

Regeneración urbana  
**Ciutat Fallera**

Lab H



# Índice

Introducción .....	5
Memoria analítica-conceptual .....	11
Memoria descriptiva .....	21
Memoria técnica .....	63



# Introducción

El término Regeneración Urbana se define como *“la consecución de un desarrollo urbano más inteligente, sostenible y socialmente inclusivo”*.

Esto significa que no sólo se tendrán en cuenta aspectos urbanísticos y arquitectónicos, sino que tendrán la misma importancia y se trabajarán al mismo nivel otros muchos como los sociales, culturales, medioambientales y económicos.



## **El lugar**

La Ciudad del Artista fallero surge en los años cincuenta cuando la Marquesa del Campo de Paterna cede unos terrenos de su propiedad situados en la zona de Benicalap para la construcción de naves con destino a talleres falleros de manera que queden agrupados. Hasta el momento se encontraban dispersos por diferentes zonas de la ciudad.

## Historia

La iniciativa para la construcción de la Ciutat Fallera surge de Regino Mas presidente del gremio de artistas falleros (1940). El gremio tuvo como objetivo conseguir un equilibrio entre la demanda de obras y el número de talleres activos, garantizando el trabajo de sus asociados, su bienestar económico y encargarse de los sistemas de enseñanza.

Su construcción se inició en 1965, siendo progresivo su crecimiento hasta la inauguración del museo del artista fallero en 1991, y la construcción de la sede gremial en 1992.

El barrio está formado en la actualidad por tres franjas claramente diferenciadas: la que ocupan las naves pertenecientes al gremio fallero; una franja central de viviendas que servían de residencia para los falleros; y la franja inferior en la que se sitúa el Parque de Benicalap, el más antiguo de los parques periféricos de Valencia.

Hasta hace pocos años el barrio estaba envuelto por la huerta, excepto la parte que colinda con el parque, pero el crecimiento de la ciudad en los primeros años del siglo XXI hizo que todo este espacio verde fuese desapareciendo con las construcciones como las de "Benicalap Norte" entre la avenida del Levante UE, la avenida del Ecuador y la avenida de los Hermanos Machado.



El moises plaza del ayuntamiento 2014



## Memoria analítico-conceptual

*“No se conocen objetos que existan simplemente como objetos acabados, sin formar parte de una vida colectiva. Este concepto se puede trasladar a la Regeneración Urbana, ya que la ciudad no puede entenderse como la suma de elementos aislados, sino que son las personas y el contexto las que dan sentido a este soporte físico. Todo esto, tejido y entrelazado, es lo que conforma la ciudad.”*

Bruno Latour

## Números objetivos del barrio

Analizando los datos obtenidos del Instituto de Estadística Valenciano, se ve que la densidad de población es de 118.8 hab/Ha, comparándola con otros barrios significativos de Valencia como Campanar (123.4 hab/Ha), El Carmen (161.3 hab/Ha) o Torrefiel (379.4 hab/Ha), se podría pensar que el barrio necesita de una densificación para igualarse a sus homólogos en la ciudad. Sin embargo, se observa que el barrio ha perdido en menos de 10 años más de 400 habitantes, surgiendo la idea de que el problema no radica en la falta de vivienda. Por lo que se deduce que la problemática es el resultado de algo más profundo, que requiere un análisis distinto.

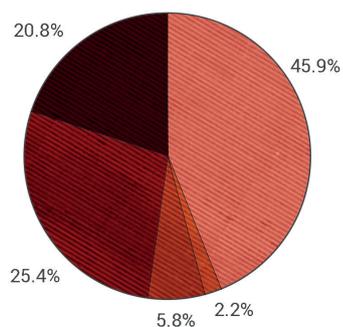
Cabe destacar la antigüedad de las viviendas y a su vez, la ausencia de obra nueva desde el año 2000, lo que refuerza la tesis de que no es necesario densificar, dando como resultado del análisis que la estructura actual del barrio es suficiente para albergar la demanda de vivienda actual.

Un dato interesante observado es la procedencia de los habitantes de la Ciutat Fallera, donde se observa que el 52% de sus habitantes no son de Valencia. Es razonable suponer una falta de conexión entre los habitantes del barrio y una falta de identidad con este barrio tradicional de Valencia. Considero esta falta de tejido social uno de los problemas más importantes que afectan al barrio.

	Sup. Total (en Hectàrees)	Població	Densitat de població
Total	50,2	5.961	118,8

	1981	1986	1991	1996	2011	2012	2013	Var 81/13	Var 12/13
Total	6.389	5.802	6.069	6.383	6.173	6.094	5.961	-	-2,2%

Total	<= 1800	1800-1900	1901-20	1921-40	1941-60	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00	2001-05	2006-11
2.590	0	2	0	0	131	1.362	592	118	385	0	0

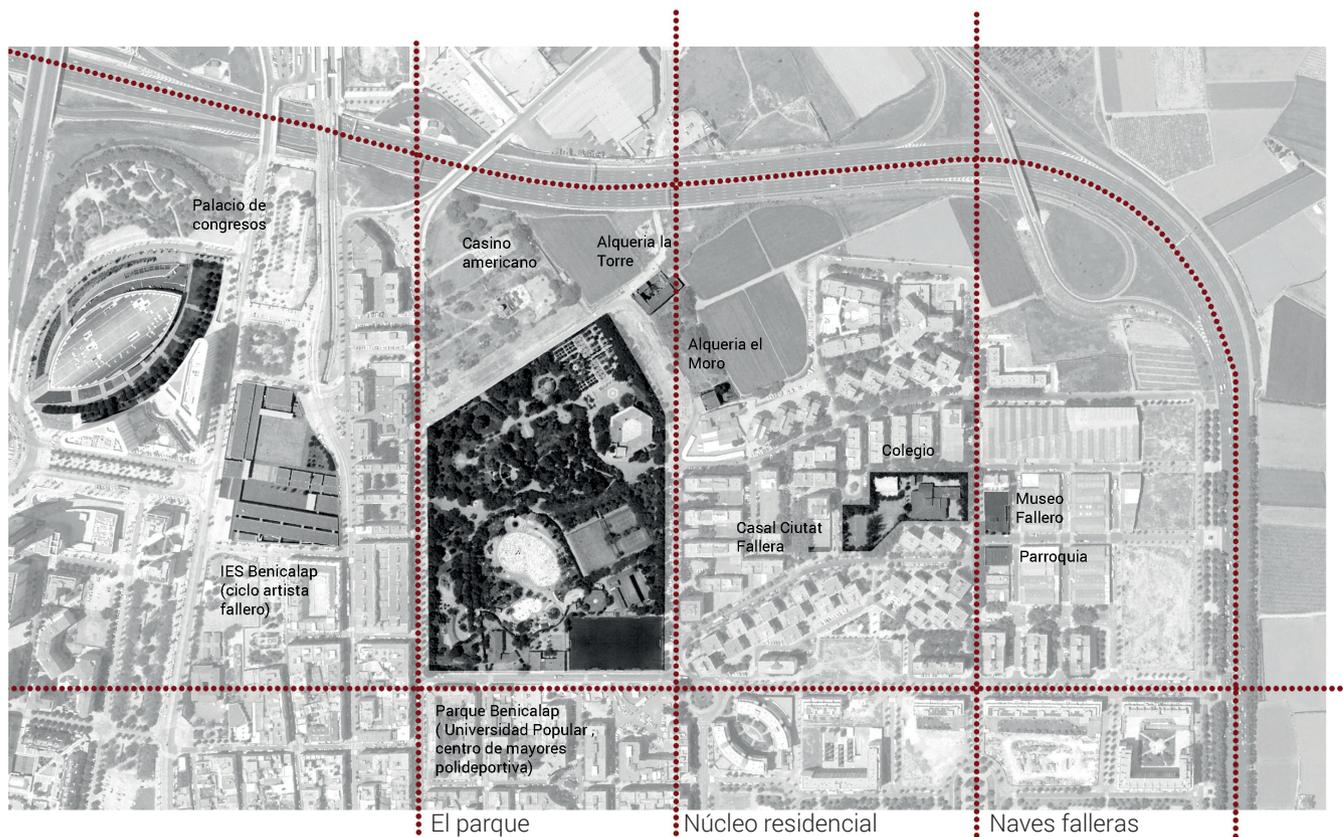


- València ●
- Resto de la huerta ●
- Resto de la Comunitat ●
- Resto de Espanya ●
- Fuera de Espanya ●

