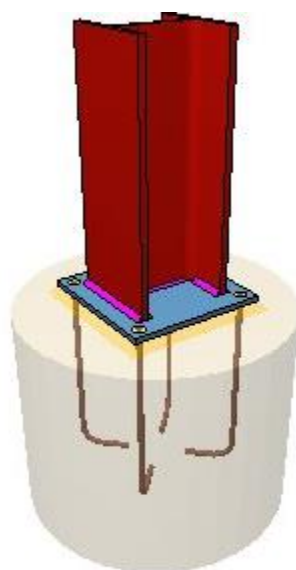
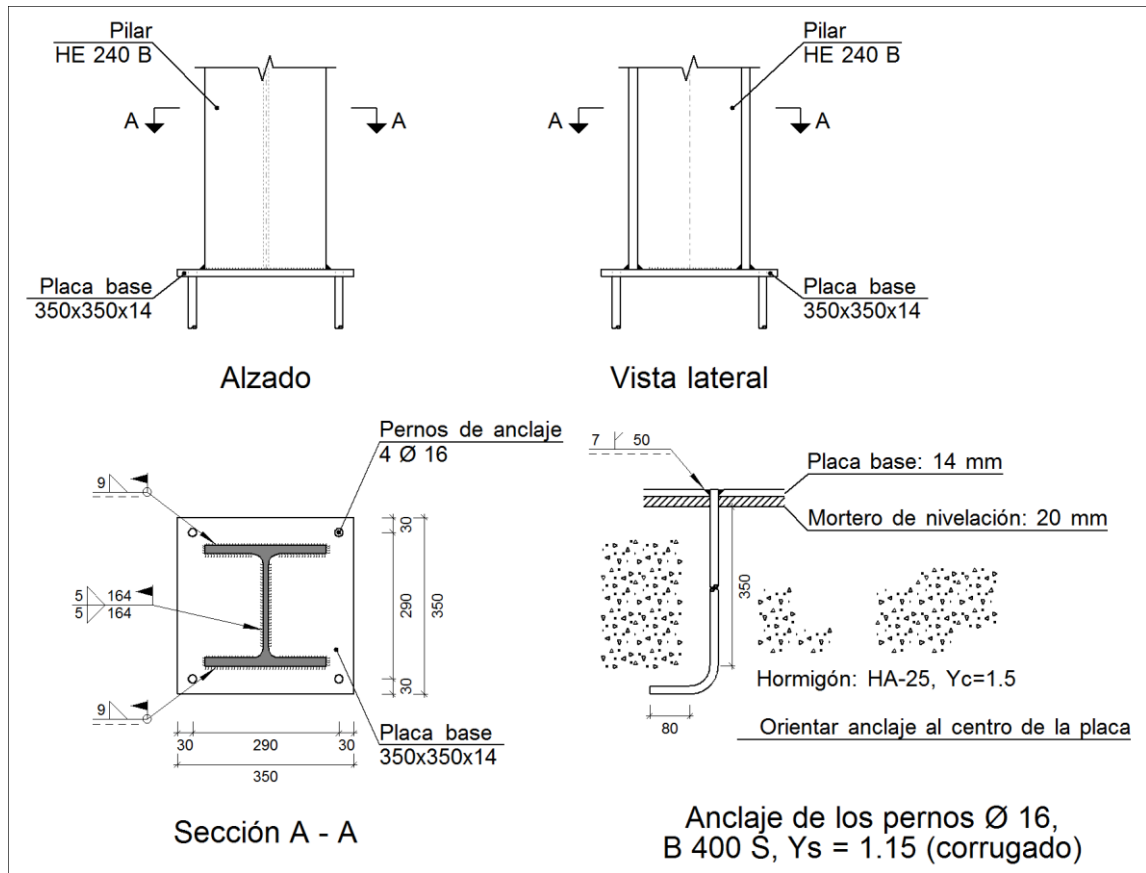
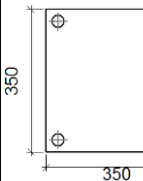


Figura 6.1.10 – Unión tipo 7 tablero

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 (MPa)	f _u (MPa)
Placa base		350	350	14	4	30	18	7	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	240	14.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	5	164	10.0	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	240	14.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	37.1	37.1	0.8	74.1	19.21	37.1	11.30	410.0	0.85
Soldadura del alma	30.8	30.8	4.7	62.1	16.09	30.8	9.38	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	29.6	29.6	1.0	59.2	15.35	29.6	9.02	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: 16 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 62.23 kN Calculado: 52.77 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 43.56 kN Calculado: 1.22 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 62.23 kN Calculado: 54.52 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 64.32 kN Calculado: 48.8 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 242.871 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 117.33 kN Calculado: 1.14 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 163.513 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 176.699 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 192.183 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 202.787 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 930.826	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 817.105	Cumple
- Arriba:	Calculado: 803.425	Cumple
- Abajo:	Calculado: 816.08	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	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	7	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_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	194.2	336.3	87.15	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	201
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	328
			9	924

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x14	13.46
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 400 + 155	3.51
				Total

3.2 UNIONES EN RAMPA ESTE

- Unión 1

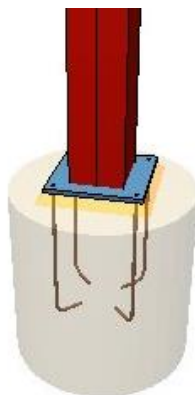
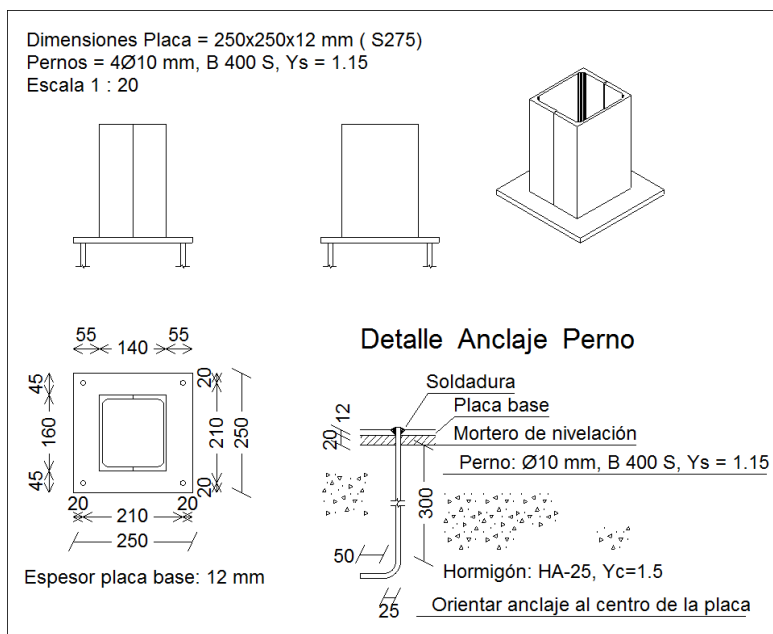
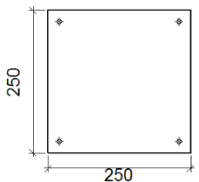


Figura 6.1.11 – Unión tipo 1 del acceso Este

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 _v (MPa)	f _u (MPa)
Placa base		250	250	12	4	10	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 210 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 15 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 33.34 kN Calculado: 11.51 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 23.34 kN Calculado: 7.51 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 33.34 kN Calculado: 22.24 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 25.12 kN Calculado: 10.75 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 201.198 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 62.86 kN Calculado: 6.96 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 42.4386 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 130.866 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 76.9254 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 225.894 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 12738.4	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2143.4	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2333.8	Cumple
- Abajo:	Calculado: 804.957	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

d) Medición

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	250x250x12	5.89
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 10 - L = 342 + 97	1.08
				Total

- Unión 2

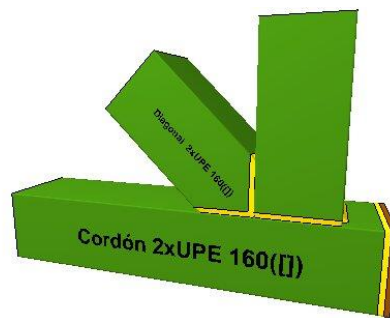
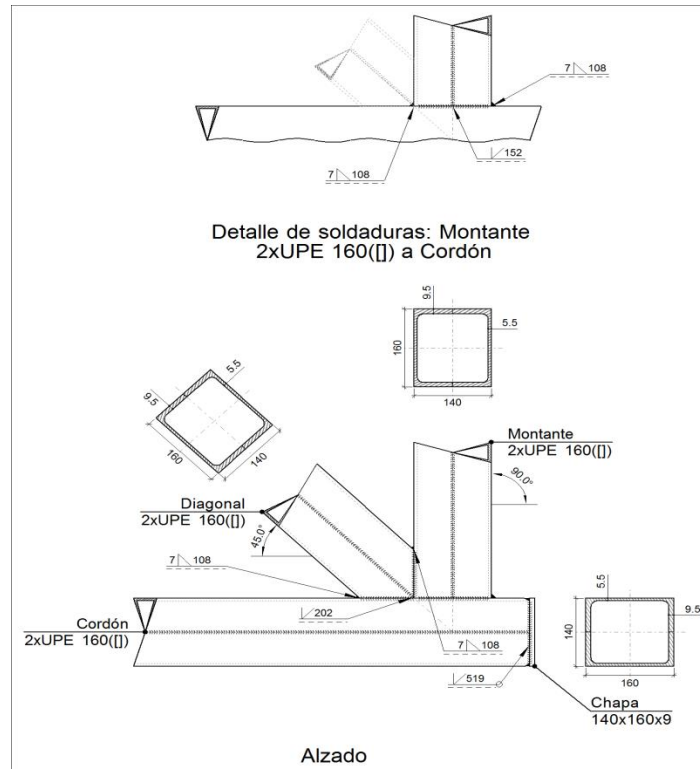
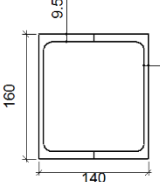
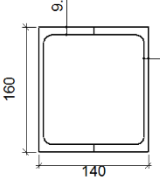


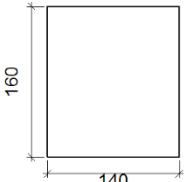
Figura 6.1.12 – Unión tipo 2 del acceso Este

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	275.0	410.0
Diagonal	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Chapa		140	160	9	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_0}/t_0$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_0/b_0	--	0.88	0.50	2.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rotura de la pared lateral del cordón	kN	0.036	1167.860	0.00
Interacción axil y momentos	--	--	--	3.38
Cortante en la cara del cordón	kN	1.917	1031.769	0.19

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	I (mm)					
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	6	519					
<i>I: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.				410.0	0.85		

2) Diagonal 2xUPE 160(□)

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	45.00	30.00	--
Solapamiento	%	50.00	25.00	100.00
b_i/b_o	--	1.00	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.88	0.50	2.00
b_i/t_i	--	29.09	--	35.00
h_i/t_i	--	14.74	--	35.00
b_i/b_i	--	1.00	0.75	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	kN	2.711	840.400	0.32

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	I (mm)				
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	202				
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108				
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	202				
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>I: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.				410.0	0.85		

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

3) Montante 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	45.00	30.00	--
b_i/b_o	--	1.00	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.88	0.50	2.00
b_i/t_i	--	29.09	--	35.00
h_i/t_i	--	14.74	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	kN	1.990	616.724	0.32
Interacción axil y momentos	--	--	--	1.75

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	152
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	152
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85



Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	7	432
		A tope en bisel simple	6	1226

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	140x160x9	1.58
				Total

- Unión 3

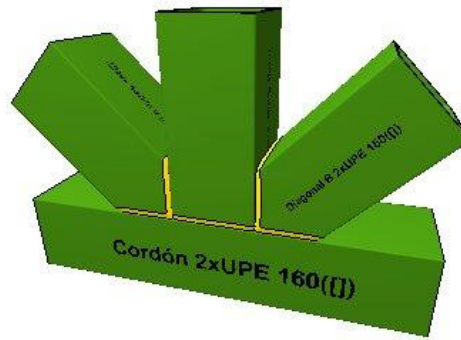
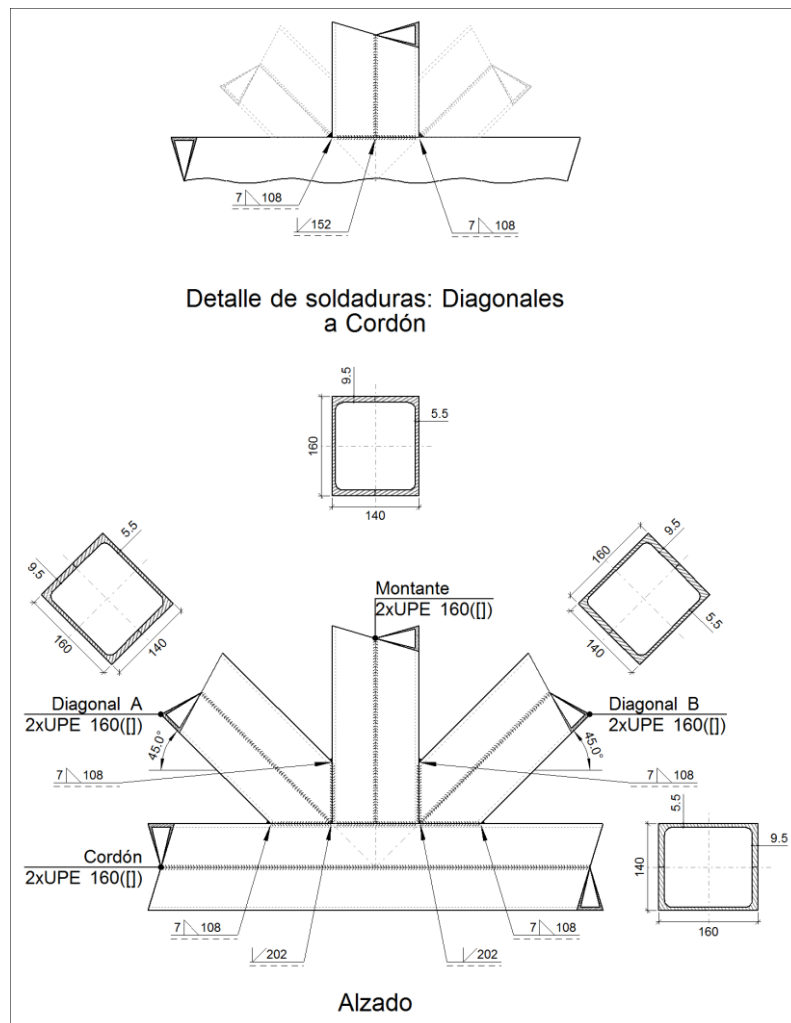
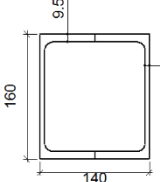
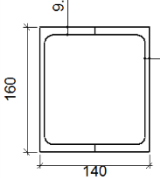


Figura 6.1.13 – Unión tipo 3 del acceso Este

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	275.0	410.0
Diagonal	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_o/b_o	--	0.88	0.50	2.00
b_o/t_o	--	29.09	--	35.00
h_o/t_o	--	14.74	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rotura de la pared lateral del cordón	kN	1.969	1167.860	0.17
Interacción axil y momentos	--	--	--	33.15
Cortante en la cara del cordón	kN	1.999	1031.769	0.19

2) Diagonal A 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	45.00	30.00	--
Solapamiento	%	50.00	25.00	100.00
b_i/b_o	--	1.00	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.88	0.50	2.00



Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
b_i/t_i	--	29.09	--	35.00
h_i/t_i	--	14.74	--	35.00
b_i/b_i	--	1.00	0.75	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	0.334	374.367	0.09
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	kN	2.764	840.400	0.33
Interacción axil y momentos	--	--	--	6.94

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	202
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	202
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

3) Montante 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	45.00	30.00	--
b_i/b_o	--	1.00	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.88	0.50	2.00
b_i/t_i	--	29.09	--	35.00
h_i/t_i	--	14.74	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	kN	3.910	840.400	0.47
Interacción axil y momentos	--	--	--	8.83

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	152	
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108	
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	152	
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85

4) Diagonal B 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	45.00	30.00	--
Solapamiento	%	50.00	25.00	100.00
b_i/b_o	--	1.00	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.88	0.50	2.00
b_i/t_i	--	29.09	--	35.00
h_i/t_i	--	14.74	--	35.00
b_i/b_i	--	1.00	0.75	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	0.353	374.367	0.09
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	kN	2.827	840.400	0.34



Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Interacción axil y momentos	--	--	--	5.51

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	202
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	202
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	7	648
		A tope en bisel simple	6	1110

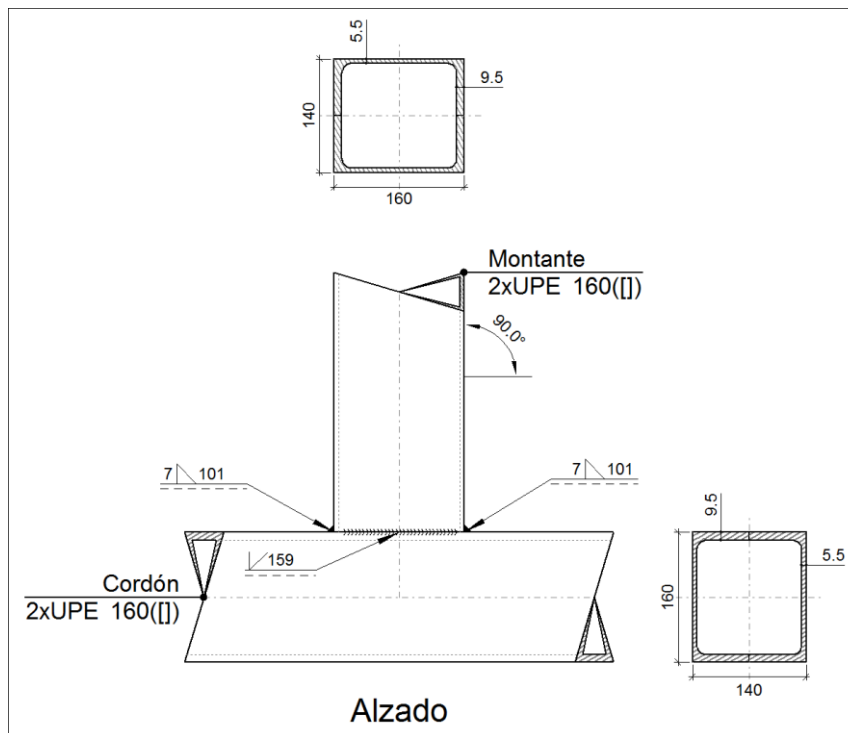
- **Unión 4**

Esta unión se define en dos partes, por un lado la unión entre el pilar y una de las vigas (la continua), y por otro lado la unión de las vigas perpendiculares a la viga que ya está unida al pilar.