	Total	%
València	2.735	45,9
Resta de l'Horta	134	2,2
Resta de la Comunitat	343	5,8
Resta de l'Estat	1.512	25,4
Estranger	1.237	20,8

## Zonificación

Ciutat Fallera es un barrio donde se distinguen claramente tres zonas bien diferenciadas: un gran parque verde y pulmón del barrio, un núcleo residencial de los años 70 y una zona de industria. Esta zonificación está muy marcada por el límite de la ronda norte por el este, el cerramiento impermeable del parque al oeste, y los grandes vacíos urbanos que nos encontramos en el corazón del barrio.



## El parque

Se encuentra situado en unos antiguos campos de naranjos, existentes en el barrio de Benicalap, en la periferia de la ciudad. Es un parque muy emblemático y visitado, uno de los de mayor tamaño en la ciudad de Valencia.

En 1983 se inauguró el Parque de Benicalap, con una superficie total de 80.000 metros cuadrados.

Ofrece una gran variedad de espacios en los que se pueden realizar diversas actividades, con grandes instalaciones deportivas, piscinas, zonas de juegos infantiles, teatro al aire libre y una serie de ambientes diferenciados por la selección de vegetación.

Lo que es actualmente el Parque de Benicalap pertenecía al Ministerio de Agricultura, donde estuvo ubicada durante muchos años la Estación de Horticultura dedicada a la investigación y experimentación.

El parque de Benicalap es un claro ejemplo de cómo una zona verde debe servir a su entorno, cumpliendo a la perfección con todas las funciones para las que fue diseñado, sin embargo su vallado tan opaco es una barrera del parque hacia el barrio, debiendo ser este un punto de estudio.

## **Núcleo residencial**

La banda residencial de la Ciutat Fallera se construye entre los años 1960 y 1980, a la vez que se construyen las naves para los integrantes del gremio fallero, que es la razón principal por la cual surgen las viviendas.

Su construcción se basa en la edificación abierta, no conformando una tipología de manzana cerrada, esta conformación permite que aparezcan multitud de espacios públicos entre los edificios, en su mayoría irregulares, debiendo su forma al vacío entre los edificios. Los bajos se pensaron para servir al comercio, pero con la realidad económica actual la mayoría de locales están vacíos a espera de un uso.

Las construcciones no tienen garajes por lo que el coche invade el espacio público, y al existir espacios residuales entre las edificaciones, estos se ven ocupados por los mismos, colonizando descampados, pequeñas plazas y todo lo que esté a su alcance, convirtiéndose en un barrio dominado por el coche.

Sin embargo el principal problema que presenta la zona residencial es su nula relación con el entorno, la impermeabilidad del parque, la inexistencia de accesos desde la ronda norte, y la insuficiencia del transporte público hacen que La Ciutat Fallera quede aislada del resto de la ciudad.

## Naves falleras

Las naves falleras se ubican en la parte noreste de la Ciutat Fallera, lindando con la ronda norte.

Se trata de un tejido industrial, por lo que tiene una trama muy regular; en su linde Este con la ronda norte presenta unos solares vacíos, que en su momento se pensaron para la ampliación de las naves, pero nunca se llegó a acometer tal proyecto.

Debido a la evolución de los tiempos, las naves falleras se han quedado desfasadas con respecto al trabajo actual. Las fallas han aumentado enormemente en tamaño y altura, las naves de 12 metros de altura de cornisa y unas puertas de tan solo 4.5 metros, todo ello ha repercutido en que los nuevos artistas falleros ya no elijan esta ubicación emblemática para su gremio como zona de trabajo.

Tal como sucedía con el área residencial, las naves falleras también se encuentran desconectadas del barrio, al igual que de la ciudad, por lo que según se va analizando el barrio, surgen problemas recurrentes como la desconexión.

## Diagnóstico

Tras el estudio de la situación actual del barrio, es la hora de sacar conclusiones y poder actuar de acuerdo a los problemas observados, para que así se pueda llevar a cabo una regeneración urbana adaptada a las necesidades de la Ciutat Fallera.

Se observa una desconexión interna del barrio entre las diferentes zonas y a su vez una desconexión exterior del barrio con la ciudad, y viceversa. El acceso al resto de Valencia en transporte público desde la Ciutat Fallera es escaso (dos líneas de autobús urbano) y la entrada y salida en coche desde la Ronda Norte es compleja; si a esto se añade que un 52% de la población es foránea de Valencia, se evidencia un problema de desconexión a diferentes niveles.

Estableceremos tres niveles de desconexión:

- Escala interurbana
- Escala de barrio
- Nivel social y vecinal





## **Memoria descriptiva**

En este apartado se tratarán de concretar las soluciones con las que intento responder a la problemática antes analizada, la regeneración urbana de Ciudad Fallera.

## **Propuestas**

Tras el estudio y análisis del barrio es evidente el gran aislamiento que sufre dicha zona con el resto de la ciudad de Valencia. El objetivo de este proyecto es proponer soluciones a dicha desconexión en las tres escalas que considero necesarias:

-Escala interurbana

-Escala de barrio

-Nivel social y vecinal

El fin último de todas las intervenciones será la conexión, pudiendo ser en cualquiera de las tres escalas antes mencionadas.

## **Escala interurbana**

### **Valencia Ciutat Fallera**

Se pretende reconectar la Ciutat Fallera con el resto de Valencia, de manera que deje de actuar como una zona residual y se transforme en un lugar de constante intercambio entre la ciudad y el barrio. Los grandes viarios tangentes son zonas de tránsito interurbano sin un acceso real al mismo. Además, la carencia de un verdadero motivo por el cual visitar e integrarse en este barrio hace de ella una zona que no participa realmente en la dinámica diaria de la ciudad de Valencia. El objetivo es crear este motivo para atraer a los valencianos a la Ciutat Fallera, zona fundamental para la historia y la cultura de nuestra ciudad.

La conexión que se pretende realizar es una conexión cruzada, del barrio con la ciudad y de la ciudad con el barrio. La continuación en superficie de la línea 6 de Metrovalencia a lo largo de la Ronda Norte hasta la Ciutat Fallera dará solución a este propósito. Además, el tranvía propuesto no rodea periféricamente el barrio sino que penetra en su interior cosiendo poco a poco el mismo con el resto de la ciudad. De esta manera los equipamientos de la ciudad serán más accesibles para los vecinos de este barrio así como los nuevos equipamientos propuestos para el resto de valencianos.

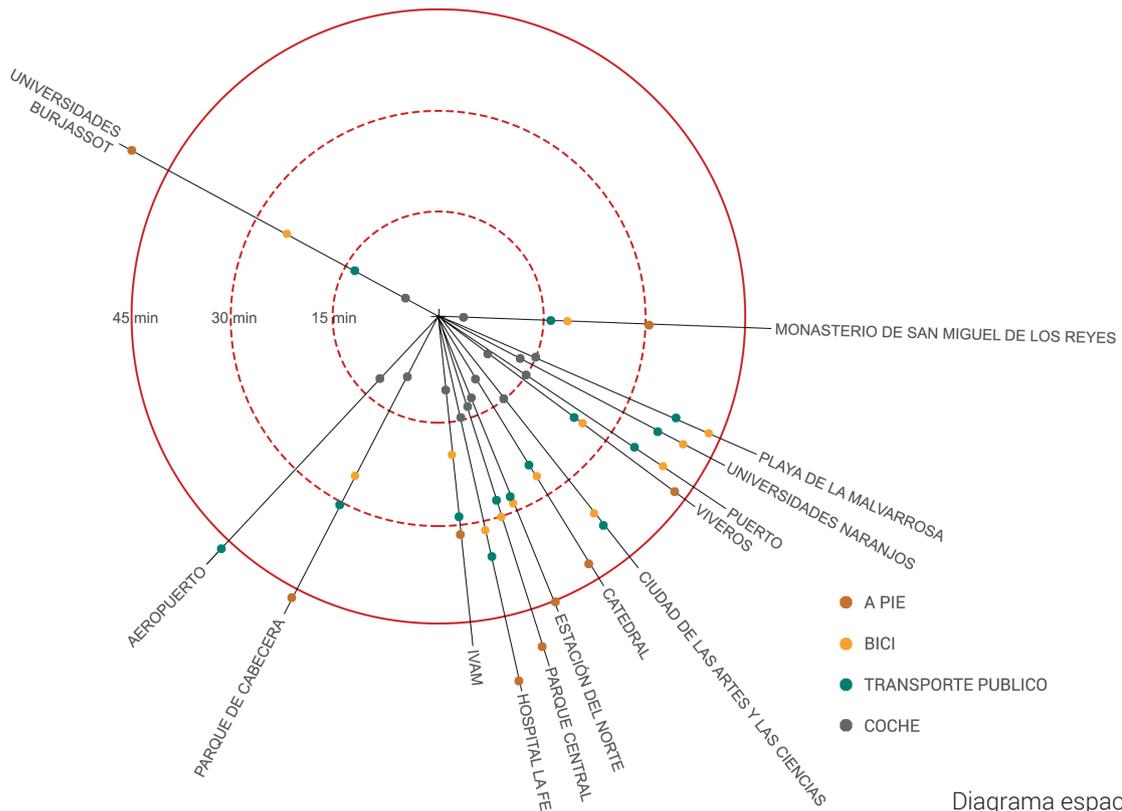


Diagrama espacio-temporal

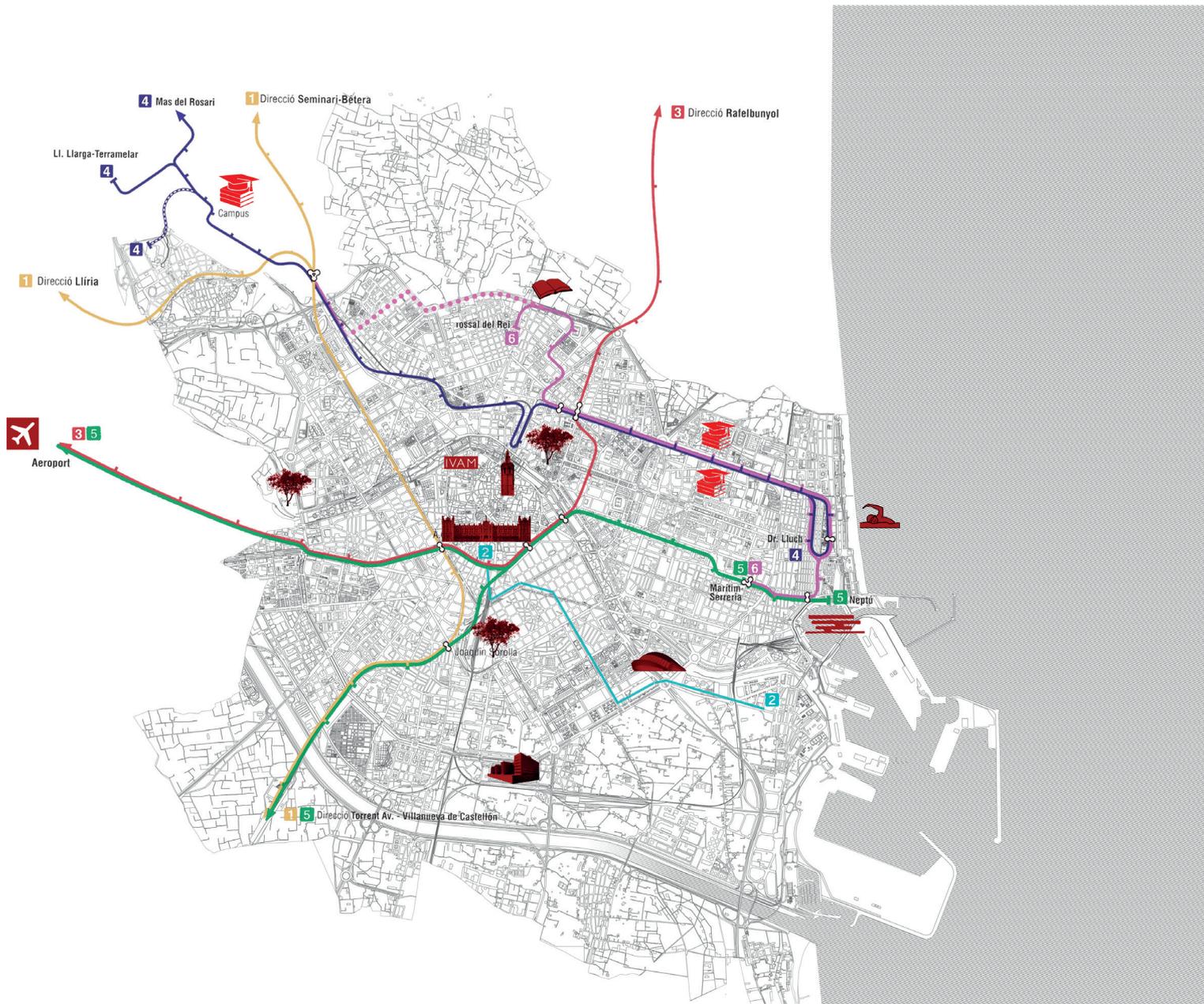


Diagrama conexiones

Se propone la rehabilitación de las alquerías y la ampliación de la Universidad Popular. También se creará un complejo residencial universitario aprovechando la cercanía con el Campus de Burjassot de la Universitat de Valencia, especialmente gracias al nuevo tranvía propuesto. Estas instalaciones supondrán un estímulo para la dinamización del barrio, rejuvenecimiento, intercambio social y cultural y una importante inyección de empleo y actividad económica.