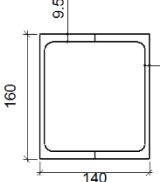
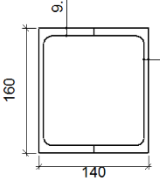


Figura 6.1.14 – Unión tipo 4a del acceso Este

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	275.0	410.0
Diagonal	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.14	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.74	--	35.00
h_o/t_o	--	29.09	--	35.00

2) Montante 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	1.00	0.25	1.00
h_i/b_i	--	1.14	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.74	--	35.00
h_i/t_i	--	29.09	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rotura de la pared lateral del cordón	kN	110.889	310.798	35.68
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	kN	110.889	922.900	12.02

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Interacción axil y momentos	--	--	--	--

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	159
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	101
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	159
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	101

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

d) Medición

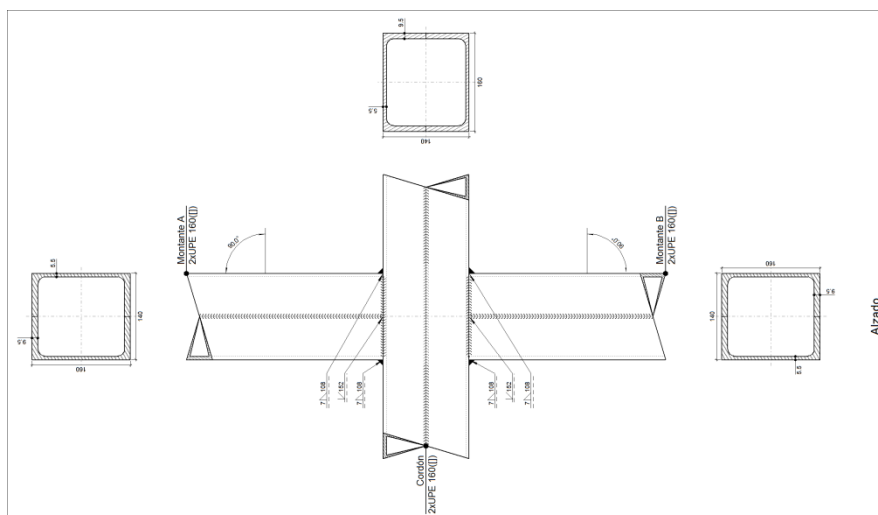
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	7	202
		A tope en bisel simple	6	317

- Unión 3b:

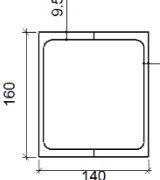
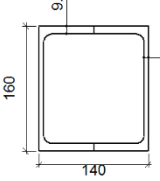


Figura 6.1.15 – Unión tipo 4b del acceso Este

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	2xUPE 160([)]		160	140	9.5	5.5	S275	275.0	410.0
Diagonal	2xUPE 160([)]		160	140	9.5	5.5	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Cordón 2xUPE 160([)]

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_o/b_o	--	0.88	0.50	2.00
b_o/t_o	--	29.09	--	35.00
h_o/t_o	--	14.74	--	35.00

2) Montante A 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	1.00	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.88	0.50	2.00
b_i/t_i	--	29.09	--	35.00
h_i/t_i	--	14.74	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rotura de la pared lateral del cordón	kN	9.856	587.228	1.68
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	kN	9.856	840.400	1.17
Interacción axil y momentos	--	--	--	90.09

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	152
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	152
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85



Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

3) Montante B 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	1.00	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.88	0.50	2.00
b_i/t_i	--	29.09	--	35.00
h_i/t_i	--	14.74	--	35.00

Comprobaciones de resistencia					
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Rotura de la pared lateral del cordón	kN	4.349	875.188	0.50	
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	kN	4.349	840.400	0.52	
Interacción axil y momentos	--	--	--	29.68	

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	152
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	6	152
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	108

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	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 en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	7	432
		A tope en bisel simple	6	607

- Unión 5

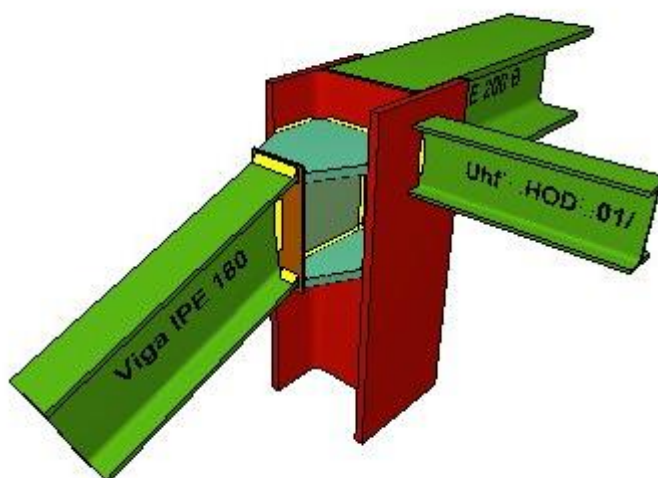
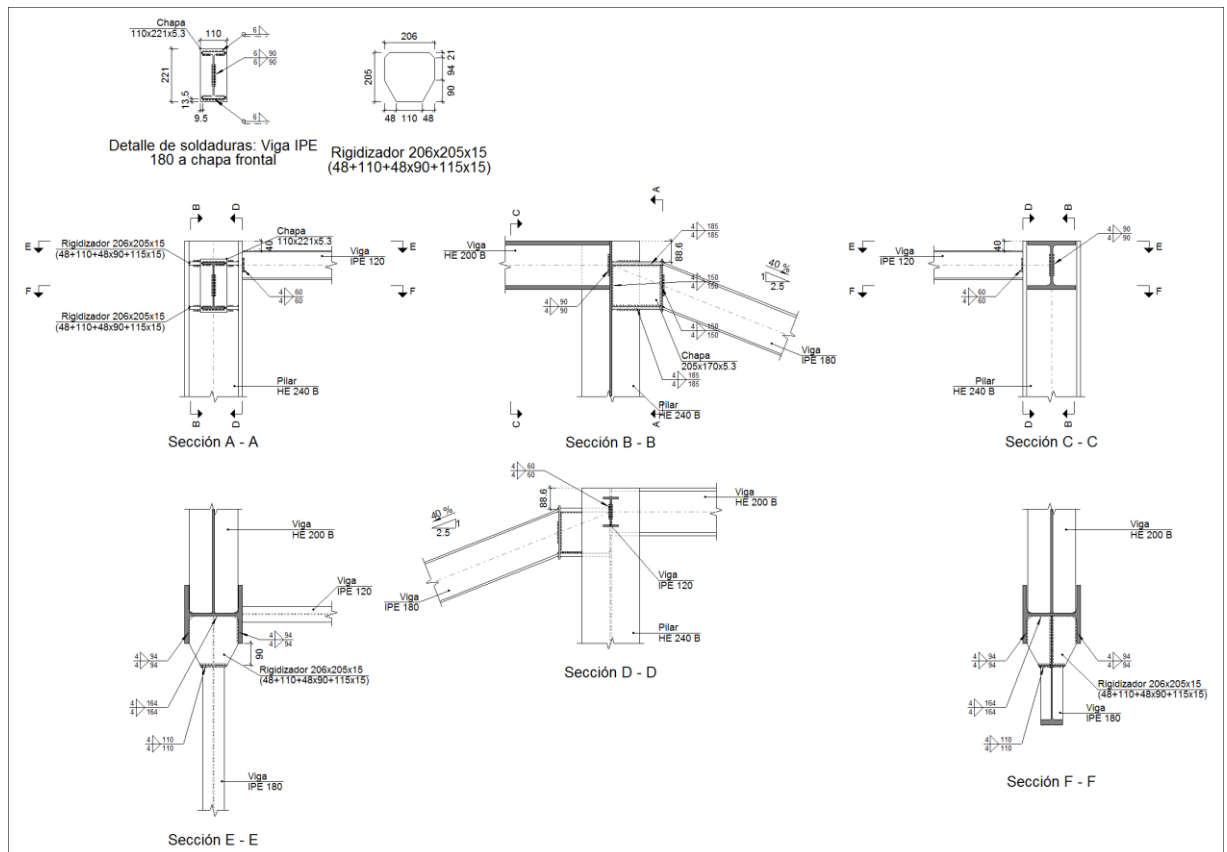
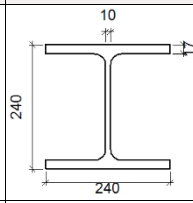
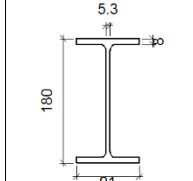
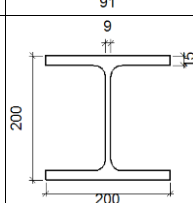


Figura 6.1.16 – Unión tipo 5 del acceso Este

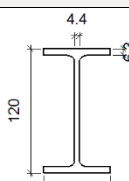
a) Detalle

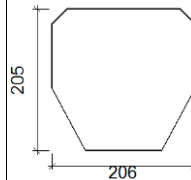
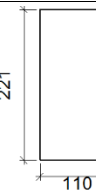
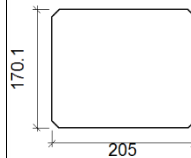


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	275.0	410.0
Viga	HE 200 B		200	200	15	9	S275	275.0	410.0



Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Esquema	Geometría			Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		206	205	15	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga IPE 180		110	221	5.3	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga IPE 180		205	170.1	5.3	S275	275.0	410.0

c) Comprobación
1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	31.83	
	Cortante	kN	0.37	326.62	0.11	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	101.03	261.90	38.58	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	104.41	261.90	39.87	
Chapa frontal [Viga IPE 180]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga IPE 180]	Cortante	kN	31.84	148.26	21.48	
Ala	Desgarro	N/mm ²	44.57	261.90	17.02	
	Cortante	N/mm ²	55.79	261.90	21.30	
Viga HE 200 B	Punzonamiento	kN	1.59	389.66	0.41	
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.58	86.79	1.82	



Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	94	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	4	110	5.3	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	94	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	4	110	5.3	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	150	5.3	90.00	
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	150	5.3	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	185	5.3	90.00	
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	185	5.3	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	109.4	189.5	49.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.3	0.5	0.13	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	128.8	128.8	0.0	257.5	66.73	128.8	39.25	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	113.0	195.8	50.74	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.2	0.4	0.09	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	134.2	134.2	0.1	268.5	69.57	134.2	40.92	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	21.5	37.2	9.63	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	21.5	37.2	9.63	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	21.5	37.3	9.66	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	21.5	37.3	9.66	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	42.98	261.90	16.41

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura del alma	En ángulo		4	60	4.4	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.4	0.4	13.6	23.7	6.13	0.5	0.16	410.0	0.85

3) Viga IPE 180

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura del ala superior	En ángulo		6	91	5.3	68.35			
Soldadura del alma	En ángulo		6	90	5.3	90.00			
Soldadura del ala inferior	En ángulo		6	91	5.3	68.35			
<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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	126.7	186.5	0.1	347.0	89.93	126.7	38.62	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	23.8	41.3	10.70	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	195.1	132.5	0.2	301.1	78.04	195.1	59.47	410.0	0.85

4) Viga HE 200 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	16.10	261.90	6.15

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura del alma	En ángulo		4	90	9.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.3	1.8	10.4	18.3	4.74	1.8	0.56	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	3488
			6	532

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	206x205x15 (48+110+48x90+115x15)	8.93
	Chapas	1	110x221x5.3	1.01
		1	205x170x5.3	1.45
Total				11.39

- Unión 6

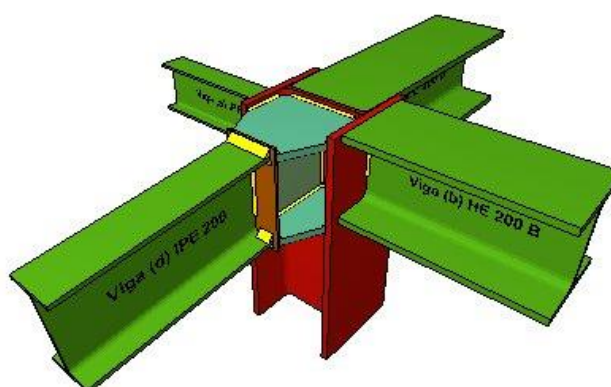
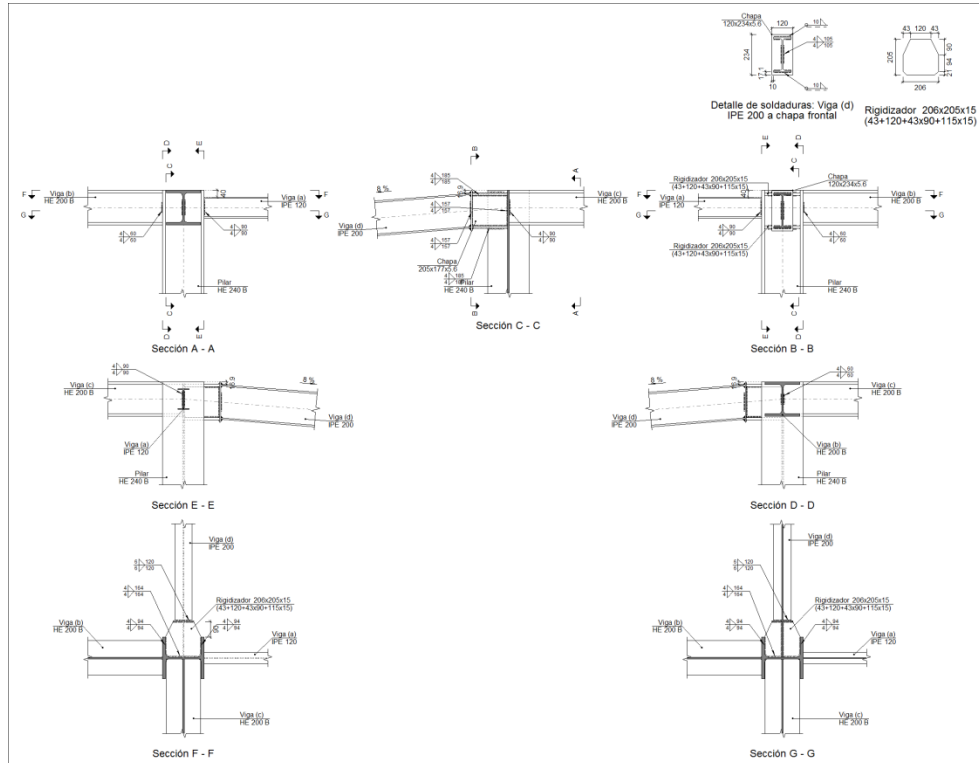
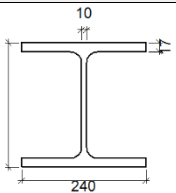
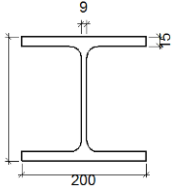
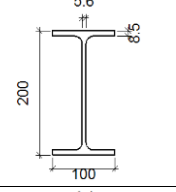
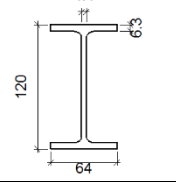


Figura 6.1.17 – Unión tipo 6 del acceso Este

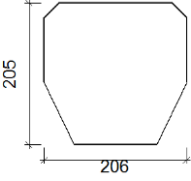
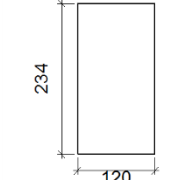
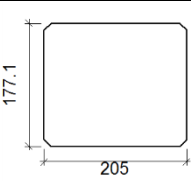
a) Detalle



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 (MPa)	f_U (MPa)
Pilar	HE 240 B		240	240	17	10	S275	275.0	410.0
Viga	HE 200 B		200	200	15	9	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 200		200	100	8.5	5.6	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	275.0	410.0



Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		206	205	15	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (d) IPE 200		120	234	5.6	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (d) IPE 200		205	177.1	5.6	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 240 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	31.83	
	Cortante	kN	0.51	326.62	0.16	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	177.78	261.90	67.88	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	187.67	261.90	71.66	
Chapa frontal [Viga (d) IPE 200]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga (d) IPE 200]	Cortante	kN	46.50	156.65	29.69	
Ala	Desgarro	N/mm ²	78.43	261.90	29.95	
	Cortante	N/mm ²	103.05	261.90	39.35	
Viga (c) HE 200 B	Alma	Punzonamiento	kN	8.61	389.66	2.21
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	8.61	86.79	9.92

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	4	94	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	6	120	5.6	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	4	94	15.0	90.00	



Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	164	10.0	90.00				
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	6	120	5.6	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	157	5.6	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	157	5.6	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	185	5.6	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	185	5.6	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	192.5	333.3	86.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.4	0.7	0.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	142.9	142.9	0.1	285.8	74.06	142.9	43.56	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	203.2	351.9	91.19	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.8	1.4	0.36	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	152.0	152.0	0.1	304.0	78.78	152.0	46.34	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	31.1	53.9	13.97	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	31.1	53.9	13.97	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	31.4	54.4	14.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	31.4	54.4	14.10	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	28.66	261.90	10.94

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	4	90	4.4	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.3	0.3	9.1	15.8	4.09	0.4	0.11	410.0	0.85

3) Viga (b) HE 200 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	23.72	261.90	9.06

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	60	9.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.7	0.7	15.4	26.7	6.92	1.0	0.30	410.0	0.85

4) Viga (c) HE 200 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	19.05	261.90	7.27

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	90	9.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	8.5	8.5	10.3	24.5	6.36	8.5	2.58	410.0	0.85



5) Viga (d) IPE 200

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	10	100	5.6	85.43				
Soldadura del alma	En ángulo	4	105	5.6	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	10	100	5.6	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_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	153.8	166.6	0.4	326.9	84.72	153.8	46.88	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	46.6	80.6	20.90	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	177.5	163.9	0.5	334.8	86.75	177.5	54.11	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	3466
			6	480
			10	341

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	206x205x15 (43+120+43x90+115x15)	9.03
	Chapas	1	120x234x5.6	1.23
		1	205x177x5.6	1.60
Total				11.86

3.3 UNIONES EN RAMPA OESTE

- Unión 1

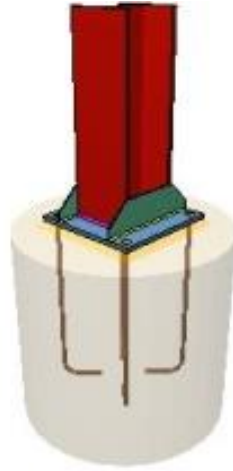
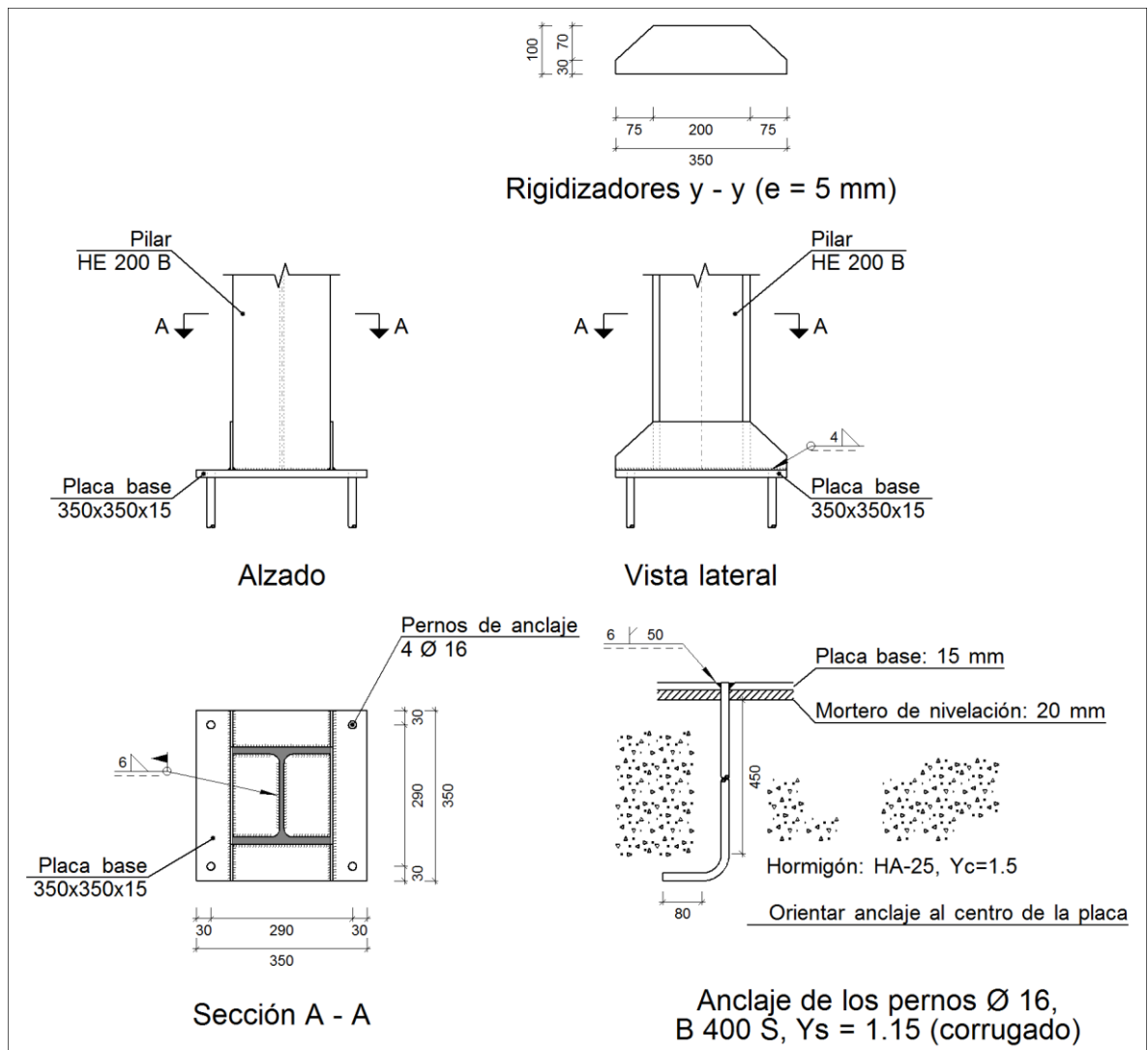


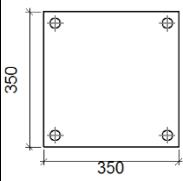
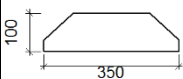
Figura 6.1.18. – Unión tipo 1 rampa oeste

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 (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		350	350	15	4	28	18	6	S275	275.0	410.0
Rigidizador		350	100	5	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	978	9.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
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
Esbeltz 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: 45 cm	Cumple