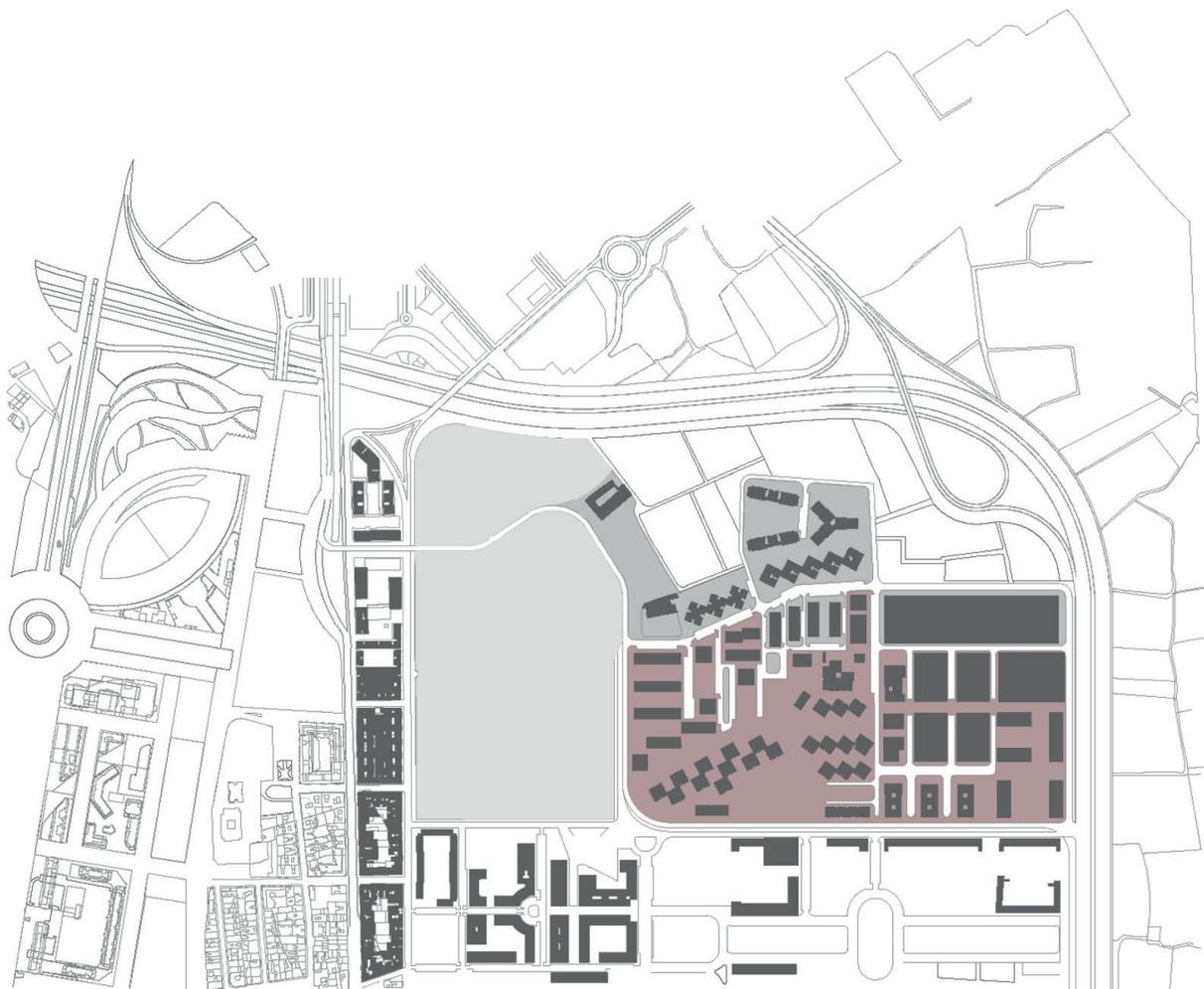
Representación del tranvía con sus paradas y la residencia universitaria

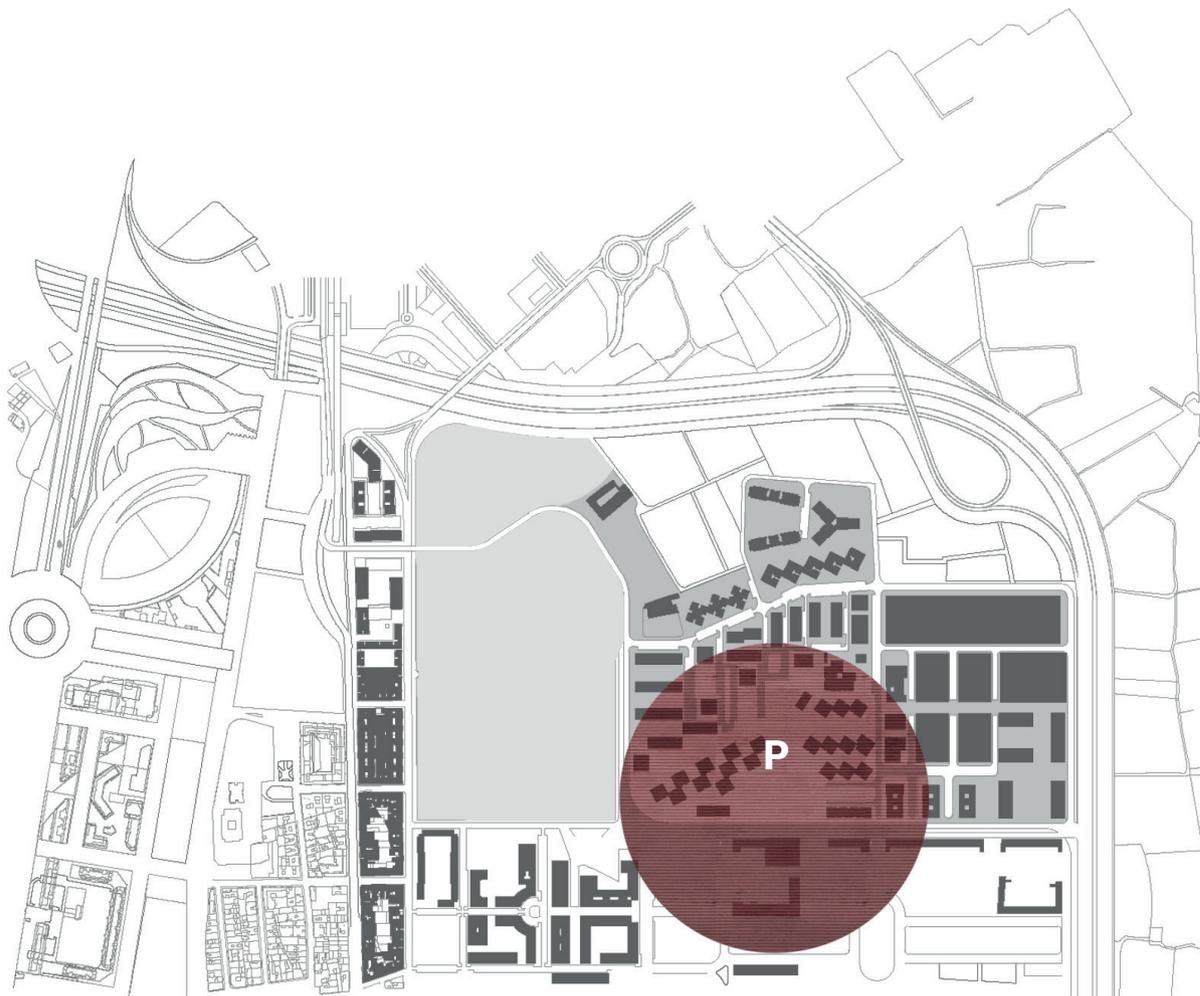
## Escala de barrio

### Relación entre la zonificación

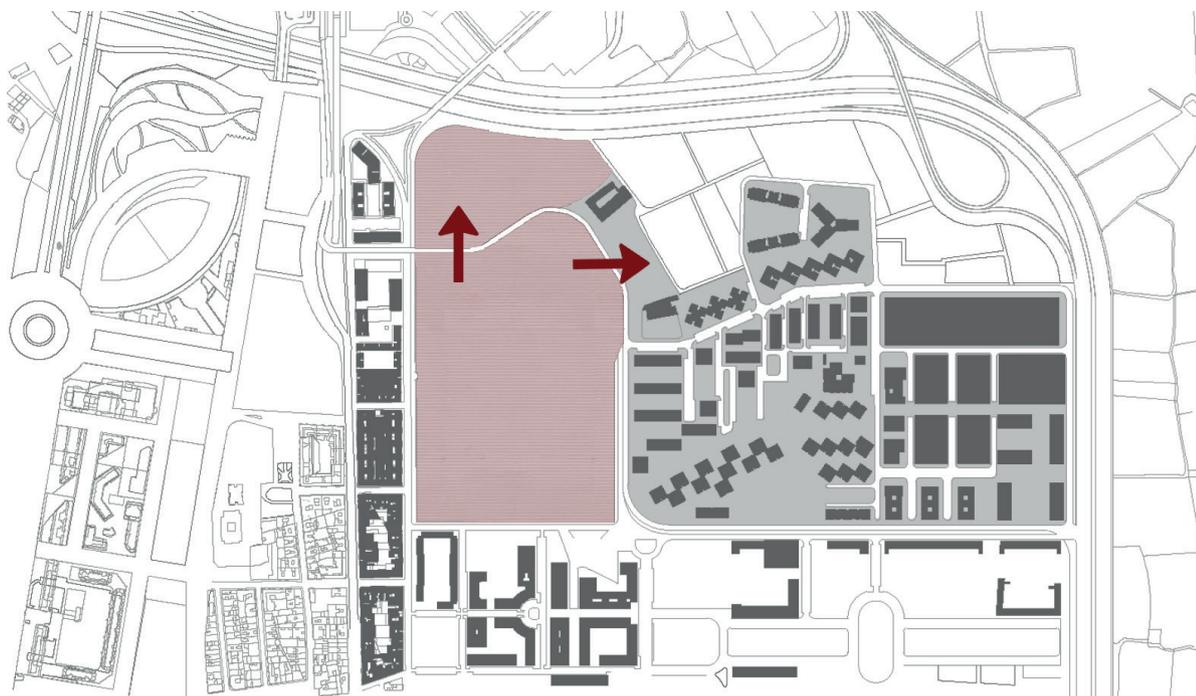
Se propone conectar los tres sectores que encontramos bien diferenciados dentro del barrio: el Parque de Benicalap, la zona residencial y los talleres de los artistas falleros.

Daremos solución a esta conexión mediante varias estrategias. Los peatones colonizan todo el espacio urbano mediante la peatonalización del mismo. Se crea una gran macromanzana fomentando un tránsito más agradable por un espacio no dominado por el tráfico rodado. Esta intervención contará con suficientes accesos para vehículos de los residentes, creando un espacio cómodo y de calidad tanto para vecinos como para visitantes. La peatonalización conlleva también la eliminación de numerosas plazas de aparcamiento, por lo que se crea un gran parking subterráneo junto a las vías del tranvía con acceso peatonal a ambos lados de la calle de Salvador Cerveró.





Otra actuación para fomentar la movilidad dentro del barrio es la eliminación de parte de la barrera física que suponen los muros del parque de Benicalap. De esta manera se permeabiliza el parque con el resto del barrio creando un gran pulmón verde que ya no está aislado del mismo. También se propone la colonización de espacios degradados adyacentes con más zonas verdes.



## Nivel social y vecinal

### Relación social

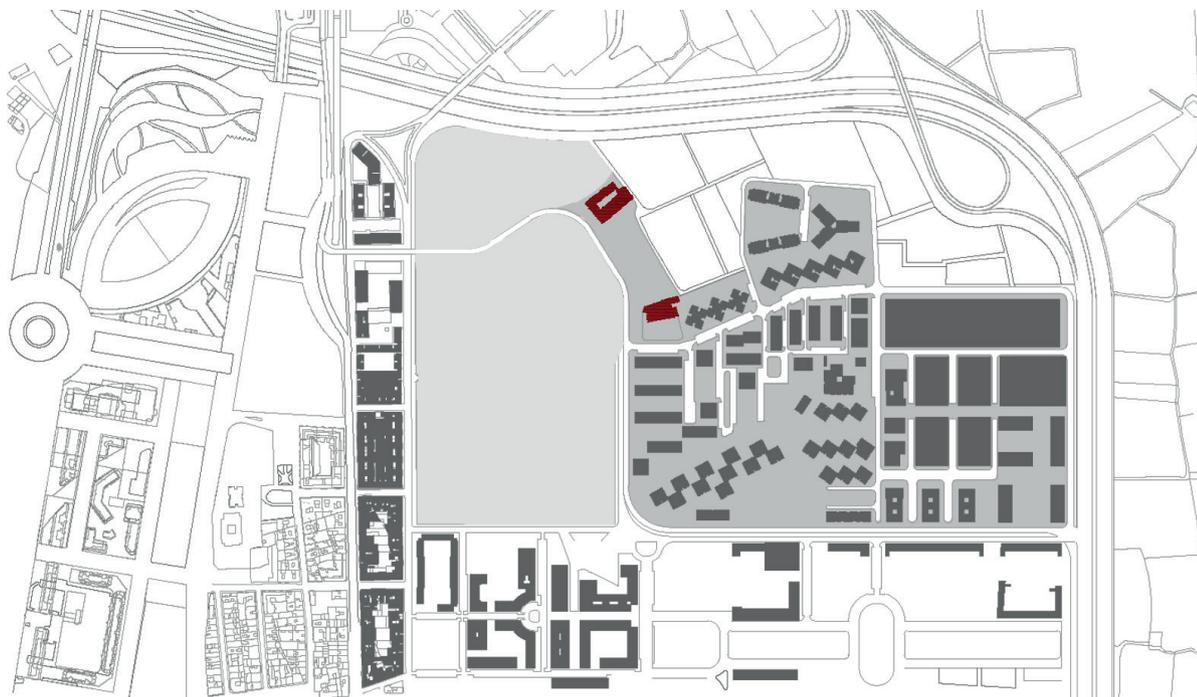
Se plantea crear un sentido de comunidad, de pertenencia y arraigo al barrio y de relación entre sus vecinos. Las estadísticas nos muestran que un 52% de la población de la Ciutat Fallera es foránea, compuesta por emigrantes tanto nacionales como internacionales.

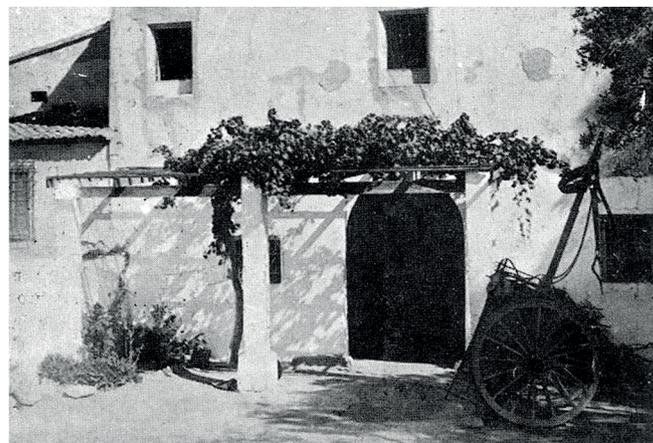
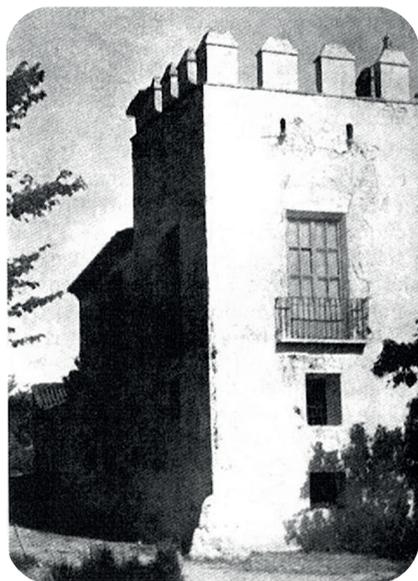
El sentido de arraigo a la Ciutat Fallera y de conexión con su historia y raíces se conseguirá mediante la recuperación de su patrimonio histórico, como son la alquería de la Torre (siglo XV) y la del Moro (siglo XVI).