Referencia:	Valores	Estado
Comprobación		
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 80.01 kN Calculado: 42.33 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 56 kN Calculado: 20.7 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 80.01 kN Calculado: 71.9 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 64.32 kN Calculado: 39.08 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 267.001 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 19.12 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 69.4946 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 53.4039 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 162.015 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 96.4076 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 12734.7	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 18118.4	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6936.73	Cumple
- Abajo:	Calculado: 10719	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	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 = -103): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	350	5.0	90.00		
Rigidizador y-y (x = 103): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	350	5.0	90.00		
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	6	50	15.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -103): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 103): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	194.4	336.6	87.24	0.0	0.00	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1340
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	6	201
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	978

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x15	14.42
	Rigidizadores pasantes	2	350/200x100/30x5	2.34
	Total			16.76
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 16 - L = 501 + 155$	4.14
	Total			4.14

- Unión 2

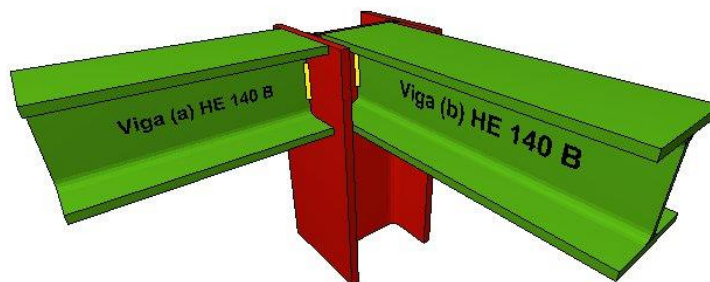
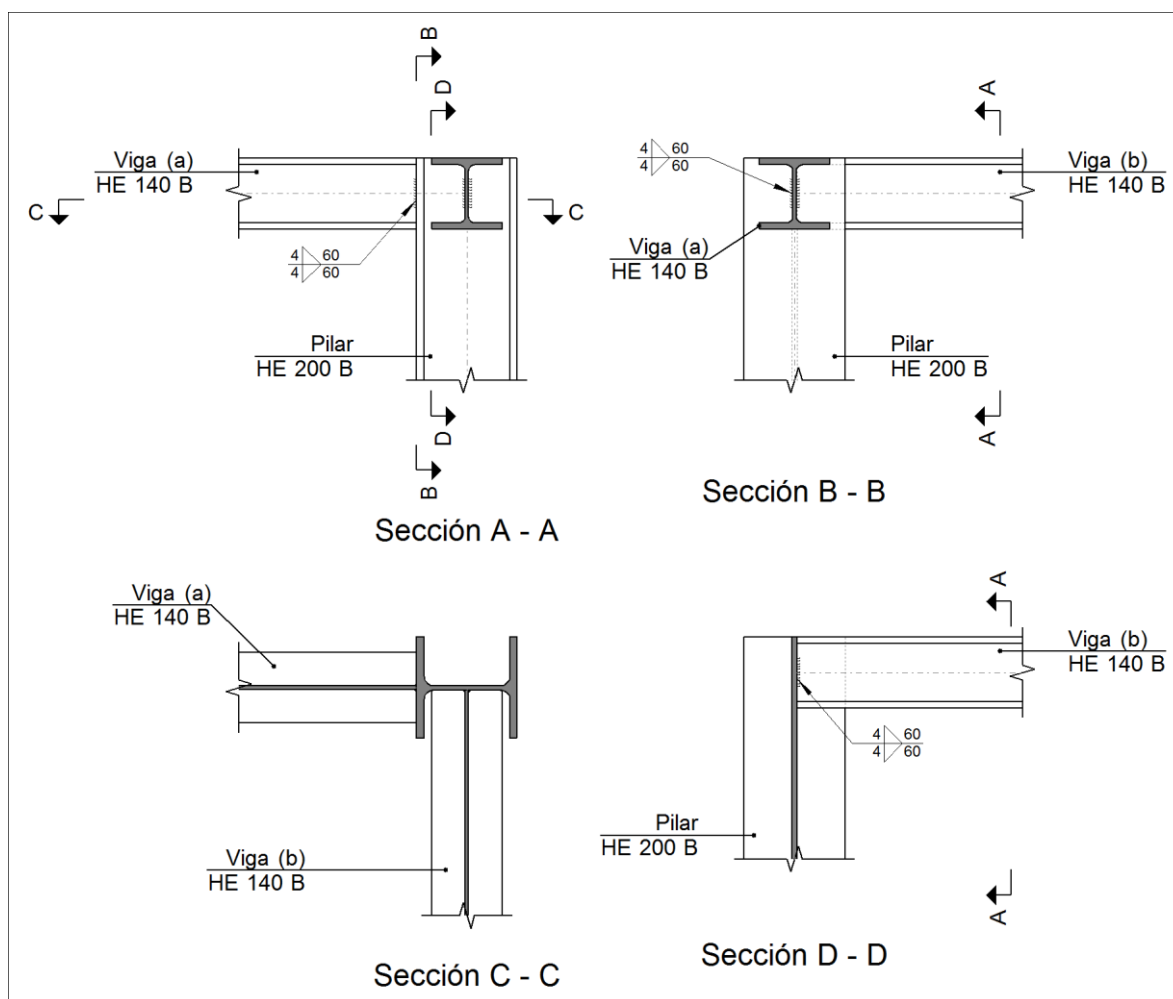
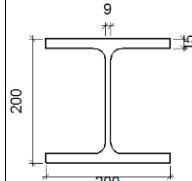
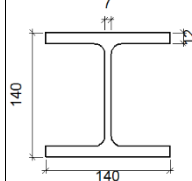


Figura 6.1.19. – Unión tipo 2 rampa oeste

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_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 200 B		200	200	15	9	S275	275.0	410.0
Viga	HE 140 B		140	140	12	7	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga (b) HE 140 B	Alma	Punzonamiento	kN	14.91	237.34	6.28
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	14.91	65.62	22.72

2) Viga (a) HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	40.38	261.90	15.42

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 _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	16.0	16.9	15.3	42.6	11.04	16.9	5.14	410.0	0.85

3) Viga (b) HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	51.80	261.90	19.78

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 _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	21.7	22.2	19.1	55.1	14.29	22.2	6.77	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	240

- Unión 3

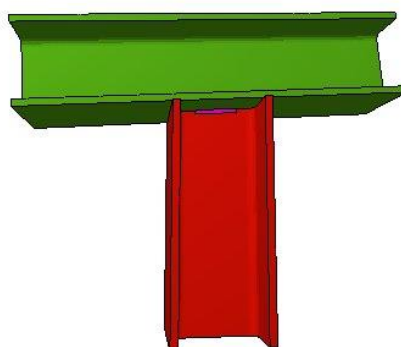
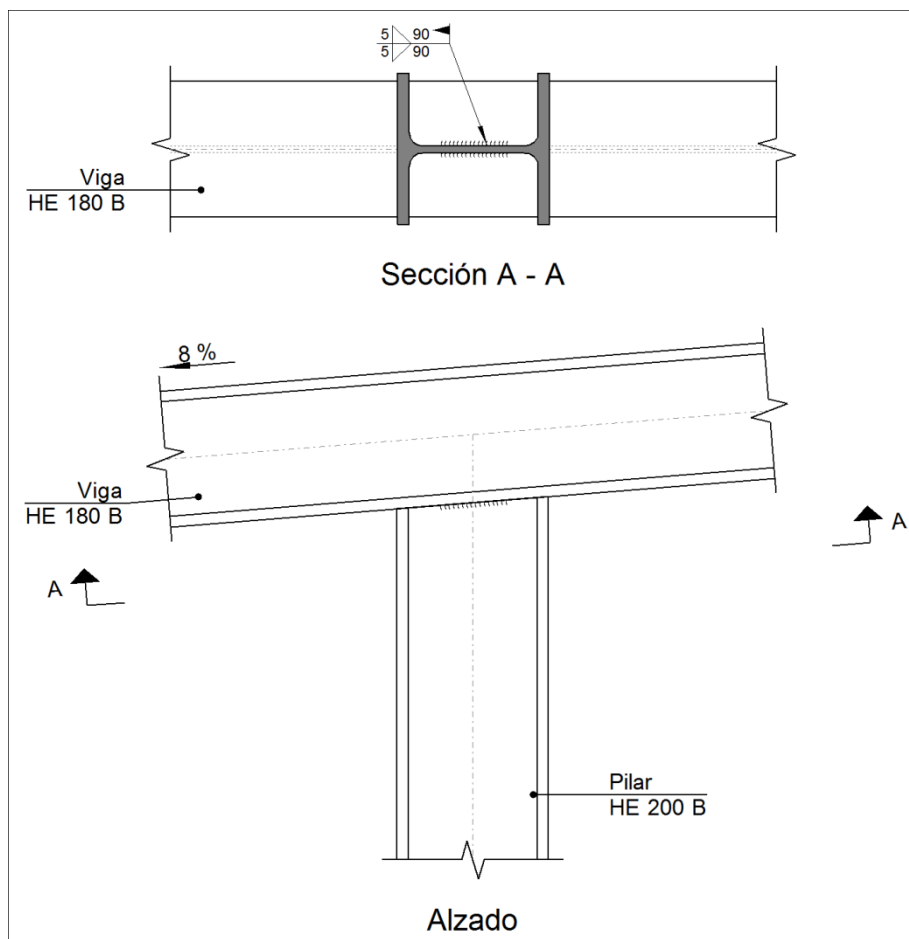


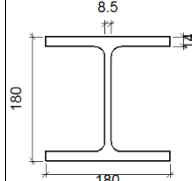
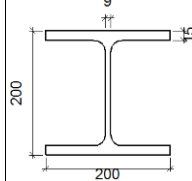
Figura 6.1.20. – Unión tipo 3 rampa oeste

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 (MPa)	f_u (MPa)
Viga	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	275.0	410.0
Pilar	HE 200 B		200	200	15	9	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Viga HE 180 B

2) Pilar HE 200 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	122.02	261.90	46.59

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	5	90	9.0	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	64.4	69.0	32.3	146.9	38.06	69.0	21.04	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	5	180

- Unión 4

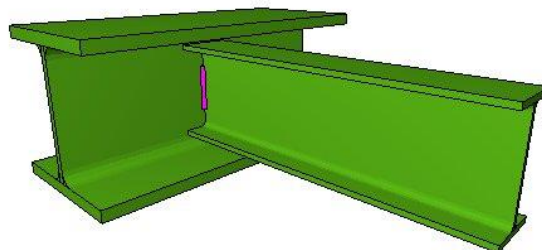
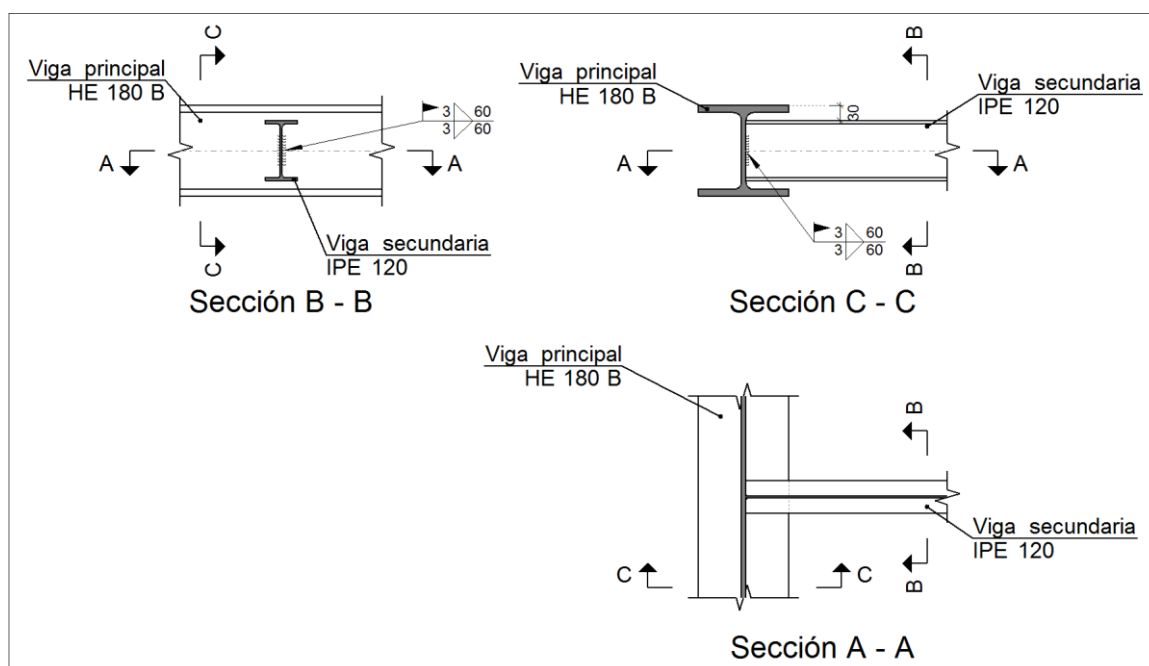


Figura 6.1.21. – Unión tipo 4 rampa oeste

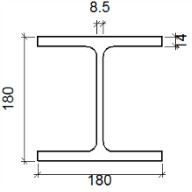
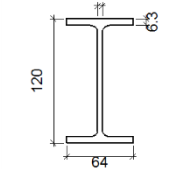
a) Detalle



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_v (MPa)	f_u (MPa)



Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Viga	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	0.26	84.14	0.31
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.25	110.07	0.23

2) Viga secundaria IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	45.23	261.90	17.27

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	60	4.4	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 ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.5	0.5	19.1	33.2	8.60	0.5	0.16	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	120

- Unión 5

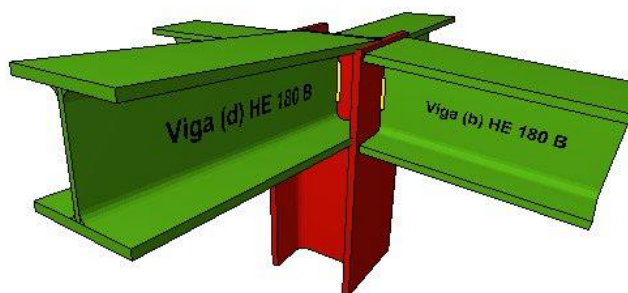
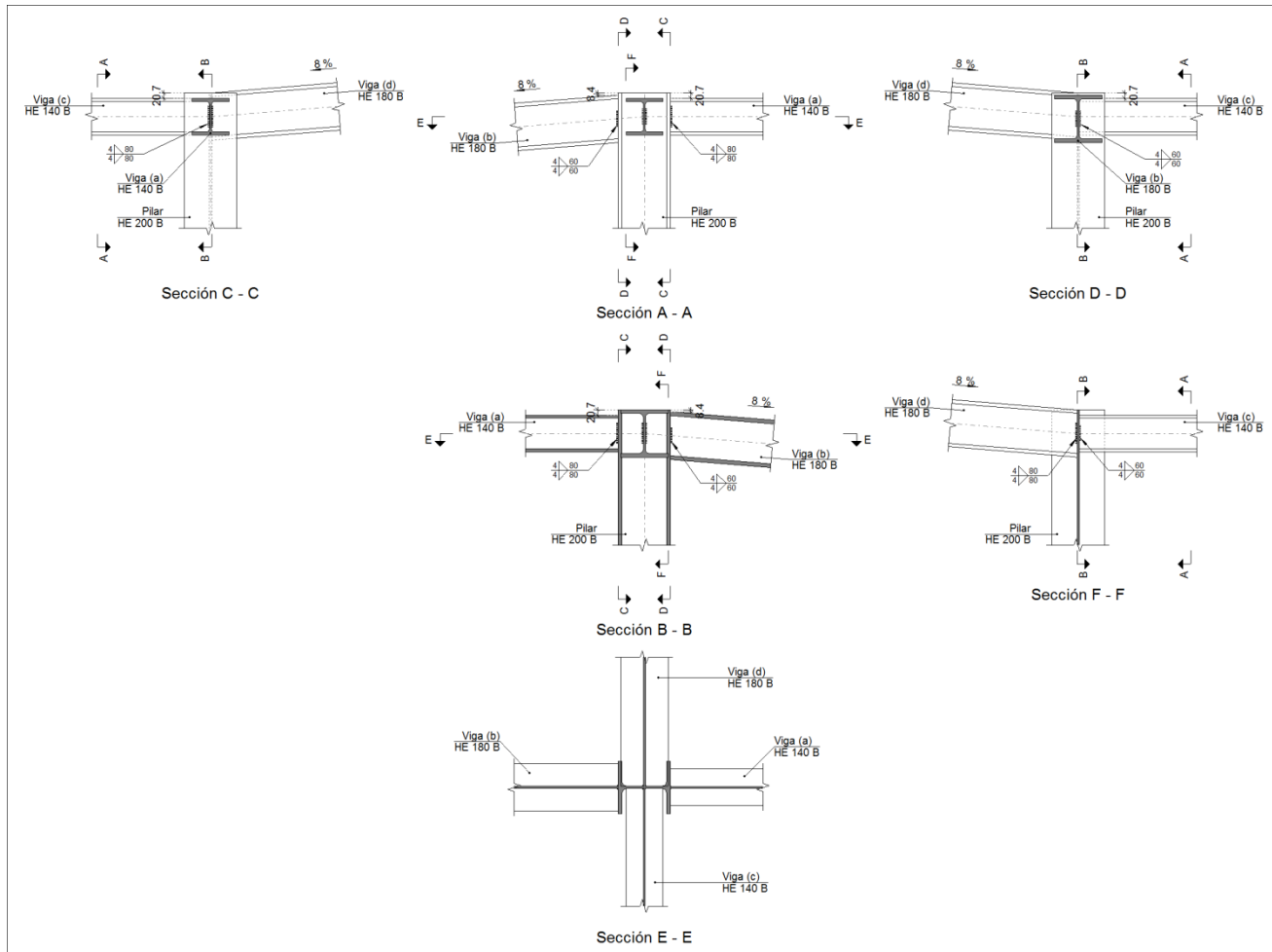
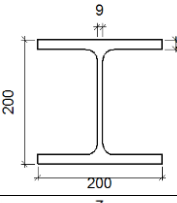
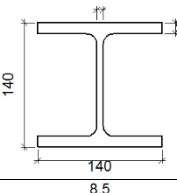
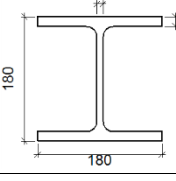


Figura 6.1.22. – Unión tipo 5 rampa oeste

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_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 200 B		200	200	15	9	S275	275.0	410.0
Viga	HE 140 B		140	140	12	7	S275	275.0	410.0
Viga	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	275.0	410.0



c) Comprobación

1) Pilar HE 200 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga (c) HE 140 B	Alma	Punzonamiento	kN	6.28	237.34	2.65
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.73	65.62	1.11
Viga (d) HE 180 B	Alma	Punzonamiento	kN	7.72	313.50	2.46
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.60	72.81	2.20

2) Viga (a) HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	20.50	261.90	7.83

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	80	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 _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.2	1.6	10.3	18.0	4.67	1.6	0.49	410.0	0.85

3) Viga (b) HE 180 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	133.50	261.90	50.97

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	60	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 ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	2.8	2.9	81.9	141.9	36.77	3.1	0.94	410.0	0.85



4) Viga (c) HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	26.17	261.90	9.99

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 _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	9.2	9.4	10.8	26.5	6.85	9.4	2.85	410.0	0.85

5) Viga (d) HE 180 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	105.18	261.90	40.16

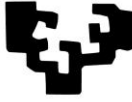
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	80	8.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	8.3	8.7	64.1	112.4	29.14	8.8	2.67	410.0	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	560

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°6.2 CIMENTACIÓN



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	357
2	CIMENTACIÓN	357
2.1	TABLERO	357
2.1.1	Dimensiones geométricas	358
2.1.2	Armadura	358
2.1.3	Comprobación ELU	359
2.2	ACCESO OESTE.....	362
2.2.1	Dimensiones geométricas	362
2.2.2	Armadura	363
2.2.3	Comprobación ELU	364
2.3	ACCESO ESTE	369
2.3.1	Dimensiones geométricas	370
2.3.2	Armadura	372
2.3.3	Comprobación ELU	372
3	CONCLUSIÓN	379



1 INTRODUCCIÓN

En el presente apartado del anejo de cálculo se definen los elementos que componen la cimentación de la pasarela que se trata en este proyecto. Además, se adjuntan las comprobaciones frente a los Estados Límite Últimos calculados con el programa informático Cype (versión de 2017).

2 CIMENTACIÓN

2.1 TABLERO

El tablero está soportado por 8 pilares metálicos (cuatro a cada lado) que descansan sobre 2 zapatas rectangulares, una zapata por cada grupo de cuatro pilares.