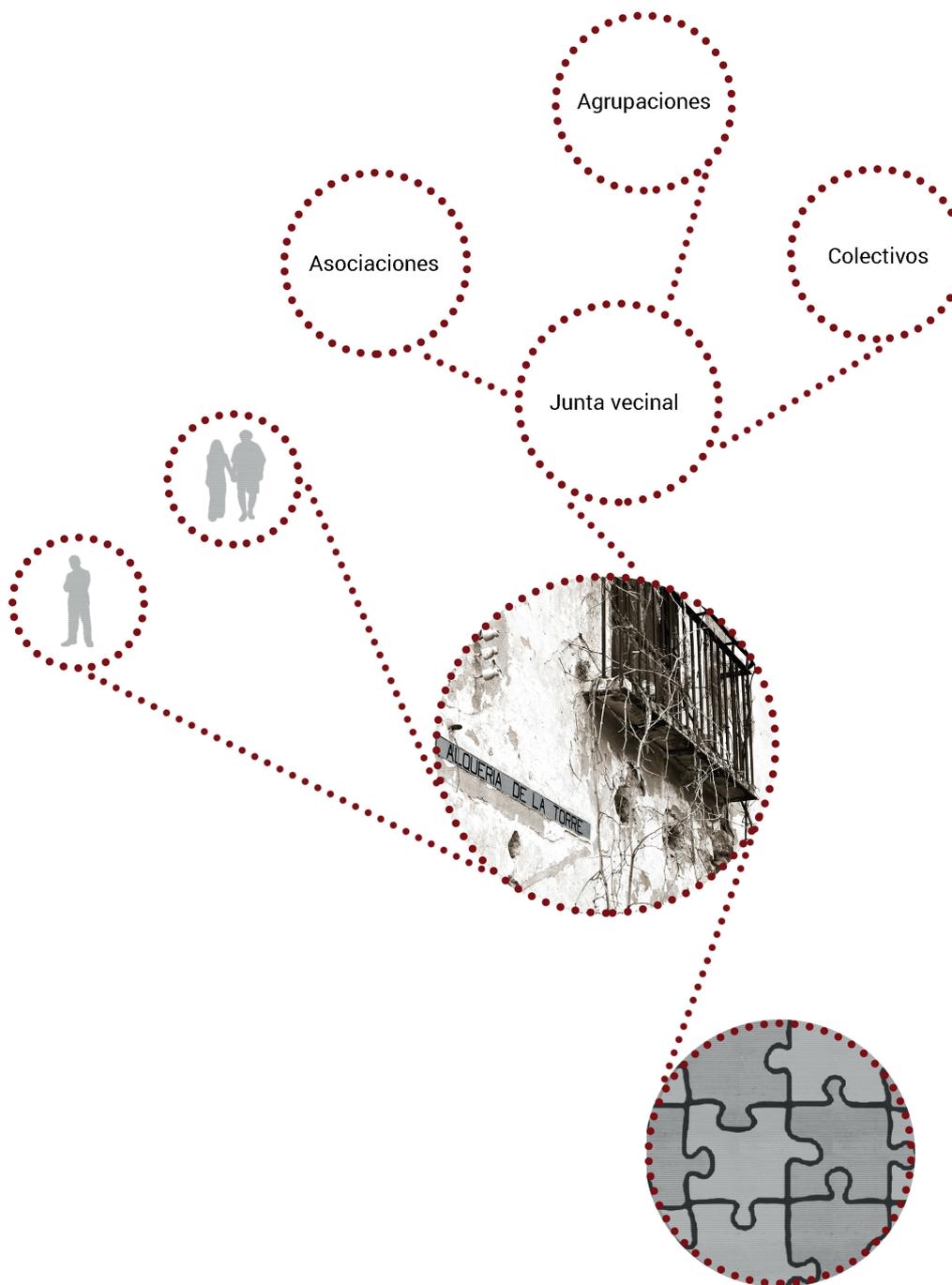
Estos espacios recuperados para el barrio supondrán la ampliación de la sede de la Universidad Popular ya existente en el parque de Benicalap donde se habilitarán aularios para poder ofrecer una mayor oferta cultural, cursos, seminarios, horticultura, etc. Además se creará una plaza de actividad que cosa ambas alquerías, creando un espacio urbano rodeado por la Universidad Popular y las huertas escolares pertenecientes a la misma.

Se dispondrán aulas y espacios multifuncionales que quedarán bajo tutela de una junta comunitaria de vecinos y que se cederán a las distintas asociaciones, agrupaciones y colectivos en función de sus necesidades. De esta manera sus actividades culturales serán visibles y abiertas para todos los vecinos.

Con esta iniciativa se pretende fomentar la relación y el intercambio cultural que puede enriquecer la vida de los vecinos del barrio, creando una conexión ciudadana.





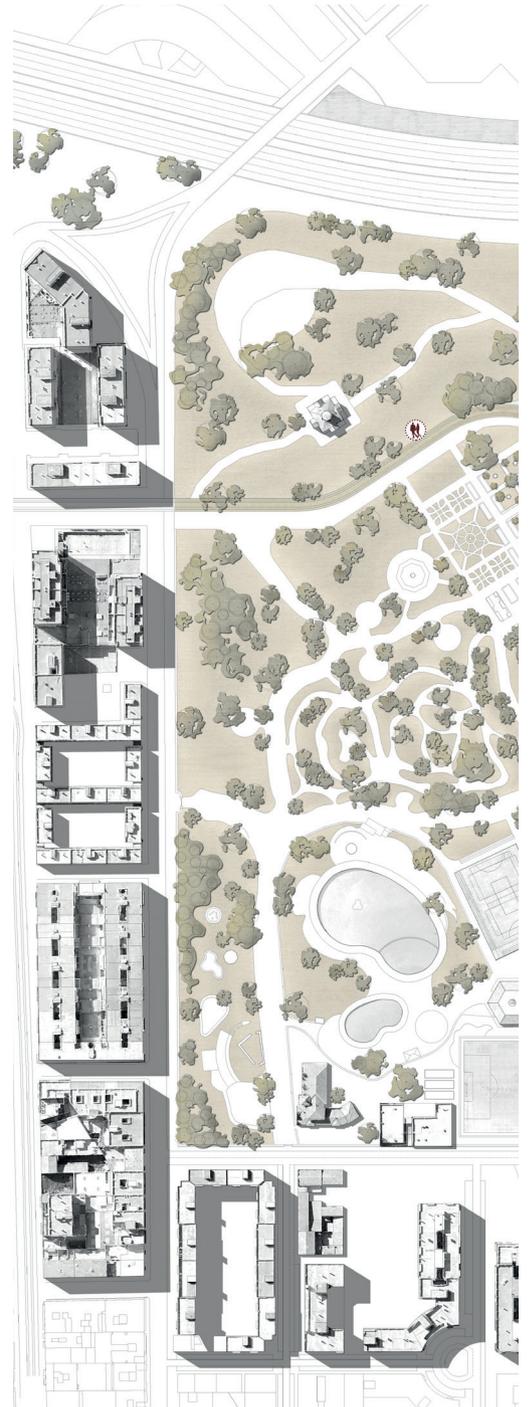


## Planta general

En la planta general se hacen visibles las principales propuestas que anteriormente se han expuesto, con lo que se puede observar el conjunto de las actuaciones.

Se tratan las propuestas de la regeneración urbana como la colonización del espacio público mediante la reorganización del viario, se crea una gran manzana central en la que los vecinos pueden acceder mediante *cul de sac*, también se puede ver la ocupación de los solares que quedaban junto a la ronda norte con nuevas naves falleras y el nuevo complejo residencial universitario, que ayudará a dinamizar el barrio tanto por ser un foco de actividad como el estímulo económico.

Se hace muy visible la nueva línea de tranvía que conecta el barrio con la ciudad, y cómo atraviesa el barrio, conectando todos sus puntos y sirviendo como *promenade* verde para el barrio.







Universidad Popular



Promenade verde



Punto de encuentro



Parada de tranvía



Polideportivo



Huertas educativas



Zona de juegos



Parking público



Residencias universitarias

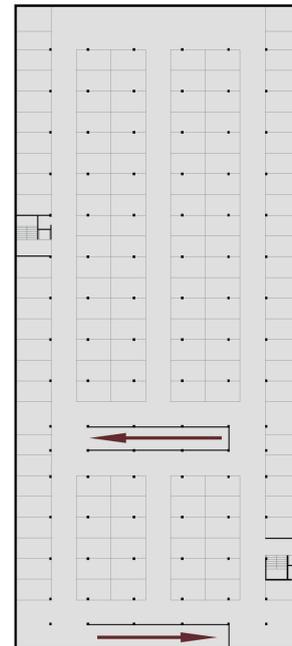
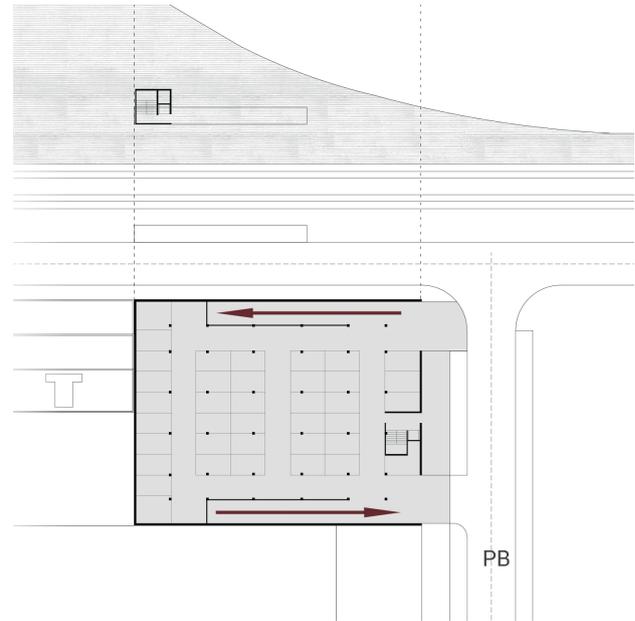


Espacios comunes residencias

## Parking público

La peatonalización conlleva que se eliminen numerosas calles de viario reduciéndose las plazas de aparcamiento, por lo que se propone la creación de un parking público de 190 plazas.

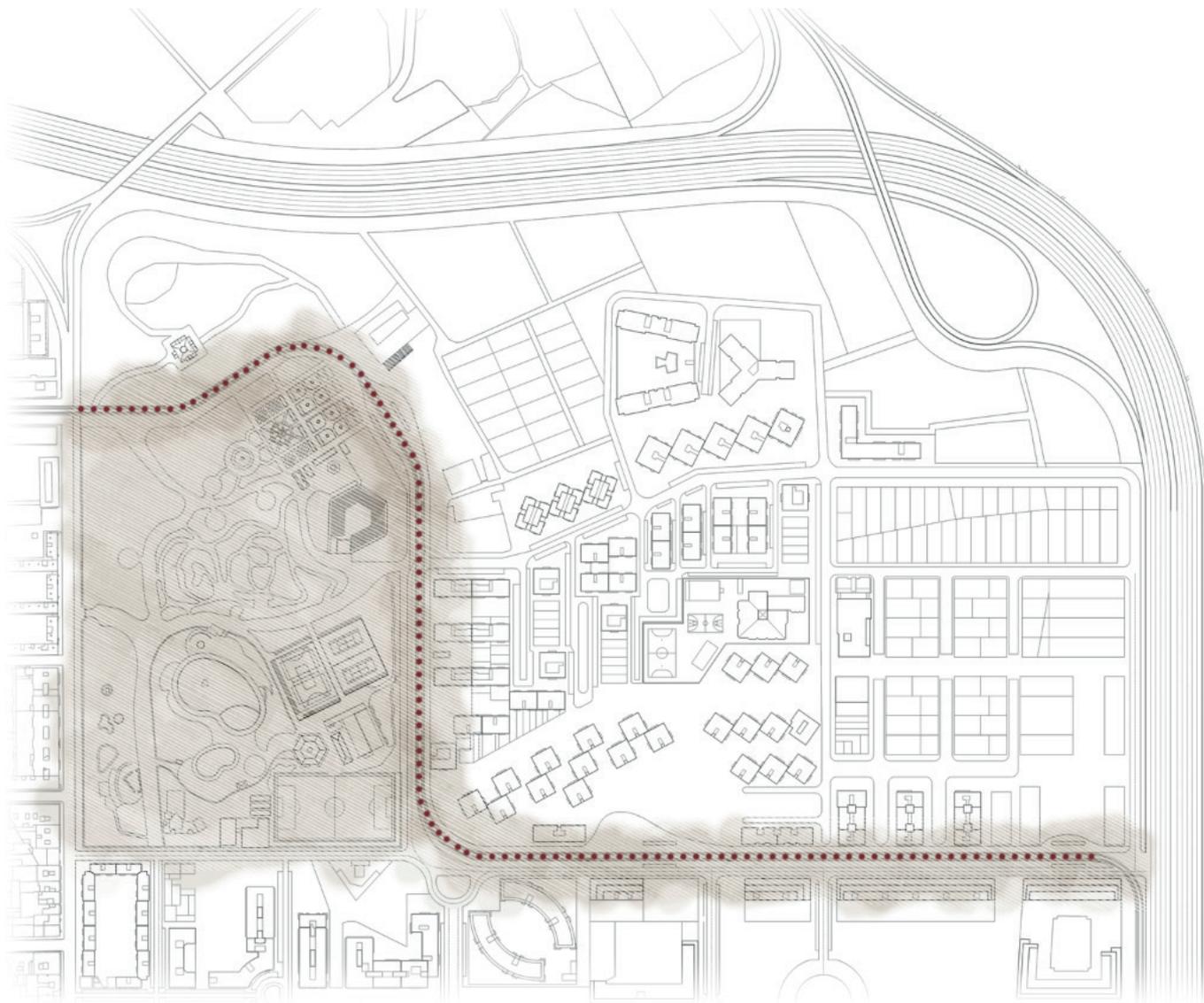
Dicho parking cuenta con dos salidas peatonales, una en la calle Salvador Cerveró, y la otra en la nueva plaza propuesta, integrada en la parada de tranvía, teniendo salidas a ambos lados de las vías.



## Eje verde

Se propone un eje verde sobre el trazado del tranvía como prolongación del parque de Benicalap. Dicho eje supone una invasión del espacio urbano por el mismo parque así como un promenade verde que cruza interiormente todo el barrio. Este unirá todos los focos de actividad del barrio, desde las residencias universitarias hasta la Universidad Popular.

El eje verde se disolverá con el pavimento peatonal que le rodea a través de un collage de pavimento duro y verde, como una degradación hacia el resto del barrio. Este promenade se abrirá en los puntos importantes de actividad del barrio creando plazas acotadas y marcando los puntos importantes. De esta manera daremos una sensación de homogeneidad al barrio y tendremos un ambiente y sensaciones comunes sea cual sea el punto en el que nos encontremos.



## Pavimento del promenade

El pavimento del promenade verde se entiende como una prolongación del parque, por lo que se trata de un pavimento mixto, que permite tanto el paso de vehículos, el tránsito de peatones, como que aparezcan zonas ajardinadas.

Se elige una trama lineal para representar la linealidad de las vías del tranvía, para que se conviertan en “vías” verdes que discurren paralelas a las vías del tranvía, sirviendo de unión entre todos los puntos de actividad que hemos creado en el barrio.



## **Espacio público**

El espacio público se pretende convertir en el motor de la sociedad de Ciutat Fallera, un lugar de encuentro agradable, en el que puedan ocurrir diferentes actividades.