La disposición de las zapatas es la siguiente:

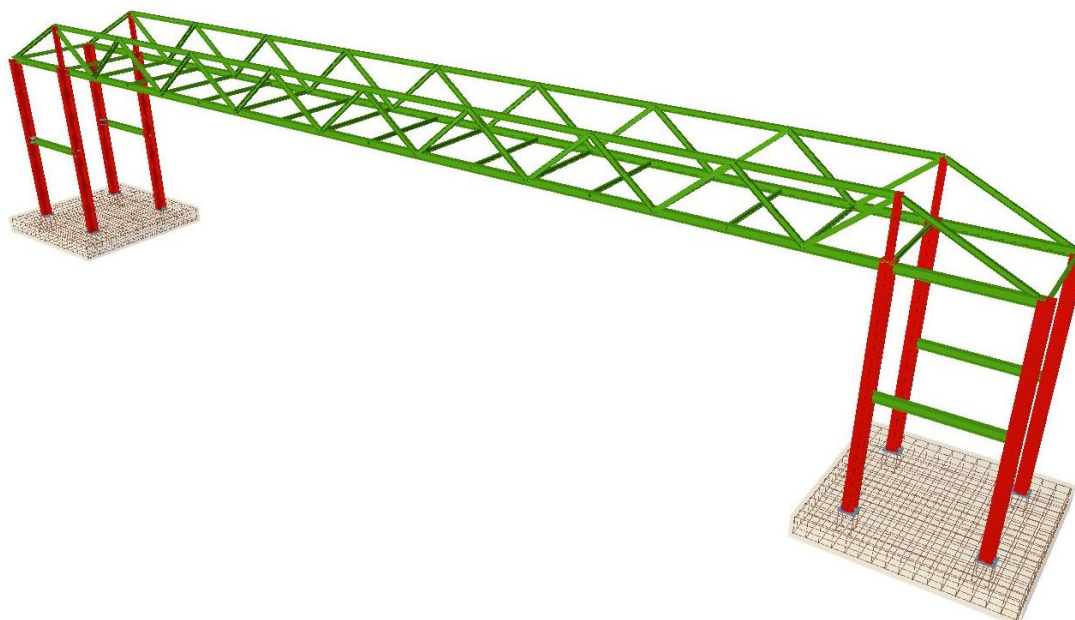


Figura 6.2.1. – Disposición de las zapatas del tablero

2.1.1 Dimensiones geométricas

Ambas zapatas son iguales, y sus dimensiones son:

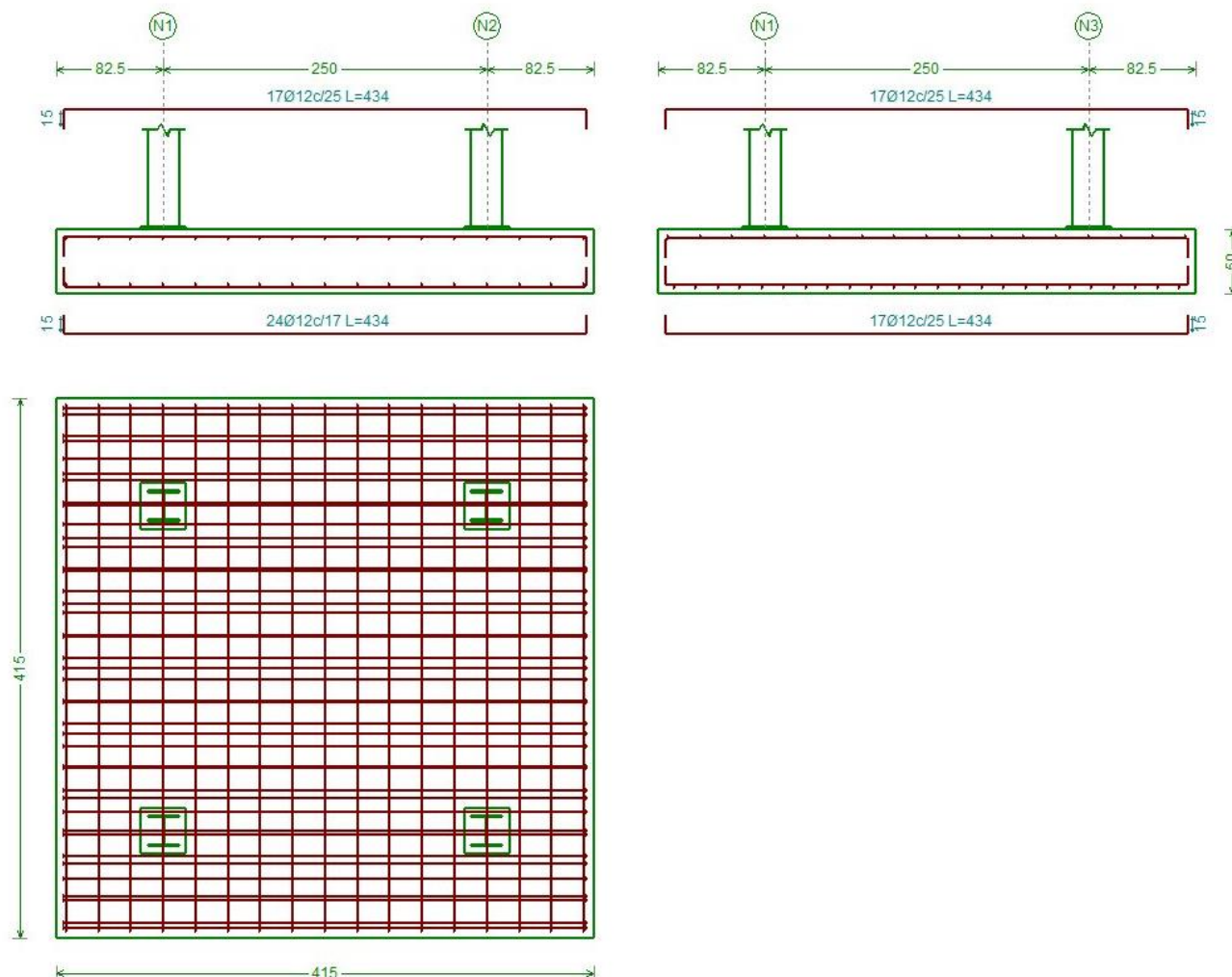


Figura 6.2.2 – Dimensiones zapatas tablero

2.1.2 Armadura

Tanto la armadura superior como la inferior de la zapata se componen de barras corrugadas B400 S, $Y_s=1.15$ de diámetro 12cm dispuestas cada 15cm y patillas con prolongación de 15cm, con una cuantía de 17 barras en el sentido longitudinal y 24 en el transversal.

2.1.3 Comprobación ELU

Referencia: (N1 - N2 - N3 - N4)		
Dimensiones: 415 x 415 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 3 kp/cm ² Calculado: 0.93 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.858 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 3.75 kp/cm ² Calculado: 1.939 kp/cm ²	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: 3.5 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 1183.7 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 40.41 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: -4.60 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 56.62 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 7.13 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 64.81 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N1:	Mínimo: 35 cm Calculado: 43 cm	Cumple
- N2:	Calculado: 43 cm	Cumple
- N3:	Calculado: 43 cm	Cumple
- N4:	Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		

Referencia: (N1 - N2 - N3 - N4)		
Dimensiones: 415 x 415 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0014 Calculado: 0.0014	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002 Calculado: 0.001	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: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 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: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 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: 26 cm Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 177 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 37 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 177 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 66 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 163 cm	Cumple



Referencia: (N1 - N2 - N3 - N4)		
Dimensiones: 415 x 415 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 177 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		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Criterio de CYPE Ingenieros)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.88		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 100.49 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 100.49 t		

2.2 ACCESO OESTE

La estructura que compone la rampa de acceso por el lado Oeste de la pasarela descansa sobre un total de 10 zapatas (cabe destacar que la última zapata combinada es la descrita en el apartado del tablero) colocadas de la siguiente forma:

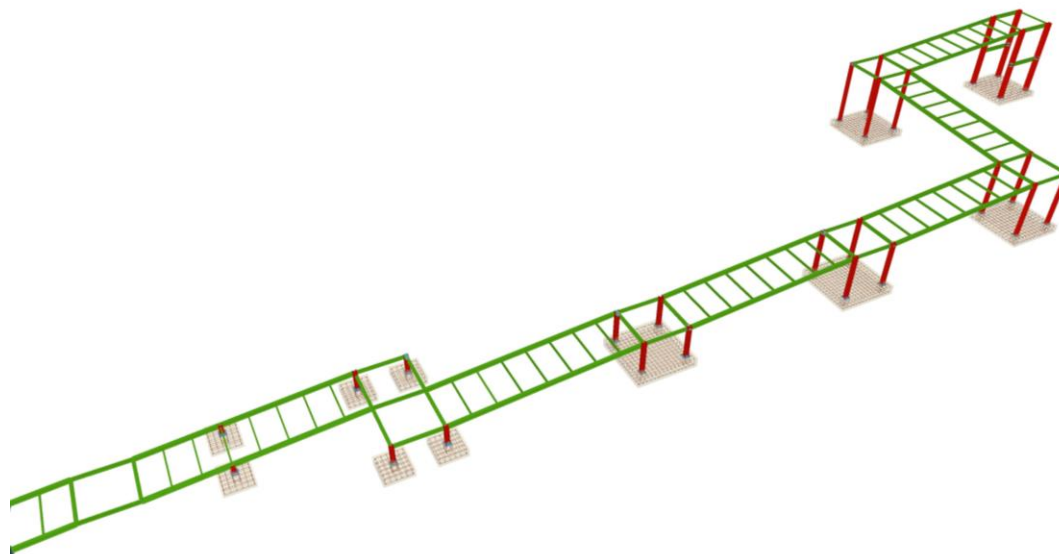


Figura 6.2.3. – Disposición zapatas acceso oeste

2.2.1 Dimensiones geométricas

En este acceso existen dos tipos de zapatas diferentes. Las primeras son 6 zapatas aisladas y tienen las siguientes dimensiones:

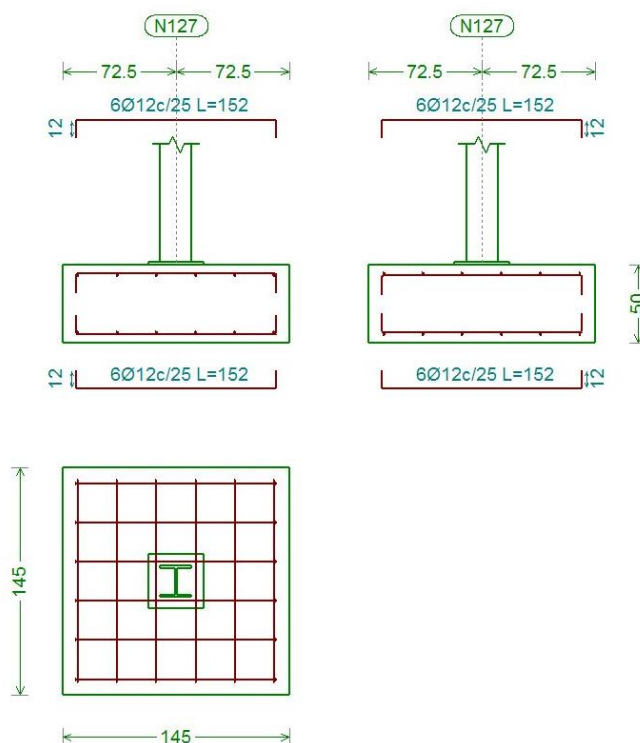


Figura 6.2.4. – Dimensiones zapatas aislada oeste

Las segundas son 4 zapatas combinadas sobre las que asientan los cuatro pilares de los rellanos. Dimensiones:

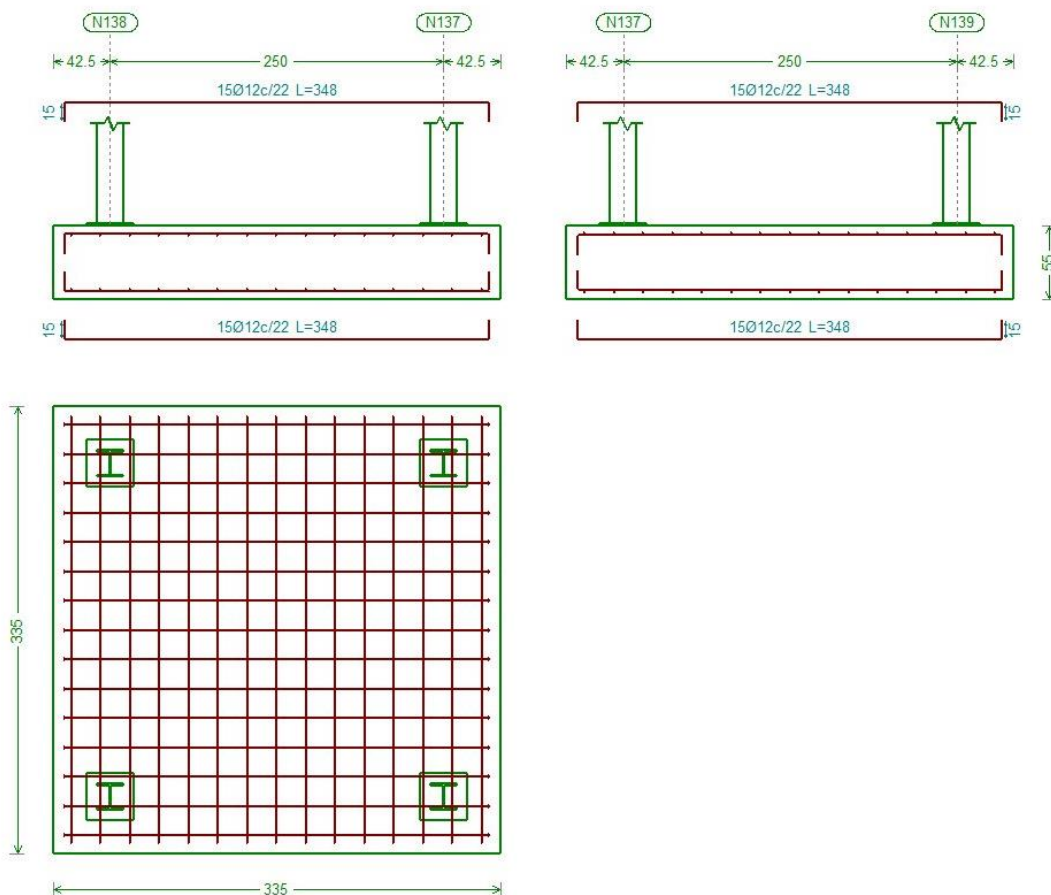


Figura 6.2.5 – Dimensiones zapata combinada este

2.2.2 Armadura

Zapatas aisladas:

Tanto la armadura superior como la inferior de la zapata se componen de barras corrugadas B400 S, $Y_s=1.15$ de diámetro 12cm dispuestas cada 25cm y patillas con prolongación de 15cm, con una cuantía de 6 barras en el sentido longitudinal y otras 6 en el transversal.

Zapatas combinadas:

Tanto la armadura superior como la inferior de la zapata se componen de barras corrugadas B400 S, $Y_s=1.15$ de diámetro 12cm dispuestas cada 22cm y patillas con prolongación de 15cm, con una cuantía de 15 barras en el sentido longitudinal y otras 15 en el transversal.

2.2.3 Comprobación ELU

Zapatas aisladas:

Referencia: N127		
Dimensiones: 145 x 145 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.03874 kp/cm ² Calculado: 0.417 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 0.745 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 0.744 kp/cm ²	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: 2189.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 290.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 1.26 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.98 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 1.11 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.88 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 18.1 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N127:	Mínimo: 40 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple

Referencia: N127		
Dimensiones: 145 x 145 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
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: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 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: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 22 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 22 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		
Información adicional:		

Referencia: N127		
Dimensiones: 145 x 145 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25 Xs:Ø12c/25 Ys:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.13		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.20		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 35.11 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 35.11 t		

Zapatas combinadas:

Referencia: (N137 - N138 - N139 - N140)		
Dimensiones: 335 x 335 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.03874 kp/cm ² Calculado: 0.332 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 0.369 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 0.386 kp/cm ²	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: 1671.5 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 4064.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: -7.52 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 13.86 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 6.60 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 8.30 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 16.83 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N137:	Calculado: 48 cm	Cumple
- N138:	Calculado: 48 cm	Cumple
- N139:	Calculado: 48 cm	Cumple

Referencia: (N137 - N138 - N139 - N140)		
Dimensiones: 335 x 335 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- N140:	Calculado: 48 cm	Cumple
Cuántía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuántía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0006	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0004	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: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>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>	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: 18 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 130 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple



Referencia: (N137 - N138 - N139 - N140)		
Dimensiones: 335 x 335 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. 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
- 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		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Criterio de CYPE Ingenieros)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.25		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.45		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 87.52 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 87.52 t		

2.3 ACCESO ESTE

En este acceso se encuentran cuatro tipos diferentes de zapatas. Su disposición es la siguiente.

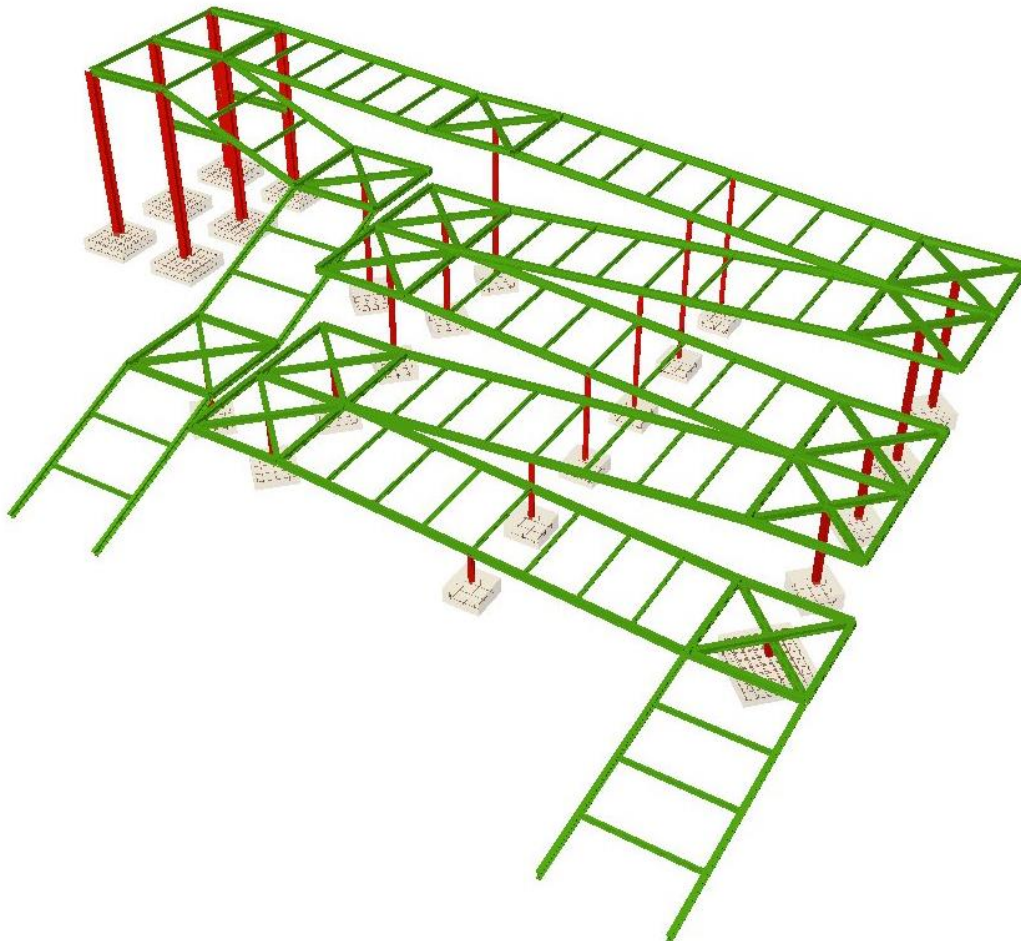


Figura 6.2.6 – Disposición zapatas acceso Este

2.3.1 Dimensiones geométricas

En la figura 6.2.6, de izquierda a derecha las cuatro zapatas primeras son zapatas aisladas con las siguientes dimensiones:

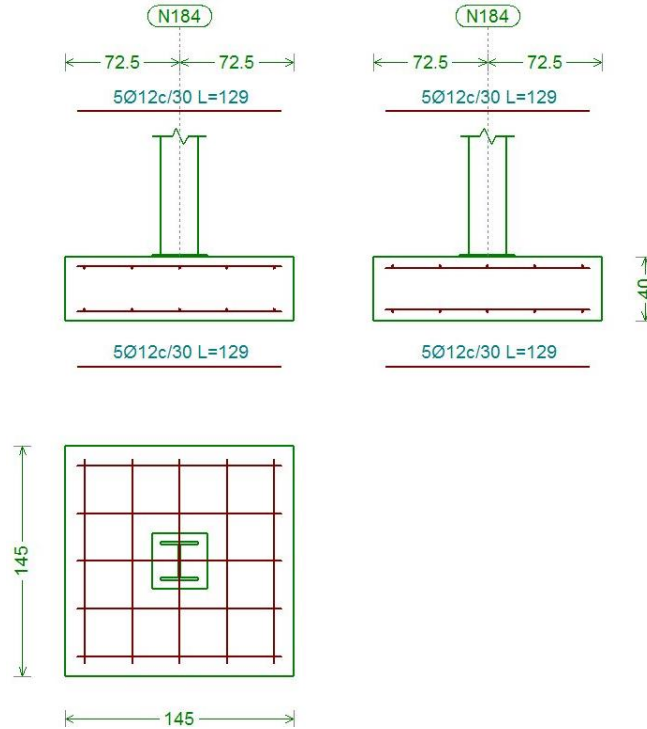


Figura 6.2.7 – Dimensiones zapata aislada este 1

Las siete segundas zapatas aisladas son:

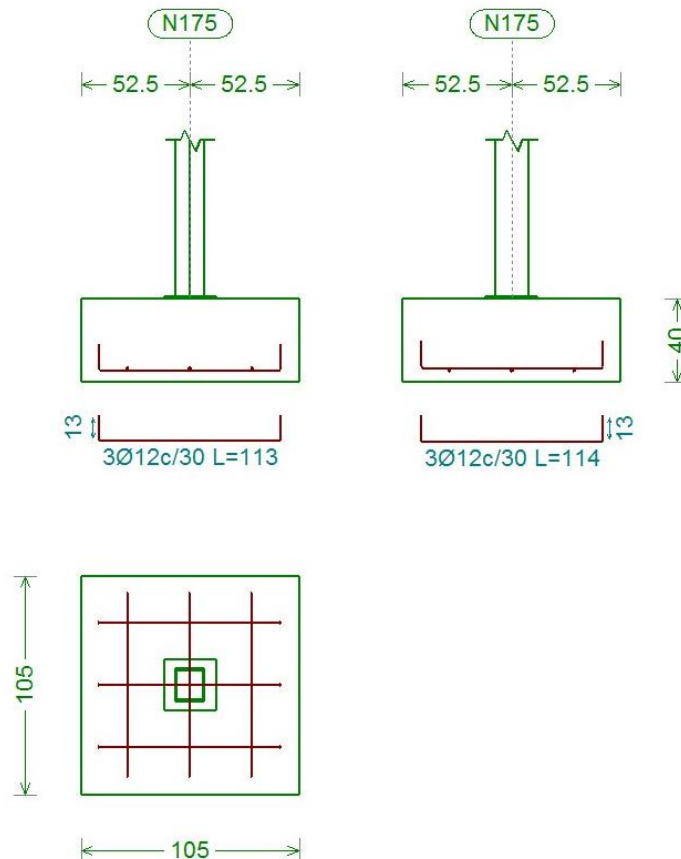


Figura 6.2.8 – Dimensiones zapata aislada este 2

Las seis terceras zapatas, también aisladas:

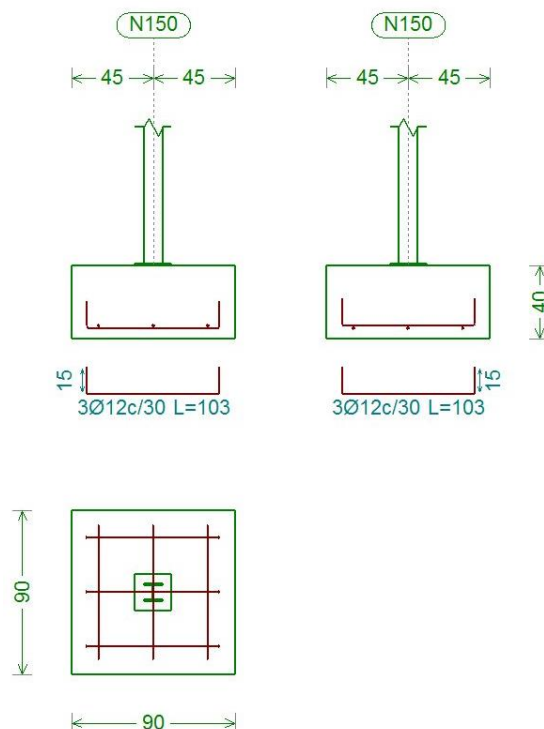


Figura 6.2.9. – Dimensiones zapata asilada este 3

Por último, las cinco zapatas aisladas a la derecha en la figura 6.2.6:

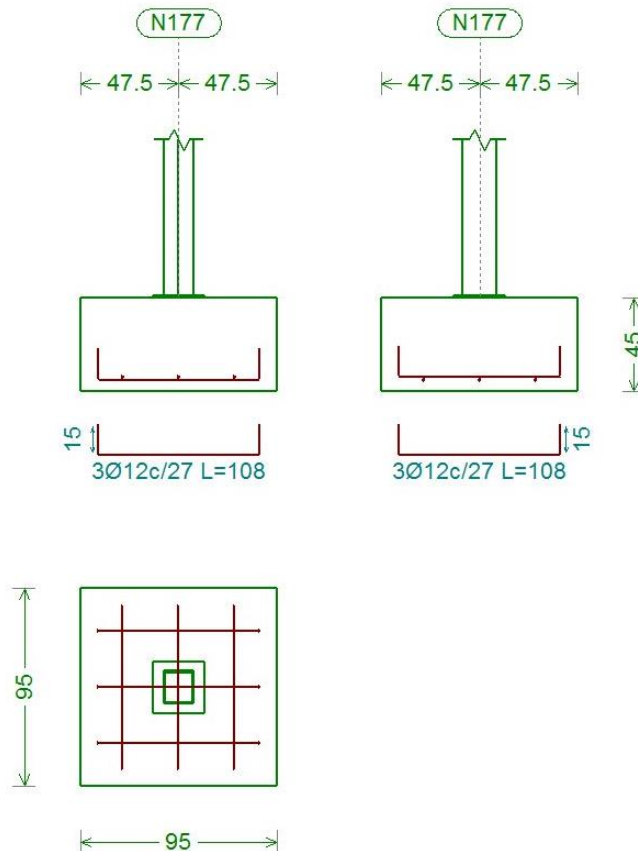


Figura 6.2.1. – Dimensiones zapata asilada este 4

2.3.2 Armadura

Primeras:

Tanto la armadura superior como la inferior de la zapata se componen de barras corrugadas B400 S, $Y_s=1.15$ de diámetro 12cm dispuestas cada 30cm y patillas con prolongación de 15cm, con una cuantía de 5 barras en el sentido longitudinal y otras 5 en el transversal.

Segundas

Tanto la armadura superior como la inferior de la zapata se componen de barras corrugadas B400 S, $Y_s=1.15$ de diámetro 12cm dispuestas cada 30cm y patillas con prolongación de 15cm, con una cuantía de 3 barras en el sentido longitudinal y otras 3 en el transversal.

Terceras:

Tanto la armadura superior como la inferior de la zapata se componen de barras corrugadas B400 S, $Y_s=1.15$ de diámetro 12cm dispuestas cada 30cm y patillas con prolongación de 15cm, con una cuantía de 3 barras en el sentido longitudinal y otras 3 en el transversal.

Cuartas:

Tanto la armadura superior como la inferior de la zapata se componen de barras corrugadas B400 S, $Y_s=1.15$ de diámetro 12cm dispuestas cada 27cm y patillas con prolongación de 15cm, con una cuantía de 3 barras en el sentido longitudinal y otras 3 en el transversal.

2.3.3 Comprobación ELU

Primeras seis zapatas aisladas:

Referencia: N184		
Dimensiones: 145 x 145 x 40		
Armados: $X_i:\emptyset 12c/30$ $Y_i:\emptyset 12c/30$ $X_s:\emptyset 12c/30$ $Y_s:\emptyset 12c/30$		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.03874 kp/cm ² Calculado: 0.258 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 0.378 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 0.572 kp/cm ²	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: 397.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 33.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.93 t·m	Cumple

Referencia: N184		
Dimensiones: 145 x 145 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30 Xs:Ø12c/30 Ys:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Momento: 0.99 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 1.41 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.62 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 12.27 t/m ²	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:		
- N184:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	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: 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: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 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: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple

Referencia: N184		
Dimensiones: 145 x 145 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30 Xs:Ø12c/30 Ys:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
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: 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
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 17 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.15		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.16		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 29.40 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 29.40 t		

Segundas siete zapatas aisladas:

Referencia: N175		
Dimensiones: 105 x 105 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.03874 kp/cm ² Calculado: 0.546 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 1.016 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 1.096 kp/cm ²	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: 257.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 119.7 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.81 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.11 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		



Referencia: N175		
Dimensiones: 105 x 105 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Cortante: 0.83 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 1.16 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 26.32 t/m ²	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:		
- N175:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	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: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 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: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 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: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple

Referencia: N175		
Dimensiones: 105 x 105 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 13 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.19		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.26		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 21.29 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 21.29 t		

Terceras seis zapatas aisladas:

Referencia: N150		
Dimensiones: 90 x 90 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 2.03874 kp/cm ² Calculado: 1.328 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 1.436 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 1.57 kp/cm ²	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: 10104.4 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 245.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 1.24 t·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 1.33 t·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.66 t	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.73 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 66.17 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple

Referencia: N150		
Dimensiones: 90 x 90 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N150:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0005	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	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: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 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: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 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		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.34		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.37		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 18.25 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 18.25 t		

Cuartas cinco zapatas aisladas:

Referencia: N177		
Dimensiones: 95 x 95 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27		
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: 2.03874 kp/cm² Calculado: 0.738 kp/cm²</p> <p>Máximo: 2.548 kp/cm² Calculado: 1.746 kp/cm²</p> <p>Máximo: 2.548 kp/cm² Calculado: 1.735 kp/cm²</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: 357.0 %</p> <p>Reserva seguridad: 158.9 %</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: 0.89 t·m</p> <p>Momento: 1.14 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: 0.00 t</p> <p>Cortante: 0.00 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/m² Calculado: 23.76 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 45 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N177:</p>	<p>Mínimo: 30 cm Calculado: 38 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009</p> <p>Calculado: 0.0009</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía 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: 0.001 Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0004</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i></p>	<p>Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>



Referencia: N177		
Dimensiones: 95 x 95 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 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: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 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		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.18		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.23		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 0.00 t		

3 CONCLUSIÓN

Como conclusión de este apartado cabe decir que las definiciones geométricas de las cimentaciones quedan detalladas en el documento de planos.

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°7

IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	382
2	DESCRIPCION DEL ESTUDIO	382
3	DESCRIPCION DE LA SITUACIÓN ACTUAL	383
3.1	MEDIO FÍSICO	383
3.1.1	Clima	383
3.1.2	Geología	383
3.1.3	Hidrología.....	383
3.2	MEDIO BIOLÓGICO	383
3.2.1	Vegetación	383
3.2.2	Fauna	383
3.3	PATRIMONIO CULTURAL.....	383
4	IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS.....	384
4.1	ACCIONES DE IMPACTO	384
4.2	FACTORES IMPACTADOS Y SUS MEDIDAS PROTECTORAS.....	384
4.2.1	Suelo	384
4.2.2	Agua	384
4.2.3	Vegetación	385
4.2.4	Fauna	385
4.2.5	Calidad del aire	385
4.2.6	Paisaje.....	385
4.2.7	Ruidos y vibraciones	385
4.2.8	Olores.....	386
4.2.9	Sociales	386
4.3	MEDIDAS PROTECTORAS GENERALES.....	386
5	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL.....	387



1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene como objetivo describir el entorno en el cual se ubicará la obra y también definir y cuantificar las repercusiones que la obra y su ejecución pueden ocasionar tanto en el medio natural como el social.

2 DESCRIPCION DEL ESTUDIO

El estudio consistirá en una primera descripción del entorno en el que se ejecutará la obra con el fin de buscar peculiaridades del mismo que hagan que la obra sea problemática en ciertos aspectos, como podría ser la construcción de un edificio en el hábitat de un animal en peligro de extinción.

Una vez definido el entorno se procede a detallar de qué forma afectará la ejecución de la obra y la presencia de la pasarela una vez finalizada al entorno en el que se encuentra. Las labores en la obra que puedan ocasionar afecciones al entorno se ejecutarán y se justificarán de forma que el impacto en el medio ambiente sea el mínimo posible.

El estudio del impacto ambiental viene regulada por la Ley 21/2013 del 9 de diciembre de Evaluación Ambiental. 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 el desarrollo sostenible, mediante:

- La integración de los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos.
- El análisis y la selección de las alternativas que resulten ambientalmente viables.
- El establecimiento de las medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- El establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción necesarias para cumplir con las finalidades de esta ley.



3 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 MEDIO FÍSICO

3.1.1 Clima

Las características climatológicas de la zona han quedado detalladas en el anejo correspondiente a “Climatología, hidrología y drenaje”.

A grandes rasgos, se trata de un clima templado oceánico con mucha nubosidad y precipitaciones a lo largo del año. Las temperaturas son suaves con una media de unos 15°C.

3.1.2 Geología

Las características geológicas y geotécnicas de la zona han quedado detalladas en el anejo correspondiente a “Geología y geotécnica”.

El suelo en el área de proyecto es en su mayoría rellenos antropológicos con algunos estratos de arenas y limos.

3.1.3 Hidrología

Existe un río de caudal muy pequeño próximo a la zona de obras.

3.2 MEDIO BIOLÓGICO

3.2.1 Vegetación

El emplazamiento de la obra es una zona de vegetación deteriorada por la actividad humana de ninguna característica especial. Principalmente hierba y algún arbusto bajo.

3.2.2 Fauna

No se tiene constancia de la existencia de fauna salvaje en la zona de proyecto más allá de pequeños insectos o roedores típicos de una zona urbana.

3.3 PATRIMONIO CULTURAL

No existe ningún punto de interés cultural en la zona de afección.



4 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE IMPACTOS

4.1 ACCIONES DE IMPACTO

Las diferentes acciones que se realizan durante la ejecución de la obra pueden afectar, en mayor o menor medida, al medio ambiente. Las acciones que produzcan un impacto en el medio ambiente se corregirán en lo posible. Estas acciones son, principalmente:

- Movimientos de tierras.
- Tráfico y maquinaria.
- Producción de ruidos y vibraciones.
- Producción de residuos.
- Producción de humo y polvo.

Todas estas acciones de impacto afectarán a un aspecto del ambiente y con una magnitud determinada. Se utilizarán las siguientes categorías de impacto a la hora de analizar las acciones:

- Impacto no significativo: Para los casos en los que no afecte de ninguna forma o afecte de forma muy leve.
- Impacto poco significativo: Para los casos en los que afecte poco al aspecto que se está valorando.
- Impacto significativo: Para los casos en los que la acción afecte de manera importante al aspecto en cuestión. Se tomarán medidas si es posible.
- Impacto muy significativo: Para las ocasiones en las que la acción afecte de forma muy importante al aspecto en consideración de forma que tal aspecto quede destruido o gravemente dañado. En ningún caso se podrá realizar dicha acción y habrá que buscar otra posibilidad.

4.2 FACTORES IMPACTADOS Y SUS MEDIDAS PROTECTORAS

Los principales factores sobre los que puede o no afectar las acciones mencionadas anteriormente y las medidas que se tomarán (si fuera necesario) son las siguientes.

4.2.1 Suelo

Se retirará una pequeña parte del suelo actual para la construcción de los cimientos de la pasarela. Se tratará de una afección poco significativa ya que el suelo retirado es mínimo y el valor de este es nulo. Por tanto no se llevarán a cabo medidas protectoras para este aspecto.

4.2.2 Agua

Si bien es verdad que cerca de la obra existe un río, la obra y sus actividades no afectarán de ninguna forma a dicho río. Durante las labores de la obra se tratará de no verter restos de hormigón u otros residuos que puedan exceder de la obra. De este modo el río quedará intacto tras la ejecución de la obra.



Una vez terminada la misma tampoco supondrá un problema ya que las aguas pluviales que se recojan se canalizarán hacia la red como es debido.

4.2.3 Vegetación

La ejecución de la obra afectará significativamente a la vegetación de la zona. Las actividades de movimiento de tierras para la ejecución de los cimientos, el almacenaje de materiales en la parcela y el paso de maquinaria de obra provocarán que gran parte de la vegetación de la parcela se destruya. Aun así se considera un efecto inevitable y además sin importancia puesto que la vegetación de la zona, como ya se ha mencionado anteriormente, está formada principalmente por hierbajos que no tienen ningún valor y que crecerán de nuevo una vez finalizada la obra. No será necesario llevar a cabo ninguna medida especial.

4.2.4 Fauna

Las obras no afectarán de ninguna forma a la fauna puesto que la presencia de animales en la zona es prácticamente nula.

4.2.5 Calidad del aire

La calidad del aire se verá afectada de dos formas. El movimiento de tierras y el paso de vehículos pueden levantar polvo del suelo y dejar partículas en suspensión. Además los humos procedentes de los tubos de escape de las máquinas de la obra contaminarán el ambiente. Se considera un efecto poco significativo puesto que el humo de los coches ya es habitual en la zona debido a que es una carretera con mucho tránsito de vehículos. También es necesario tener en cuenta que la zona está cerca de un polígono industrial por lo que no afectaría de ningún modo a zonas residenciales. Una vez finalizada la obra ya no existiría este problema.

De todas formas se tendrá en cuenta que en días con fuertes vientos el polvo puede ser arrastrado hasta localizaciones con aglomeraciones de gente como puede ser el Megapark y por tanto se evitará continuar con la obra en los días de viento fuerte.

El transporte de materiales que puedan emitir polvo a la atmosfera se efectuará de modo que estos vayan tapados.

4.2.6 Paisaje

El paisaje no se verá afectado en ningún caso puesto que la ubicación de la obra es en suelo urbano y no existe paisaje alguno.

4.2.7 Ruidos y vibraciones

Las actividades de movimiento de tierra y de montaje de la estructura pueden ser unos focos importantes de ruidos y de vibraciones. Pero para esta localización de obra no resultarán significativos como para tomar medidas porque se encuentra en una zona no residencial y junto a una carretera donde el ruido y las vibraciones no son un problema.



4.2.8 Olores

No existen focos de malos olores en la obra proyectada.

4.2.9 Sociales

Puesto que durante la ejecución de la obra el impacto sobre las personas será mínimo porque no está cerca de una zona residencial y que una vez construida la pasarela servirá como conexión entre una zona con actividad industrial y el resto de Barakaldo, solo se puede decir que afectará positivamente a la sociedad.

A fin de evitar accidentes de peatones que puedan pasar por la obra o cerca de ella durante su construcción se delimitará la zona mediante vayas y carteles de advertencia.

4.3 MEDIDAS PROTECTORAS GENERALES

Durante la ejecución de la obra se aplicarán ciertas medidas protectoras, tanto para el medio ambiente como para las personas, que serán generales a toda la obra:

- Vigilancia diaria.
- Señalizaciones de advertencia, limitación de velocidad, peligro...
- Contenedores dispuestos en un lugar seguro para la eliminación de residuos generados en obras.
- Vallas protectoras en el perímetro de la obra

No obstante, la gestión de los residuos generados en la obra y el estudio de seguridad y salud serán elaborados a parte de este anejo y en el se detallará con mayor profundidad estas pautas.



5 PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Durante la ejecución de la obra la empresa constructora implantará un sistema de vigilancia exhaustivo con el fin de asegurar el cumplimiento de las medidas protectoras que se han señalado en el presente anejo y las posibles medidas que no se hayan podido prever con antelación y que se hayan tomado durante las obras.

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°8

SERVICIOS AFECTADOS



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	391
2	RED DE AGUA POTABLE	391
3	RED DE SANEAMIENTO	391
4	RED DE AGUAS PLUVIALES	391
5	RED DE CARRETERAS.....	392
6	ALUMBRADO PUBLICO.....	392
7	RED ELECTRICA	393
8	RED DE TELEFONIA.....	393
9	RED DE GAS	393
10	OTROS SERVICIOS	393
11	CONCLUSIÓN	393



1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se determinarán los servicios de carácter público o privado que puedan ser afectados por la obra del proyecto y se tomarán las medidas oportunas de modo que el impacto que generen las obras sobre dichos servicios se reduzca en lo posible.

Para la realización de este anejo se han utilizado la información proporcionada por el ayuntamiento, por las observaciones realizadas mediante visitas a la zona de estudio y mediante planos de anteriores proyectos de la zona.

El método de trabajo empleado para la determinación de afecciones a posibles servicios comienza por la búsqueda de planos en el ayuntamiento, si se han podido obtener los planos del ayuntamiento se procederá a comprobar si existe una interferencia entre la obra y el servicio. En caso afirmativo se buscará una solución para dicho problema.

En los casos en los que no se haya conseguido obtener un plano, ya sea porque no lo tienen en el ayuntamiento o porque una empresa privada no ha querido proporcionarlo, se recurrirá a las observaciones realizadas en la zona y se estimará la ocupación de los diferentes servicios. Nuevamente si el servicio interfiere con la obra se buscará una solución.

2 RED DE AGUA POTABLE

Observando la información de la red de agua potable facilitada por el ayuntamiento se determina que la obra no influye de ninguna manera en dicho servicio y por lo tanto no será necesario llevar a cabo ninguna medida al respecto.

3 RED DE SANEAMIENTO

Observando la información de la red de saneamiento facilitada por el ayuntamiento se determina que la obra no influye de ninguna manera en dicho servicio y por lo tanto no será necesario llevar a cabo ninguna medida al respecto.

4 RED DE AGUAS PLUVIALES

Observando la información de la red de aguas pluviales facilitada por el ayuntamiento se observa la localización de una de las arquetas de dicha red donde se verterá el agua pluvial procedente de la pasarela. No es necesaria la modificación de dicha red pluvial pero si se efectuará una pequeña obra con el fin de acoplar el sistema de recogida de agua de la pasarela con la red pública.



7 RED ELECTRICA

La red eléctrica de la zona no se verá afectada dado que no existen cables de transporte aéreo de electricidad en las cercanías y la red eléctrica que proporciona energía al alumbrado no se verá afectada.

8 RED DE TELEFONIA

Dado que la red de telefonía pertenece a empresas privadas y no ha sido facilitada para la elaboración del presente proyecto la determinación de dicha red se efectuara por medio de las observaciones que se han realizado en la zona afectada. Se ha concluido que la obra no afectará de ningún modo a la red de telefonía y por tanto no será necesaria llevar ninguna medida a cabo.

9 RED DE GAS

Mediante las observaciones en la zona de estudio se ha determinado que no existe ninguna conducción de gas que pueda verse afectada por la obra en cuestión.

10 OTROS SERVICIOS

En uno de los laterales de la carretera BI-644 existe un servicio de paneles publicitarios. De los 9 paneles que se encuentran en el lado Oeste de la carretera, 6 de ellos interfieren con la estructura de la obra. No será necesaria la eliminación de los mismos pero si será necesario reubicarlos en otro punto de la parcela o ser trasladados a una parcela nueva. Los 3 paneles restantes no será necesario trasladados puesto que no afectan de ninguna forma a las obras y además una vez finalizada la obra seguirán siendo visibles desde la carretera.

11 CONCLUSIÓN

Será necesaria la modificación de varios servicios.

Además, se avisará con cierta antelación a las empresas del polígono cercano del corte de la carretera y de las posibles molestias que se puedan ocasionar con la ejecución de la obra.

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°9 GESTIÓN DE RESIDUOS



INDICE

1	INTRODUCCIÓN	396
2	OBJETO Y FINES	396
3	DEFINICIONES.....	397
4	ÁMBITO DE APLICACIÓN	399
5	OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS PRODUCTORAS DE RESIDUOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR.....	400
6	FIANZA	401
7	ACREDITACIÓN DE LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS Y DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR	402
8	OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS POSEEDORAS DE RESIDUOS Y DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR.....	403
9	SEGREGACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR	404
10	OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS GESTORAS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	405
11	ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	406
12	CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	406
13	ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	408
13.1	ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS	408
13.2	MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS	409
13.3	OPERACIONES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS.....	409
13.4	MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA.....	410
13.5	ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS	410
13.6	PRESCRIPCIONES TÉCNICAS	410
13.7	COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS	411
13.8	INVENTARIO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.....	412



1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo se ha realizado en base a lo establecido por el Decreto 112/2012, del 26 de junio, por el cual se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

El Decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco, contribuyendo, entre otros aspectos, al desarrollo de la edificación sostenible que, sin menoscabo de la calidad y funcionalidad de los edificios, previene de forma significativa la generación de los residuos de la construcción y demolición.

A fin de alcanzar los fines señalados en el Decreto se establecen los requisitos que deberán cumplir las personas productoras y las poseedoras de residuos y materiales de construcción y demolición procedentes de obra mayor. Entre las obligaciones que se imponen a la persona productora destaca la obligación de incluir en el proyecto de la obra un estudio de gestión de los residuos de construcción y demolición.

Las personas poseedoras, por su parte, estarán obligadas a presentar un plan que recoja los distintos aspectos del estudio de gestión de residuos así como la determinación de la persona responsable de su correcta ejecución. Se regula la obligación de constituir, por parte de la persona productora, una fianza como mecanismo de control vinculado a la obtención de la licencia de obras, con el fin de garantizar la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor. Por último, el Decreto regula las actividades de valorización y eliminación de residuos de construcción y demolición para cuyo desarrollo se requerirá autorización previa del órgano ambiental.

2 OBJETO Y FINES

El presente Decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco con el objetivo de alcanzar los fines que se señalan a continuación:

- Fomentar, en condiciones ambientalmente seguras, la reutilización de materiales de construcción y demolición.
- Fomentar, por este orden, la prevención, el reciclado y otras formas de valorización de los residuos de construcción y demolición en condiciones ambientalmente seguras.
- Minimizar la eliminación de los residuos de construcción y demolición.
- Asegurar la correcta eliminación de los residuos de construcción y demolición.



- Contribuir al desarrollo de la edificación sostenible sin menoscabo de la calidad y funcionalidad de los edificios.

3 DEFINICIONES

A efectos del Decreto 112/1012, y por tanto del presente anejo, se entenderá por:

- **Obra de construcción o demolición** a la actividad que consiste en: La construcción, rehabilitación, reparación, reforma o demolición de un bien inmueble, tal como un edificio, carretera, puerto, aeropuerto, ferrocarril, canal, presa, instalación deportiva o de ocio, así como cualquier otro análogo de ingeniería civil. La realización de trabajos que modifiquen la forma o sustancia del terreno o del subsuelo, tales como excavaciones, inyecciones, urbanizaciones u otros análogos.
- **Obra menor:** obra de construcción o demolición en un domicilio particular, comercio, oficina o inmueble del sector servicios, de sencilla técnica y escasa entidad constructiva y económica, que no suponga alteración del volumen, del uso, de las instalaciones de uso común o del número de viviendas y locales, y que no precisa de proyecto firmado por personas profesionales tituladas.
- **Obra mayor:** aquella obra de construcción o demolición no incluida en la definición del apartado anterior.
- **Edificios o instalaciones potencialmente contaminados:** aquellos edificios o instalaciones en los cuales se ha desarrollado alguna actividad potencialmente contaminante del suelo de acuerdo con lo que entiende por tal la normativa sobre suelos contaminados. Los emplazamientos que soporten dichos edificios podrán estar o no incluidos en el inventario de suelos de la Comunidad Autónoma del País Vasco que soportan o han soportado actividades o instalaciones potencialmente contaminantes del suelo.
- **Residuos de construcción y demolición:** cualquier sustancia u objeto que cumpliendo con la definición de «residuo» incluida en la normativa reguladora de los residuos se genera en una obra de construcción y demolición.
- **Materiales de construcción y demolición:** cualquier sustancia u objeto que no siendo un residuo se genera en una obra de construcción o demolición y se utiliza sin transformaciones ulteriores más allá de la práctica profesional normal.
- **Persona productora de residuos de construcción y demolición:**
 - o La persona física o jurídica titular de la licencia urbanística en una obra de construcción o demolición; en aquellas obras que no precisen de licencia urbanística, tendrá la consideración de persona productora del residuo la persona física o jurídica titular del inmueble objeto de una obra de construcción o demolición.



- La persona física o jurídica titular que efectúe operaciones de tratamiento, de mezcla o de otro tipo, que ocasionen un cambio de naturaleza o de composición de los residuos.
- La persona importadora o adquiriente en cualquier estado miembro de la Unión Europea de residuos de construcción y demolición.
- **Persona poseedora de residuos de construcción y demolición:** la persona física o jurídica que tenga en su poder los residuos de construcción y demolición y que no ostente la condición de persona gestora de residuos. En todo caso, tendrá la consideración de persona poseedora la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición, tales como la o el constructor, subcontratistas o trabajadoras y trabajadores autónomos. En todo caso no tendrán la consideración de persona poseedora de residuos de construcción y demolición quienes trabajen por cuenta ajena.
- **Planta móvil:** aquella instalación que se monta o traslada para acercarse al residuo que se pretende tratar y no tiene carácter de permanencia en el lugar, puesto que se encuentra vinculada a una obra concreta.
- **Punto limpio de competencia local:** instalaciones de titularidad pública local en las que se depositan, segregan y almacenan determinados residuos domésticos para su posterior traslado a plantas de tratamiento a fin de garantizar su correcta gestión, optimizando la valorización. Responden también a este concepto denominaciones tales como garbigune o deposito alternativo de residuos (DAR) utilizadas en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

En cuanto a los diferentes tipos de residuos se entenderá por:

- **Residuo:** Según la ley 22/2011 se define residuo a cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o que tenga la intención u obligación de desechar.
- **Residuo peligroso:** Son materias que en cualquier estado físico o químico contienen elementos o sustancias que pueden representar un peligro para el medio ambiente, la salud humana o los recursos naturales. En última instancia, se considerarán residuos peligrosos los que presentan una o varias de las características peligrosas enumeradas en el anejo III de la Ley 22/2011 de Residuos, y aquél que pueda aprobar el Gobierno de conformidad con lo establecido en la normativa europea o en los convenios internacionales de la materia que sean de aplicación, así como los recipientes y envases que los hayan contenido.
- **Residuos no peligrosos:** Todos aquellos residuos no catalogados como tales según la definición anterior.



- **Residuo inerte:** Aquel residuo No Peligroso que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble ni combustible, ni reacciona física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.

4 ÁMBITO DE APLICACIÓN

- El presente Decreto es de aplicación a los residuos y a los materiales de construcción y demolición que se encuentran definidos en el artículo anterior.
- Este Decreto no será de aplicación a los residuos resultantes de la prospección, de la extracción, del tratamiento o del almacenamiento de recursos minerales, así como de la explotación de canteras cubiertos por el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras, en los aspectos ya regulados por otra norma comunitaria o nacional que incorpore a nuestro ordenamiento normas comunitarias.
- Sin perjuicio de las obligaciones impuestas en virtud de la normativa específica aplicable, se excluirán del ámbito de aplicación de esta norma los sedimentos reubicados en el interior de las aguas superficiales a efectos de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones y de las sequías, o de creación de nuevas superficies de terreno, si se demuestra que dichos sedimentos son no peligrosos.
- La gestión de tierras y rocas procedentes de una obra de construcción o demolición en un relleno se regulará por lo dispuesto en la normativa de la Comunidad Autónoma del País Vasco por la que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.

5 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS PRODUCTORAS DE RESIDUOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR.

Además de los requisitos exigidos por la legislación sobre residuos, las personas productoras de residuos de construcción y demolición procedentes de una obra calificada como “obra mayor” por este Decreto y que sea una obra sometida a licencia urbanística, deberán cumplir con las siguientes obligaciones:

- Incluir en los proyectos básicos y de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos y materiales de construcción y demolición, que tendrá el contenido mínimo que en cada caso se señala en el anexo I a este Decreto. Dicho estudio junto con el proyecto básico o de ejecución de la obra, acompañará a la solicitud de licencia urbanística que se presente por la persona productora de los residuos ante el Ayuntamiento del término municipal en el cual vaya a ser realizada dicha obra. El estudio de gestión de residuos deberá estar firmado por una persona profesional competente y visado por el Colegio profesional correspondiente.
- En el caso de que la actuación que genere los residuos conlleve la demolición de un edificio o instalación que haya soportado una actividad potencialmente contaminante del suelo de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre suelos contaminados, deberá presentarse un estudio adicional con el contenido que se establece en el anexo II a este Decreto. Este estudio lo podrán elaborar las entidades acreditadas de conformidad con lo dispuesto en la normativa de prevención y corrección de la contaminación del suelo.
En estos casos, el promotor de una obra de construcción o demolición solicitará previamente al órgano ambiental de la Comunidad Autónoma la emisión de un informe sobre la suficiencia de dicho estudio adicional. Dicho informe será presentado, en su caso, al Ayuntamiento para la obtención de la licencia urbanística. El citado informe deberá ser emitido en el plazo máximo de un mes, entendiéndose que el mismo es favorable si transcurriera dicho plazo sin haberse emitido.
En todo caso, la emisión del citado informe o la ausencia del mismo por parte del órgano ambiental no exime de la obtención de la declaración de calidad del suelo regulada en la Ley 1/2005, de 4 de febrero, para la prevención y corrección de la contaminación del suelo en el caso de que ésta resultara preceptiva.
- Disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición producidos en sus obras han sido gestionados en los términos recogidos en este Decreto y, en particular, en el estudio de gestión de residuos. La documentación



correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

- Constituir, en los términos previstos en este Decreto, la fianza que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra.
- Presentar ante el Ayuntamiento el informe final de la gestión de residuos y materiales de construcción y demolición con el contenido y alcance que se señala en el artículo 6 y en el anexo III de este Decreto.
- En su caso, hacer constar en el Libro del Edificio los materiales secundarios obtenidos mediante la valorización de residuos que hayan sido utilizados en la obra, especificando sus cantidades.

6 FIANZA

Los Ayuntamientos exigirán la constitución de una fianza para garantizar la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor como condición para la obtención de las licencias urbanísticas que otorguen.

El cálculo del importe de la fianza estará basado en el coste de la gestión de residuos de construcción y demolición que se detallará en el estudio y representará el 120% de dicho coste. El cálculo del importe de la fianza representará el 60% del coste de la gestión de los residuos en el supuesto de que en la ejecución de la obra se utilicen materiales que generen menos residuos o se trate de supuestos de edificación sostenible. A fin de comprobar estos extremos se analizarán las características del proyecto que permitan comprobar que los datos del estudio de gestión de residuos son adecuados.

La fianza, que podrá constituirse en efectivo, en valores de deuda pública, mediante aval, mediante contrato de seguro de caución o cualquier otra forma válida en derecho, se pondrá a disposición del órgano municipal encargado de la concesión de la licencia urbanística.

La devolución de la fianza sólo se producirá previa solicitud de la persona obligada y tras la acreditación documental de la correcta gestión de los residuos generados en la obra de acuerdo con lo que se establece en el artículo siguiente. En caso de no acreditarse la adecuada gestión de los residuos, y sin perjuicio de la aplicación del régimen sancionador previsto en la normativa de Residuos, la entidad depositaria de la fianza, podrá ejecutar subsidiariamente las actuaciones necesarias para la correcta gestión de los mismos y, si ello no fuera posible, destinar el importe de la fianza a la realización de actuaciones de mejora ambiental en el municipio.



Quienes estén inscritos en el Registro de organizaciones adheridas al Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales, EMAS, estarán exentos de prestar la fianza exigida conforme a este artículo.

7 ACREDITACIÓN DE LA CORRECTA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS Y DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR

A fin de acreditar la correcta gestión de los residuos generados en la obra mayor la persona productora de los residuos y de los materiales de construcción deberá aportar un informe firmado por la dirección facultativa de la obra, que deberá elaborarse de acuerdo con el modelo que se especifica en el anexo III del Decreto 112/2012, y que deberá ser verificado por una entidad independiente acreditada por el órgano ambiental, sin perjuicio de lo que se establece en la Disposición Transitoria Única.

En el caso de que la actuación que genere los residuos conlleve la demolición de un edificio que haya soportado una actividad potencialmente contaminante del suelo de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre suelos contaminados, el informe final señalado en el apartado anterior podrá ser elaborado por las entidades acreditadas de conformidad con lo dispuesto en la normativa de suelos contaminados.

En estos casos, el Ayuntamiento al cual se haya solicitado la licencia recabará del órgano ambiental de la Comunidad Autónoma la emisión de un informe en el que evalúe la suficiencia del informe final. El citado informe deberá ser emitido en el plazo máximo de un mes, entendiéndose que el mismo es favorable si transcurriera dicho plazo sin haberse emitido.

El informe final al que hace referencia en los apartados anteriores deberá estar acompañado de la siguiente documentación:

- Cuando las tierras y rocas no contaminadas se hayan destinado a la ejecución de un relleno, deberá presentarse copia de la licencia del Ayuntamiento correspondiente autorizándolo o copia de la autorización del órgano competente en el caso de las obras de infraestructura lineales de acuerdo con lo dispuesto en la normativa de la Comunidad Autónoma del País Vasco por la que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.
- Los certificados acreditativos de la correcta gestión de los residuos emitidos por las personas gestoras autorizadas a tal efecto o por las personas titulares de los rellenos autorizadas a las que se hayan destinado las tierras y rocas no contaminadas.
- Declaración jurada de la cantidad y uso de los residuos valorizados y de los materiales de construcción y demolición utilizados in situ.



8 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS POSEEDORAS DE RESIDUOS Y DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR

Además de las obligaciones previstas en la normativa del Estado sobre residuos de construcción y demolición, la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición 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 y materiales de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra.

El plan detallará los distintos aspectos del estudio de gestión de residuos y definirá la persona responsable de su correcta ejecución. Una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, el plan pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

La persona poseedora de los residuos y materiales de construcción y demolición, cuando no proceda a utilizarlos in situ o a gestionarlos mediante valorización en la misma obra, estará obligada a entregarlos a una persona gestora de residuos para que se destinen preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización o a participar en un acuerdo voluntario sectorial.

La entrega de los residuos de construcción y demolición a una persona gestora por parte de la persona poseedora habrá de constar en un documento fehaciente en el que figure, al menos, la identificación de la persona poseedora y de la persona productora, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad de residuos expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación de la persona gestora de las operaciones de destino.

La persona poseedora de los residuos estará obligada, 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. A tal fin dispondrá de un parque de acopios con contenedores o envases debidamente acondicionados que deberán permanecer cerrados o cubiertos al menos fuera del horario de trabajo.

La persona poseedora de los residuos de construcción y demolición estará obligada a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar a la persona productora los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el apartado anterior, así



como a mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

Las personas poseedoras de residuos de construcción y demolición dispondrán de un archivo físico o telemático, donde se recojan por orden cronológico la cantidad, naturaleza, origen, destino y método de tratamiento de los residuos generados en las obras que ejecuten. Cuando proceda se inscribirá también el medio de transporte y la frecuencia de recogida. En el archivo cronológico se incorporará la información contenida en la acreditación documental de las operaciones de producción y gestión de residuos. Se guardará la información archivada durante, al menos, 3 años.

9 SEGREGACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PROCEDENTES DE OBRA MAYOR

Los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor 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, de acuerdo con la codificación de la lista europea de residuos:

- Hormigón (LER 170101): 10 t.
- Ladrillos (LER170102), tejas y materiales cerámicos (LER 170103): 10t.
- Metal (LER 1704, seleccionando los dos últimos dígitos en función del metal de que se trate): en todos los casos.
- Madera (LER 170201): en todos los casos.
- Vidrio (LER 170202): 0,25 t.
- Plástico (LER 170203): en todos los casos.
- Papel y cartón (LER 200101): 0,25 t.
- Yeso de falsos techos, molduras y paneles (LER 170802): en todos los casos.

Los residuos que tengan la consideración de peligrosos (tales como amianto, PCBs o alquitranes de hulla), deberán ser segregados del resto de residuos para proceder a su correcto tratamiento por una persona gestora autorizada de residuos peligrosos.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por la persona poseedora de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico o por razones de seguridad no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, la persona poseedora deberá encomendar la separación de fracciones a una persona gestora de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, la persona poseedora deberá obtener de la persona gestora de la instalación

documentación acreditativa de que ésta ha cumplido, en su nombre, con esta obligación.

10 OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS GESTORAS DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Sin perjuicio de las obligaciones recogidas en la legislación sobre residuos, las personas gestoras de residuos de construcción y demolición deberán cumplir las siguientes:

- Los gestores de residuos de construcción y demolición dispondrán de un archivo, donde se recojan por orden cronológico la cantidad, naturaleza, origen, destino y método de tratamiento de los residuos generados en las obras que ejecuten. Cuando proceda se inscribirá también el medio de transporte y la frecuencia de recogida. En el archivo cronológico se incorporará la información contenida en la acreditación documental de las operaciones de producción y gestión de residuos. Se guardará la información archivada durante, al menos, 3 años.
- Enviar anualmente al órgano ambiental de la Comunidad Autónoma, y en el caso de los residuos de competencia municipal además a las Entidades Locales competentes, una memoria resumen de la información contenida en el archivo cronológico. Dicha memoria deberá contener, al menos, la identificación de la empresa, las cantidades y las características de los residuos gestionados, su procedencia, los tratamientos efectuados y el destino posterior así como las incidencias relevantes acaecidas en el año inmediatamente anterior.
- Extender a la persona poseedora o a la gestora que le entregue residuos de construcción y demolición los certificados acreditativos de la gestión de los residuos recibidos, especificando la persona productora y, en su caso, el número de licencia de la obra de procedencia. Cuando se trate de una persona gestora que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir a la persona poseedora o a la persona gestora que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguiente a que fueron destinados los residuos.
- En el supuesto de que carezca de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento se almacenarán adecuadamente y derivarán a las personas gestoras autorizadas de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con residuos no peligrosos de construcción y demolición. En este caso deberá comunicarse al órgano ambiental de la Comunidad Autónoma el origen,

la cantidad y la tipología de los residuos peligrosos. Esta obligación se entenderá sin perjuicio de las responsabilidades en que pueda incurrir la persona productora, la persona poseedora o, en su caso, la persona gestora precedente que haya enviado dichos residuos a la instalación.

11 ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

El desarrollo de actividades de valorización de residuos de construcción y demolición, con independencia de que las mismas se lleven a cabo en plantas fijas o móviles, requerirá autorización previa del órgano ambiental de la Comunidad Autónoma, en los términos establecidos por la normativa de residuos.

La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones que se vayan a realizar, y sin perjuicio de las autorizaciones o licencias exigidas por cualquier otra normativa aplicable a la actividad. Se otorgará por un plazo de 8 años y será susceptible de prórrogas automáticas y sucesivas.

La autorización sólo se concederá previa inspección de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y comprobación de la cualificación de las personas técnicas responsables de su dirección y de que se garantiza la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.

Los áridos reciclados y los materiales de construcción obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y demolición deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso a que se destinen, de conformidad con lo que se establezca en la orden que se apruebe en virtud de lo dispuesto en el la Disposición Adicional segunda de este Decreto.

12 CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

El anexo primero del Decreto 112/2012 recoge el contenido mínimo que se deberá presentar en un estudio de gestión de residuos y materiales de construcción y demolición:

- Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos y materiales de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.
- Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.



- Las operaciones de valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- Las medidas para la separación de los residuos en obra.
- La descripción 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. Así mismo se presentara plano de su emplazamiento dentro de la obra, los criterios utilizados para justificar dicho emplazamiento y las condiciones que deben satisfacerse obligatoriamente en caso de que se pretenda modificar su emplazamiento durante el transcurso de la obra. Cualquier modificación tanto de dichas instalaciones como de su emplazamiento requerirá autorización expresa de la dirección facultativa de la obra.
- 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.
- 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.
- Un inventario de los residuos peligrosos que se generarán.
- En obras de demolición de edificios o instalaciones potencialmente contaminados deberá elaborarse un estudio adicional con el contenido que se establece en el anexo II a este Decreto.



13 ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

13.1 ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS

En el presente anejo se procederá al cálculo de las cantidades estimadas de residuos que se generarán a lo largo de la obra. Para la estimación de los residuos que se puedan generar en la obra se emplearán las tablas proporcionadas por el Decreto 112/2012. Dichas tablas proporcionan unos valores de residuos en relación a la superficie de obra. La tabla para obras de urbanización parte de un ratio global de generación de 0,01875 t/m².

La generación estimada de cada residuo diferente viene reflejada en la siguiente tabla:

LER	DESCRIPCIÓN	% SOBRE TOTAL	MASA (Tn)	DENSIDAD (t/m ³)	VOLUMEN (m ³)
170101	Hormigón	16,70	2,64	2,40	1,60
170103	Cerámicas	3,00	0,20	1,60	0,12
170201	Madera	5,00	0,33	0,80	0,40
170202	Vidrio	0,50	0,03	1,60	0,02
170203	Plásticos	2,50	0,16	1,40	0,11
	Mezclas				
170302	bituminosas con alquitrán de hulla < 10%	28,20	0	2,30	0
170407	Metales mezclados	1,50	1,85	7,80	0,54
170504	Tierras y rocas no contaminadas	34,60	2,27	2,50	0,90
170904	Otros residuos de construcción y demolición	4,00	0,26	1,50	0,17
030308	Papel-Cartón	1,00	0,06	0,70	0,08
	Basuras				
200301	generadas por los obreros	0,50	0,03	1,20	0,02
170903*	Otros residuos peligrosos	2,50	0	1,25	0
	TOTAL	100%	7,83		3,96

Tabla 10.1 – Volumen estimado de residuos



13.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

Las medidas que se tomarán con el fin de reducir la generación de residuos en la obra serán las siguientes:

- La adquisición de materiales se realizará ajustándose a las mediciones realizadas de forma que se reduzca al mínimo los materiales sobrantes.
- Se procurará en la medida de lo posible la adquisición de materiales reciclables.
- El material no utilizado se guardará en buen estado a fin de intentar aprovechar su uso en otra obra.
- Los materiales sobrantes se clasificarán de forma que sea más fácil su valorización y gestión en el vertedero.
- Se llevará un inventario de todos los materiales que llegan en la obra, su utilización y el sobrante de los mismos.
- Se pedirá a las empresas suministradoras de materiales que reduzcan en la medida de lo posible la cantidad de embalaje de los productos comprados.
- Aquellos embalajes o envases en los que vengan los materiales, como las palets, se mantendrán en buen estado para así poder devolvérselo a los suministradores y así pueda ser reutilizado.
- Los recipientes de almacenaje y transporte de los diversos residuos deben estar etiquetados debidamente, y los residuos deben ser fácilmente identificables para los que trabajan con ellos y para todo el personal de la obra

13.3 OPERACIONES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

Para la valorización de los residuos se comenzará por separar los materiales sobrantes en diferentes contenedores. Si existiese algún residuo peligroso se deberán habilitar contenedores especiales para los mismos.

Los contenedores vendrán asignados por la cantidad de material de cada tipo que se prevé generar. Todos los contenedores cumplirán la normativa vigente en cuanto a estanqueidad, protección contra el sol si fuera necesario, etc.

Dichos contenedores serán enviados a una empresa de valorización de residuos. La obra no se encargará de ningún tipo de valorización excepto de la reutilización de los materiales sobrantes que puedan ser reutilizados en otra obra.



13.4 MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE RESIDUOS EN OBRA

Se aplicarán las siguientes medidas para llevar a cabo una correcta separación de residuos en obra:

- Los contenedores o envases que almacenen residuos deberán estar correctamente etiquetados indicando el tipo de residuo en su interior, su peligrosidad, etc.
- El responsable de la obra adoptará las medidas necesarias para evitar que personas ajenas a la obra viertan sus residuos en los contenedores de la obra.
- El responsable de la obra se asegurará de que no se mezclen los residuos en los contenedores.
- Los residuos generados por los obreros y en las casetas de obra tendrán consideración de residuos sólidos urbanos y se gestionarán como tales.
- Se habilitará un contenedor pequeño de residuos peligrosos por si se diera el caso de que se produzcan. (Fugas de aceite o combustible de maquinaria, etc.).

13.5 ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS

Para el almacenamiento de los residuos se acondicionará una zona dentro de la parcela de la obra donde se colocarán los contenedores que albergarán los diferentes tipos de residuos no peligrosos que puedan ser generados. Esta zona estará señalizada en el plano correspondiente.

Teniendo en cuenta que los residuos de cada material tendrán diferentes volúmenes se contará con contenedores de 4 m³. Como se ha calculado una cantidad de residuos de esa misma cantidad y cómo es posible que se produzcan más residuos de los estimados, se contará con dos contenedores de este tipo.

Para el almacenamiento de residuos peligrosos bastará con envases pequeños ya que en la obra del presente proyecto no se prevé una generación de residuos peligrosos más allá de la que pueda surgir de los aceites y combustibles que utilizan las maquinas. Estos envases se colocarán dentro de un almacén cerrado para evitar la entrada de personal no autorizado y con unas condiciones de estanqueidad óptimas para evitar que se filtre al terreno de la obra.

Los residuos peligrosos serán transportados por personal autorizado para dicha tarea.

13.6 PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

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 en el que quede reflejado las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se



vayan a producir en la obra. 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.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Estos residuos se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, operaciones de valorización y por último a vertedero.

Según el Real Decreto 105/2008 por el cual se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición, el poseedor de los residuos está obligado a hacerse cargo de todos los costes de gestión de los mismos.

El productor de residuos deberá de obtener del poseedor de los residuos la documentación acreditativa de que los residuos han sido gestionados de la forma correcta. Dicha documentación acreditativa deberá conservarse por al menos cinco años.

En las obras sujetas a licencia urbanística la legislación autonómica podrá exigir al promotor una fianza o garantía que asegure que los residuos se vayan a gestionar de acuerdo a la normativa vigente.

13.7 COSTE PREVISTO DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

Los costes de la gestión de los residuos generados en la obra pertenecen por completo al almacenaje y al posterior envío de los mismos a las empresas de gestión. Estos costes quedan reflejados en la siguiente tabla extraída del presupuesto general de la obra.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO (€)	IMPORTE (€)
Alquiler contenedor RCD 4M3	2	64,68€/ud	129,36
Transporte contenedor RCD 4m3	2	70,67€/ud	141,34
Clasificación de residuos	5	16,88€/m3	84,40
TOTAL			355,10

Tabla 10.2 – Resumen coste gestión de residuos



13.8 INVENTARIO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS

Como ya se ha mencionado en apartados anteriores, para el presente proyecto no se considerará la posibilidad de que puedan generarse residuos peligrosos más allá de los que puedan ser generados por las maquinas que trabajen en la obra.

Estos residuos serán aceites o combustibles y se generarán en cantidades muy pequeñas por lo que su inventario se realizará en la obra a medida que esta avance.

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°10 PLAN DE OBRA



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	415
2	OBJETIVO	415
3	ACTIVIDADES DE LA OBRA.....	416
4	DEFINICIÓN DE PLAZOS.....	417
5	DIAGRAMA DE GANTT	419



1 INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el análisis de la ejecución de los trabajos que serían precisos para la ejecución de la obra tales como comprobar la viabilidad de los mismos y los plazos propuestos como objetivo.

En él se establece un programa de trabajos, mediante el correspondiente diagrama de barras, en el que se han reflejado las actividades de obra más importantes, los tramos en que se han dividido las obras y el tiempo que se necesita para la ejecución de las mismas.

No obstante, la fijación a nivel de detalle del plan de obra corresponderá al adjudicatario de la obra, habida cuenta de los medios reales de que disponga y el rendimiento de los equipos, el cual deberá contar con la aprobación de la Dirección de Obra.

El plazo de ejecución de las obras es de 5 semanas, como puede verificarse en el citado diagrama a la vista de la sucesión lógica de todas las actividades que intervienen en la construcción de las obras del proyecto. Para el cálculo de los coeficientes de mayoración de duración de actividades se ha tomado la media anual tanto en aspectos climáticos como en la reducción de días de trabajo por días festivos tal y como se verá en el apartado posterior

2 OBJETIVO

El objeto de este anejo es establecer las condiciones de contorno temporales que, desde el punto de vista del proyectista, se consideran razonables para la ejecución de las obras de ejecución del proyecto.

Consecuentemente, los plazos que a continuación se fijan se basan en la observación de proyectos de similares características.

Además, ha sido necesario establecer determinadas hipótesis de duración, asociadas a actividades con un componente administrativo, tales como, por ejemplo, la aprobación de determinados trámites y permisos necesarios para el inicio de las obras.

En definitiva, y en consonancia con lo anterior, el plan que se concreta en el apartado siguiente debe considerarse como una propuesta orientativa.

La planificación de las obras se ha realizado presente en todo momento, la necesidad de conseguir los siguientes objetivos:

- Garantizar la viabilidad de la misma desde el punto de vista técnico.
- Evitar, al máximo posible, las interferencias que la ejecución de las obras imponen para el tráfico existente y consiguientemente a la seguridad y comodidad de los usuarios.



- Adelantar, dentro de lo posible, la ejecución de los tajos de mayor dificultad, con el fin de evitar retrasos en la finalización de las obras por posibles complicaciones en los mismos.
- Lograr la utilización óptima de los recursos de mano de obra, maquinaria y materiales con el objeto de lograr una alta rentabilidad económica.

3 ACTIVIDADES DE LA OBRA

A continuación se mencionarán las actividades que se van a llevar a cabo a lo largo de las obras.

1. Trabajos previos

- 1.1. Vallado de la zona
- 1.2. Señalización de paso alternativo durante las obras
- 1.3. Implantación de las instalaciones de los trabajadores así como el sistema de seguridad y salud, traslado de maquinaria y acopio de materiales
- 1.4. Replanteo de la obra

2. Desmontaje y desbroces

- 2.1. Desmontaje de vallas publicitarias y carga en camiones
- 2.2. Desbroce de plantas y arbustos

3. Movimiento de tierras

- 3.1. Retirada capa terreno vegetal a máquina
- 3.2. Excavación para zapatas y nivelación del terreno

4. Estructura del tablero

- 4.1. Encofrado, armado y hormigonado de zapatas
- 4.2. Colocación de placas de anclaje y pilares
- 4.3. Montaje del tablero
- 4.4. Colocación de malla electrosoldada
- 4.5. Levantamiento del tablero
- 4.6. Colocación del pavimento de madera

5. Estructura rampas y escaleras

- 5.1. Encofrado, armado y hormigonado de zapatas
- 5.2. Colocación de placas de anclaje y pilares
- 5.3. Montaje de rellanos sobre pilares
- 5.4. Montaje de estructura de rampas y escaleras
- 5.5. Levantamiento de estructura de rampas y escaleras
- 5.6. Colocación del pavimento de madera en rampas y escaleras
- 5.7. Colocación de barandillas

6. Instalación de saneamiento

- 6.1. Colocación de caces
- 6.2. Montaje de bajantes



7. Acabados

- 7.1. Extensión y nivelación de capa de tierra vegetal en la zona de obra
- 7.2. Ejecución camino de hormigón de acceso a las rampas
- 7.3. Pintado e imprimaciones en zonas desprotegidas
- 7.4. Pintado de paso de peatones

8. Pruebas de carga

- 8.1. Pruebas

9. Limpieza y finalización

- 9.1. Limpieza de la zona de obra, desmantelamiento de las instalaciones de los trabajadores, transporte de materiales sobrantes y puesta en servicio

10. Gestión de residuos

11. Control de calidad

12. Seguridad y salud

4 DEFINICIÓN DE PLAZOS

En el Plan de Obra se recogen los tiempos estimados de duración de cada actividad. Dada la disposición lineal de la obra, esta puede acometerse por varios tramos distintos, consiguiendo de esta manera reducir los tiempos de construcción.

A continuación se expone una tabla en la que se recogen las distintas actividades y subactividades, los plazos previstos para cada una de ellas y la fecha de inicio y fin de cada actividad.

ACTIVIDAD	DURACIÓN (en días)	Fecha inicio	Fecha fin
TRABAJOS PREVIOS	5	01/09/2018	06/09/2018
Vallado de la zona	1	01/09/2018	02/09/2018
Señalización de paso alternativo	1	01/09/2018	02/09/2018
Implantación instalaciones	2	02/09/2018	04/09/2018
Replanteo	2	04/09/2018	06/09/2018
DESMONTAJE Y DESBROCE	3	06/09/2018	09/09/2018
Desmontaje vallas publicitarias	2	06/09/2018	08/09/2018
Desbroce arbustos	1	08/09/2018	09/09/2018



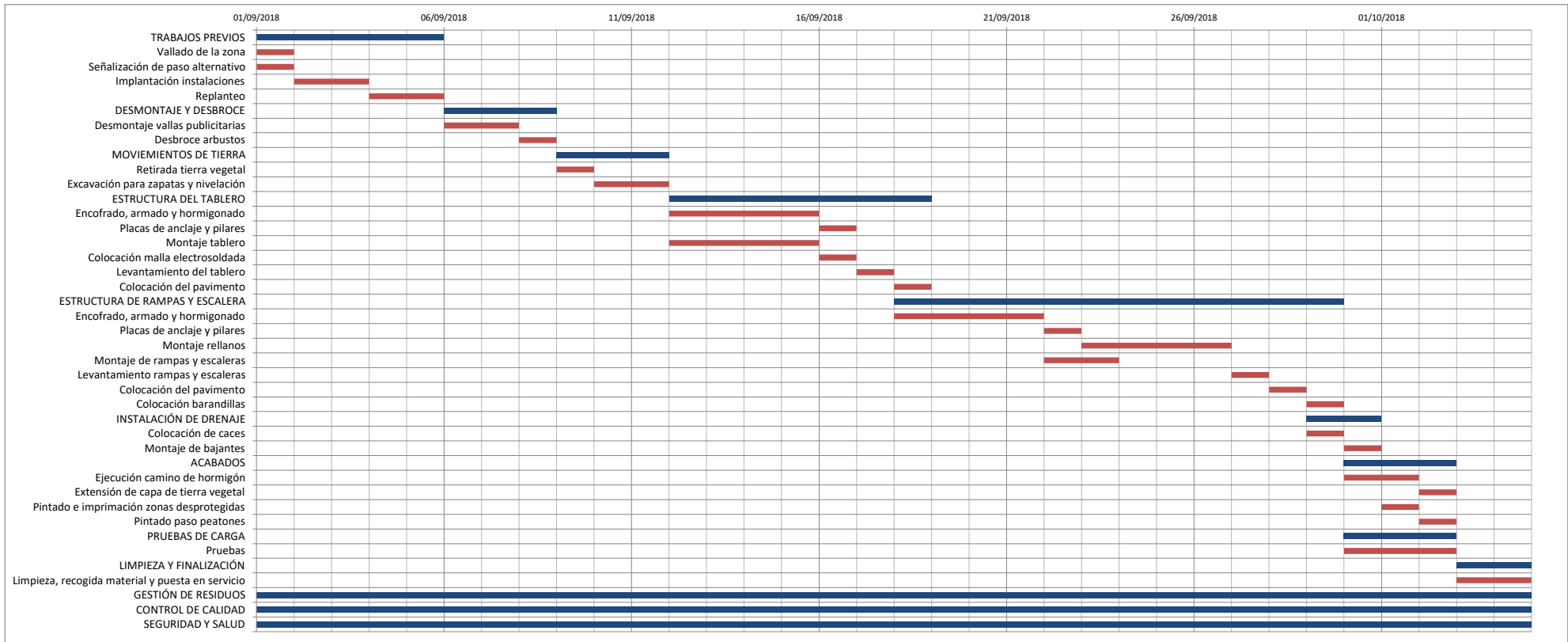
MOVIMIENTO DE TIERRAS	3	09/09/2018	12/09/2018
Retirada tierra vegetal	1	09/09/2018	10/09/2018
Excavación para zapatas y nivelación	2	10/09/2018	12/09/2018
ESTRUCTURA DEL TABLERO	7	12/09/2018	19/09/2018
Encofrado, armado y hormigonado	4	12/09/2018	16/09/2018
Placas de anclaje y pilares	1	16/09/2018	17/09/2018
Montaje tablero	4	12/09/2018	16/09/2018
Colocación malla electrosoldada	1	16/09/2018	17/09/2018
Levantamiento del tablero	1	17/09/2018	18/09/2018
Colocación del pavimento	1	18/09/2018	19/09/2018
ESTRUCTURA DE RAMPAS Y ESCALERA	12	18/09/2018	30/09/2018
Encofrado, armado y hormigonado	4	18/09/2018	22/09/2018
Placas de anclaje y pilares	1	22/09/2018	23/09/2018
Montaje rellanos	4	23/09/2018	27/09/2018
Montaje de rampas y escaleras	2	22/09/2018	24/09/2018
Levantamiento rampas y escaleras	1	27/09/2018	28/09/2018
Colocación del pavimento	1	28/09/2018	29/09/2018
Colocación barandillas	1	29/09/2018	30/09/2018
INSTALACIÓN DE SANEAMIENTO	2	29/09/2018	01/10/2018
Colocación de caces	1	29/09/2018	30/09/2018
Montaje de bajantes	1	30/09/2018	01/10/2018
ACABADOS	3	30/09/2018	03/10/2018
Ejecución camino de hormigón	2	30/09/2018	02/10/2018
Extensión de capa de tierra vegetal	1	02/10/2018	03/10/2018
Pintado e imprimación zonas desprotegidas	1	01/10/2018	02/10/2018
Pintado paso peatones	1	02/10/2018	03/10/2018
PRUEBAS DE CARGA	3	30/09/2018	03/10/2018
Pruebas	3	30/09/2018	03/10/2018
LIMPIEZA Y FINALIZACIÓN	2	03/10/2018	05/10/2018
Limpieza, recogida material y puesta en servicio	2	03/10/2018	05/10/2018



GESTIÓN DE RESIDUOS	34	01/09/2018	05/10/2018
CONTROL DE CALIDAD	34	01/09/2018	05/10/2018
SEGURIDAD Y SALUD	34	01/09/2018	05/10/2018

Tabla 13.2 – Actividades de obra y su duración

5 DIAGRAMA DE GANTT



eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL
POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO
(BIZKAIA)”

ANEJO N°11

CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	423
2	GRUPOS, SUBGRUPOS Y CATEGORÍAS DE CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS .	423
2.1	GRUPOS Y SUBGRUPOS.....	424
2.2	CLASIFICACIÓN EN GRUPOS	426
2.3	CLASIFICACIÓN EN SUBGRUPOS	426
2.4	CATEGORÍA	427
2.5	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN.....	428
3	CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA	432
3.1	PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO	432
3.2	PRESUPUESTO POR PARTIDAS.....	432



1 INTRODUCCIÓN

Este anejo tiene como objeto definir la clasificación del contratista que realizará la obra.

Para contratar con la Administración la ejecución de obras de presupuesto superior a 350.000€ es requisito indispensable que el contratista haya obtenido previamente la correspondiente clasificación la cual irá en función de la capacidad técnica, económica y financiera del contratista.

Para los empresarios no españoles, de Estados miembros de la C.E.E. que no estén clasificados de acuerdo con la normativa de nuestro país será suficiente que acrediten ante el órgano de contratación su capacidad financiera, económica y técnica. Esta acreditación podrá basarse en declaraciones de las obras ejecutadas en los últimos años, material y equipo empleado o que se pretenda utilizar en la nueva obra, titulación y experiencia del empresario y de cuadros de la empresa, presentación de balances de la empresa, informes de instituciones financieras y, en general, presentación de cualquier documentación que se exija en el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares.

2 GRUPOS, SUBGRUPOS Y CATEGORÍAS EN LA CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS

La clasificación de contratistas se elabora en grupos y subgrupos, con un carácter predominantemente técnico, y en las llamadas categorías en las que se refleja el volumen anual de obra a ejecutar.

En el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares deberá constar a qué grupo deberán pertenecer los contratistas para acudir a la licitación así como en que categoría deben estar registrados. Dicha categoría se fija en función de la Anualidad Media del Contrato.

La ley de Contratos con la Administración establece once grupos distintos divididos a su vez en una serie de subgrupos. El contratista clasificado en un grupo determinado puede desarrollar las obras derivadas de cualquiera de los subgrupos dentro de ese grupo.



2.1 GRUPOS Y SUBGRUPOS

Los grupos y subgrupos en los que se clasifican las empresas contratistas de obras (subrayados los grupos de la presente obra), según el artículo 25 de la Ley son los siguientes:

Grupo A. Movimiento de tierras

- Subgrupo 1. Desmontes y vaciados.
- Subgrupo 2. Explanaciones
- Subgrupo 3. Canteras
- Subgrupo 4. Pozos y galerías.
- Subgrupo 5. Túneles.

Grupo B. Puentes, viaductos y grandes estructuras

- Subgrupo 1. De fábrica u hormigón en masa.
- Subgrupo 2. De hormigón armado.
- Subgrupo 3. De hormigón pretensado.
- Subgrupo 4. Metálicos.

Grupo C. Edificaciones.

- Subgrupo 1. Demoliciones.
- Subgrupo 2. Estructuras de fábrica y hormigón.
- Subgrupo 3. Estructuras metálicas.
- Subgrupo 4. Albañilería, revocos y revestidos.
- Subgrupo 5. Cantería y marmolería.
- Subgrupo 6. Pavimentos, solados y alicatados.
- Subgrupo 7. Aislamientos e impermeabilizaciones.
- Subgrupo 8. Carpintería de madera.
- Subgrupo 9. Carpintería metálica.

Grupo D. Ferrocarriles

- Subgrupo 1. Tendido de vías.
- Subgrupo 2. Elevados sobre carril o cable.
- Subgrupo 3. Señalizaciones y enclavamientos.
- Subgrupo 4. Electrificación de ferrocarriles.
- Subgrupo 5. Obras de ferrocarriles sin cualificación específica.

Grupo E) Hidráulicas

- Subgrupo 1. Abastecimientos y saneamientos.
- Subgrupo 2. Presas.
- Subgrupo 3. Canales.
- Subgrupo 4. Acequias y desagües.
- Subgrupo 5. Defensas de márgenes y encauzamientos.
- Subgrupo 6. Conducciones con tubería de presión de gran diámetro.



- Subgrupo 7. Obras hidráulicas sin cualificación específica.

Grupo F) Marítimas

- Subgrupo 1. Dragados.
- Subgrupo 2. Escolleras.
- Subgrupo 3. Con bloques de hormigón.
- Subgrupo 4. Con cajones de hormigón armado.
- Subgrupo 5. Con pilotes y tablestacas.
- Subgrupo 6. Faros, radiofaros y señalizaciones marítimas.
- Subgrupo 7. Obras marítimas sin cualificación específica.
- Subgrupo 8. Emisarios submarinos.

Grupo G) Viales y pistas

- Subgrupo 1. Autopistas, autovías.
- Subgrupo 2. Pistas de aterrizaje.
- Subgrupo 3. Con firmes de hormigón hidráulico.
- Subgrupo 4. Con firmes de mezclas bituminosas.
- Subgrupo 5. Señalizaciones y balizamientos viales.
- Subgrupo 6. Obras viales sin cualificación específica.

Grupo H) Transportes de productos petrolíferos y gaseosos

- Subgrupo 1. Oleoductos.
- Subgrupo 2. Gasoductos.

Grupo I) Instalaciones eléctricas

- Subgrupo 1. Alumbrados, iluminaciones y balizamientos luminosos.
- Subgrupo 2. Centrales de producción de energía.
- Subgrupo 3. Líneas eléctricas de transporte.
- Subgrupo 4. Subestaciones.
- Subgrupo 5. Centros de transformación y distribución en alta tensión.
- Subgrupo 6. Distribución en baja tensión.
- Subgrupo 7. Telecomunicaciones e instalaciones radioeléctricas.
- Subgrupo 8. Instalaciones electrónicas.
- Subgrupo 9. Instalaciones eléctricas sin cualificación específica.

Grupo J) Instalaciones mecánicas

- Subgrupo 1. Elevadoras o transportadoras.
- Subgrupo 2. De ventilación, calefacción y climatización.
- Subgrupo 3. Frigoríficas.
- Subgrupo 4. De fontanería y sanitarias.
- Subgrupo 5. Instalaciones mecánicas sin cualificación específica.



Grupo K) Especiales

- Subgrupo 1. Cimentaciones especiales.
- Subgrupo 2. Sondeos, inyecciones y pilotajes.
- Subgrupo 3. Tablestacados.
- Subgrupo 4. Pinturas y metalizaciones.
- Subgrupo 5. Ornamentaciones y decoraciones.
- Subgrupo 6. Jardinería y plantaciones.
- Subgrupo 7. Restauración de bienes inmuebles históricoartísticos.
- Subgrupo 8. Estaciones de tratamiento de aguas.
- Subgrupo 9. Instalaciones contra incendios.

2.2 CLASIFICACIÓN EN GRUPOS

El artículo 28 dicta que, en la clasificación en grupos, excepto en los grupos I, J y K, en los que no existirá clasificación en grupo, para que un contratista pueda ser clasificado en un grupo general de tipo de obra será preciso que reúna las condiciones establecidas para su clasificación en aquellos subgrupos del mismo grupo que por su mayor importancia se consideran como básicos, y que son los siguientes:

- En el grupo A: los subgrupos 2-explanaciones y 5-túneles.
- En el grupo B: los subgrupos 3-hormigón pretensado y 4-metálicos.
- En el grupo C: los subgrupos 2-estructuras de fábrica u hormigón, 3-estructuras metálicas, alternativamente, siempre que además acrediten haber ejecutado construcciones de edificios completos con estructura de cualquiera de las dos clases a que se refieren estos subgrupos.
- En el grupo D: los subgrupos 1-tendido de vías; 3-señalizaciones y enclavamientos, y 4-electrificación de ferrocarriles.
- En el grupo E: los subgrupos 2-presas; 3-canales y 6-conducciones con tubería de presión gran diámetro.
- En el grupo F: los subgrupos 1-dragados 2-de escolleras, 4-con cajones de hormigón armado.
- En el grupo G: el subgrupo 1-autopistas, autovías.
- En el grupo H: los subgrupos 1-oleoductos, o 2-gasoductos, alternativamente.

2.3 CLASIFICACIÓN EN SUBGRUPOS

Según el artículo 27, para que un contratista pueda ser clasificado en un subgrupo de tipo de obra será preciso que acredite alguna de las circunstancias siguientes:



- Haber ejercido obras específicas del subgrupo durante un transcurso de los últimos 5 años.
- Haber ejecutado en el último quinquenio obras específicas de otros subgrupos afines.
- Haber ejecutado, en el último quinquenio, obras específicas de otros subgrupos del mismo grupo de mayor complejidad.
- Cuando, sin haber ejecutado obras específicas del subgrupo en el último quinquenio, se disponga de medios suficientes para la obra del subgrupo.

2.4 CATEGORÍA

Según el artículo 25, las categorías de clasificación en los contratos de obra, determinados por su anualidad media son los siguientes:

CATEGORÍA	ANUALIDAD MEDIA
A	Anualidad media < 60.000
B	60.000 < Anualidad media < 120.000
C	120.000 < Anualidad media < 360.000
D	360.000 < Anualidad media < 840.000
E	840.000 < Anualidad media < 2.400.000
F	Anualidad media > 2.400.000

Tabla 11.1 – Categorías contratos de obras

La categoría en un subgrupo será fijada tomando como base el máximo importe anual ejecutado por el contratista en el último quinquenio en una obra correspondiente al subgrupo o, si fuere mayor, el importe máximo anual ejecutado en las obras del subgrupo. La cifra básica puede ser mejorada en unos porcentajes que dicta la norma siendo el mínimo aumento que puede experimentar del 20% y el máximo del 320%.

La categoría obtenida directamente en un subgrupo se hará extensiva a todos los subgrupos afines o dependientes del mismo.

La categoría en un grupo será una resultante de las obtenidas en los subgrupos básicos del mismo, deducida de la siguiente manera:

- Si el número de subgrupos básicos de un grupo no es superior a dos, la categoría en el grupo será la mínima obtenida en aquellos subgrupos.
- Si el número de subgrupos básicos de un grupo es superior a dos, la categoría en el grupo será la mínima de las obtenidas en los dos subgrupos en los que haya alcanzado la más elevada.

La categoría obtenida en un grupo dará lugar a la clasificación con igual categoría en todos los subgrupos del mismo, salvo que le hubiera



correspondido directamente otra mayor en alguno de ellos, en cuyos casos les serán éstas mantenidas.

2.5 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

El artículo 30 dicta que, la categoría de clasificación de cada empresa se determinara en función de la experiencia y del índice propio de la empresa que vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$I = 1,2 + T + M + F + E$$

Siendo:

I = Índice de empresa.

T= Termino correspondiente a su índice de tecnicidad.

M= Termino correspondiente a su índice de mecanización.

F= Termino correspondiente a su índice financiero.

E= Termino correspondiente a su experiencia constructiva general.

Este índice de empresa tendrá un valor mínimo de 1.2 y máximo de 4.2 siendo el de los distintos términos que lo componen los deducidos en la forma que se establece en los siguientes artículos:

- Índice de tecnicidad.

El índice de tenacidad de una empresa es función dependiente del número y categoría de su personal técnico, tanto el que constituye su plantilla como el representado por la asistencia técnica contratada, y del importe de obra ejecutada.

A los efectos de su determinación se establece la siguiente escala de puntos:

- Técnico superior con más de quince años de experiencia profesional, 8 puntos.
- Técnico superior con menos de quince años de experiencia profesional, 7 puntos.
- Técnico superior con menos de cinco años de experiencia profesional, 6 puntos.
- Técnico medio con más de diez años de experiencia profesional, 5 puntos.
- Técnico medio con menos de diez años de experiencia profesional, 4 puntos.
- Técnico no titulado, 3 puntos.
- Encargado de obras, 2 puntos.
- Las personas con puesto de Director-Gerente, Director-Técnico o asimilable serán puntuadas como incluidas en la categoría inmediata superior a la que su propio título y circunstancias le corresponda o, en otro casi, a la mayor profesional que alcance el personal de su empresa. Si alguno de esta alcanzase la categoría máxima de 8



puntos, los cargos directivos se puntuaran como 1 y, en ningún caso, merecerán menos de 6 puntos.

- De no existir técnicos superiores o medios en la empresa, el número de encargados y técnicos no titulados que puntúen no podrá ser superior a 5. De existir aquellos, el número de estos que puntúen podrá superar la cifra de 5 en la suma del número de técnicos medios multiplicados por dos y del de técnicos superiores multiplicado por tres.

La asistencia técnica contratada se computara como un porcentaje de incremento sobre la puntuación total obtenida por el personal de plantilla y será apreciada estimativamente por la Comisión de Clasificación considerando la importancia que esta asistencia puede representar en relación con el personal técnico de que dispone la empresa, con arreglo al siguiente cuadro:

Importancia de la asistencia técnica contratada	Escasa	Media	Elevada
Porcentaje de incremento de la puntuación	5	10	15

Tabla 11.2. – Importancia de la asistencia técnica

El índice de tecnicidad (T) viene dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$T = (2 \cdot 60,101 \cdot S)/V$$

Donde S es el total de puntos obtenidos por la empresa considerando su propio personal técnico y la asistencia técnica contratada, y V el importe anual medio, de la obra ejecutada en el último quinquenio.

El valor del término correspondiente al índice de tecnicidad (T) que debe ser considerado en la fórmula es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones en el que se establecen cuatro escalas diferentes según cual sea la cuantía del importe anual medio de la obra ejecutada en el último quinquenio (V).

V ≤ 900.000	t	>	-	1,0	1,9	2,8	3,7	4,6
		≤	1,0	1,9	2,8	3,7	4,6	-
900.000 < V ≤ 4.500.000	t	>	-	1,0	1,8	2,6	3,4	4,2
		≤	1,0	1,8	2,6	3,4	4,2	-
4.500.000 < V ≤ 15.000.000	t	>	-	1,0	1,6	2,2	2,8	3,4
		≤	1,0	1,6	2,2	2,8	3,4	-
V ≥ 15.000.000	t	>	-	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6
		≤	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	-
	T	=	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Tabla 11.3. – Índice de tecnicidad

- Índice de mecanización

El índice de mecanización de una empresa es una función dependiente del valor actual de su parque de maquinaria, del importe pagado en concepto de alquiler de maquinaria, y del importe de obra ejecutada.

El índice de mecanización (m) vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$M = (P + 2A)/V$$

Siendo:

- P, el valor actual del parque de maquinaria propiedad de la empresa y de que disponga en régimen de arrendamiento financiero.
- A, el importe anual medio pagado por alquiler de maquinaria en el último quinquenio.
- V, el importe anual medio de obra ejecutada en el último quinquenio.

El valor máximo correspondiente al índice de mecanización (M) que debe ser considerado en la forma del artículo 30 es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones.

f	>	-	0,10	0,16	0,22	0,28	0,34	0,40	0,46
	≤	0,10	0,16	0,22	0,28	0,34	0,40	0,46	-
F	=	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Tabla 11.4. – Índice de mecanización

- Índice financiero

El índice financiero de una empresa es la relación existente entre el importe anual medio de sus fondos propios en el último trienio (C) y el importe anual medio de la obra ejecutada en el último quinquenio (V), por lo que vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$f = \frac{C}{V}$$

El valor del término correspondiente al índice de financiación (F) que debe ser considerado en la fórmula del artículo 30 es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones:

f	>	-	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48
	≤	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	-
F	=	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

Tabla 11.5. – Índice de financiación



- Experiencia constructiva general

El término de la experiencia constructiva general de la empresa (E) que debe ser considerado en la fórmula del artículo 30 será el mayor que corresponda considerando, bien sus años de antigüedad en el trabajo de la construcción, bien el importe total de obra ejecutada en el último quinquenio, con arreglo al siguiente cuadro:

Años de experiencia	>	-	2	5	10	15	20
	≤	2	5	10	15	20	-
Importe de obra ejecutada en el último quinquenio	>	-	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10,5M	13,5M
	≤	1.500.000	4500.000	7500.000	10500.000	13,5M	-
E=		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

Tabla 11.6 – Experiencia constructiva general

3 CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

3.1 PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO

En el anejo correspondiente al plan de obra, se detalla que la duración estimada de la obra es de 5 semanas.

3.2 PRESUPUESTO POR PARTIDAS

El presupuesto de Ejecución material de la obra asciende a la cantidad de 211.180,18 €.

Tal y como dice la norma, se exige la clasificación del contratista por la Administración cuando el importe de la obra parcial sea superior al 20% del precio total del contrato.

$$\text{Anualidad media} = PEM \cdot \frac{12}{\text{Plazo Ejecución Obra}}$$

- Clasificación para movimiento de tierras:

Partida	Grupo	Subgrupo	EM (€)	%	Anualidad	Categoría
Movimiento de tierras	A	1 y 2	1408,20	0,67	5.632,8	A

Tabla 11.7 – Clasificación para el movimiento de tierras

- Clasificación para Puentes, viaductos y grandes estructuras:

Partida	Grupo	Subgrupo	EM (€)	%	Anualidad	Categoría
Puentes, viaductos	B	4	71.461,9	33,8	45.133,84	A

Tabla 11.7 – Clasificación para el movimiento de tierras

- Clasificación para Edificaciones:

Partida	Grupo	Subgrupo	EM (€)	%	Anualidad	Categoría
Edificaciones	C	2,3,6 y 9	111361,68	52	190.905,74	B

Tabla 11.7 – Clasificación para el movimiento de tierras

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL
POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO
(BIZKAIA)”

ANEJO N°12

DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA



1 DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

Las obras definidas en el Proyecto cumplen los requisitos exigidos en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de contratos del sector público, 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.

Se manifiesta que el presente Proyecto comprende una obra completa en el sentido exigido por 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. Se declara pues que el proyecto “Proyecto de construcción de pasarela peatonal sobre la BI-644 entre el polígono industrial aparcabisa y el Megapark. Termino municipal de Barakaldo (Bizkaia)” es una obra completa.

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.

Bilbao, Septiembre de 2018

POR EL AUTOR

Firmado: Álvaro Niño Peredo

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°13

JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	437
2	JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	437



1 INTRODUCCIÓN

El presente anejo tiene por objeto justificar los precios utilizados para la elaboración del presupuesto.

Los precios utilizados se corresponden a la base de datos de precios del País Vasco 2017 tratadas con el programa Presto 13.04, software que se ha utilizado para la elaboración del presupuesto del presente proyecto.

2 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

El precio de ejecución material de las unidades de obra que componen el presupuesto del proyecto se obtiene a partir de aplicar a los precios de los materiales, la maquinaria y la mano de obra las mediciones necesarias. La suma de este producto, aumentada con el porcentaje de costes indirectos, dará el precio de ejecución material de las unidades de obra, que se reflejará directamente en el Cuadro de Precios Nº 1 del Documento nº 4 “Presupuesto”.

La página oficial de precios del país vasco ya proporciona los precios finales con los costes indirectos ya aplicados sobre los directos, por lo que no ha sido necesario llevar este procedimiento a cabo. Simplemente se han utilizado los precios que aparecen en el apartado del cuadro de precios del documento Presupuesto.

Dado que la base de datos de precios se ha descargado de la página oficial de “euskadiprecios” (perteneciente al Gobierno Vasco), se considera que los precios son los correctos y su uso para la elaboración de este proyecto queda justificado.



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE PASARELA PEATONAL SOBRE LA BI-644 ENTRE EL POLÍGONO INDUSTRIAL APARCABISA Y EL MEGAPARK. TÉRMINO MUNICIPAL DE BARAKALDO (BIZKAIA)”

ANEJO N°14

PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	440
1.1	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM).....	440
1.2	PRESUPUESTO EN BASE DE LICITACIÓN (PBL).....	440
1.3	EXPROPIACIONES	441
1.4	CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARTÍSTICO ESPAÑOL.....	441



1 INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se recogen los diferentes presupuestos del proyecto cuya inclusión es de carácter obligatorio.

1.1 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

El presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) asciende a la cantidad de DOSCIENTOS ONCE MIL CIENTO OCHENTA EUROS con DIECIOCHO CENTIMOS. (211.180,18 €)

1.2 PRESUPUESTO EN BASE DE LICITACIÓN (PBL)

El presupuesto base de licitación se obtiene aplicando al Presupuesto de Ejecución Material (PEM) el 13% de Gastos Generales y un 6% de Beneficio Industrial.

Presupuesto Ejecución Material	211.180,18 €
Gastos Generales (13% PEM)	27.453,42 €
Beneficio Industrial (6% PEM)	12.670,81 €

Presupuesto Base Licitación sin IVA 251.304,41 €

El Presupuesto en base de licitación sin IVA asciende a la cantidad de DOSCIENTOS CINCUENTA Y UN MIL TRESCIENTOS CUATRO EUROS con CUARENTA Y UNO. (251.304,41 €)

I.V.A. (21%) 52.773,93 €

Presupuesto Base Licitación 304.078,34 €

El Presupuesto en Base de Licitación asciende a la cantidad de TRESCIENTOS CUATRO MIL SETENTA Y OCHO EUROS con TREINTA Y CUATRO CENTIMOS (304.078,34 €)



1.3 EXPROPIACIONES

No será necesario realizar ninguna expropiación puesto que el terreno en el que se va a llevar a cabo la obra es propiedad municipal.

1.4 CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARTÍSTICO ESPAÑOL

Según establece el Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, es de obligado cumplimiento por parte de la Administración el destinar una partida del 1% del PEM para trabajos de conservación o Enriquecimiento del Patrimonio Artístico Español, en todas aquellas obras en las que exceda de 601.012,10 €.

Puesto que en el presente proyecto no se supera dicha cantidad, no será necesario incluir dicha partida en el presupuesto.