Una vez que se liberan del coche los espacios anteriormente infrautilizados, donde se crean zonas de paseo, zonas de estancia con un arbolado pensado en las sombras producidas para conseguir espacios públicos confortables, nos encontramos con multitud de espacios que mejoran la calidad de vida de la población.



## Realidad actual

Estas alquerías reflejan la arquitectura de casas señoriales asociadas a la huerta valenciana. Se trata de dos alquerías de los siglos XV y XVI declaradas Bien de Interés Cultural de la Comunitat en 1998.

Actualmente se encuentran en estado de abandono reseñando que en la Alquería del Moro han desaparecido las dos columnas góticas características de su fachada principal.

Proponemos la restauración y reconversión funcional de estas dos alquerías para adaptar su uso a las necesidades del barrio. Con esta actuación se pretende que la Ciutat fallera recupere su identidad histórica sirviendo a su vez como nexo vecinal del barrio. Se les dará un uso dotacional, como ampliación de la Universidad Popular, incrementando su programa formativo y cultural y pudiendo dar cabida a la población tanto del barrio como al resto de vecinos de la ciudad de Valencia.



## Plaza Universidad Popular

Entre las dos sedes de la Universidad Popular, se crea un gran punto de encuentro, una plaza que aglutine las actividades que la UP ofrece.

Esta plaza contará con un atractivo singular, al tratarse de una parada de tranvía que conecta dos espacios singulares: la plaza creada en la que se encuentran los edificios más significativos de todo el barrio, que muestran su identidad, y el gran parque de Benicalap, pudiendo convertirse en un punto de fácil acceso para los conciudadanos, y a su vez un espacio muy atractivo.

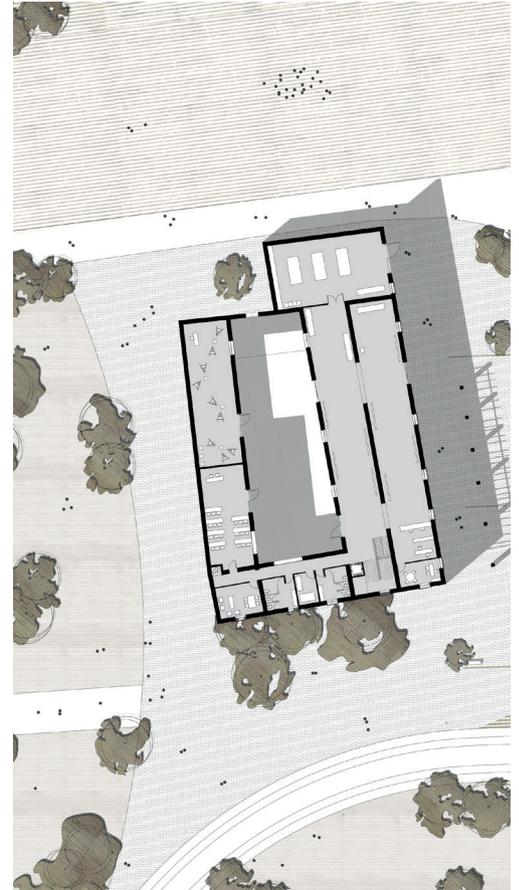
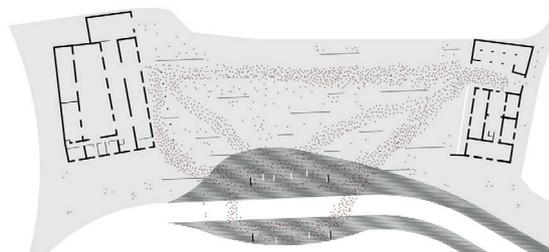
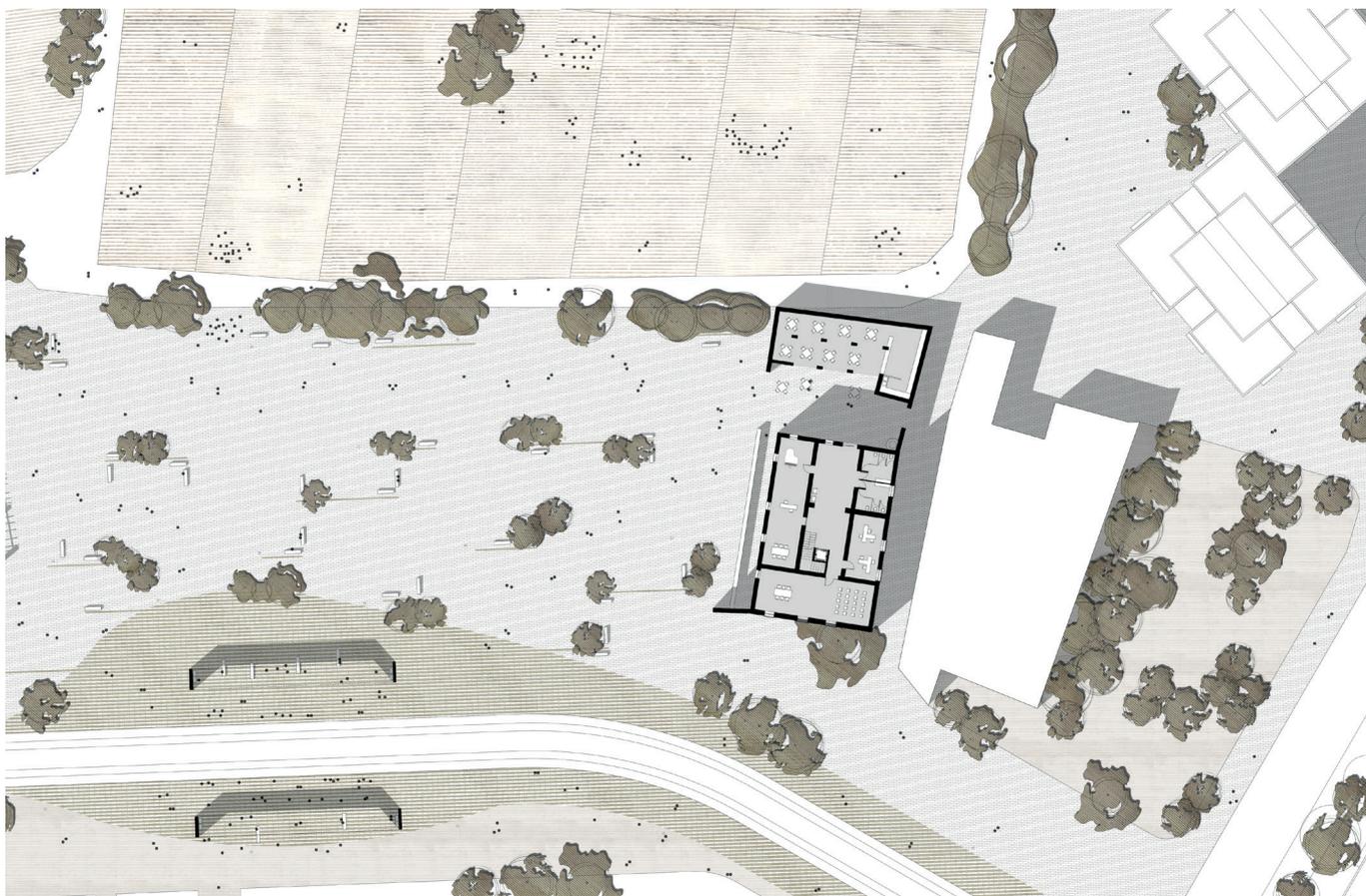


Diagrama de flujos.



Este gran espacio deberá ser el gran punto de encuentro de la sociedad de Ciutat Fallera, donde la gente acuda tanto a las actividades programadas en la Universidad Popular, como a los espacios reservados a las distintas asociaciones y agrupaciones culturales y de ocio.

El fin último de todas las actuaciones pormenorizadas es la unión de la sociedad del barrio, la conexión ciudadana.



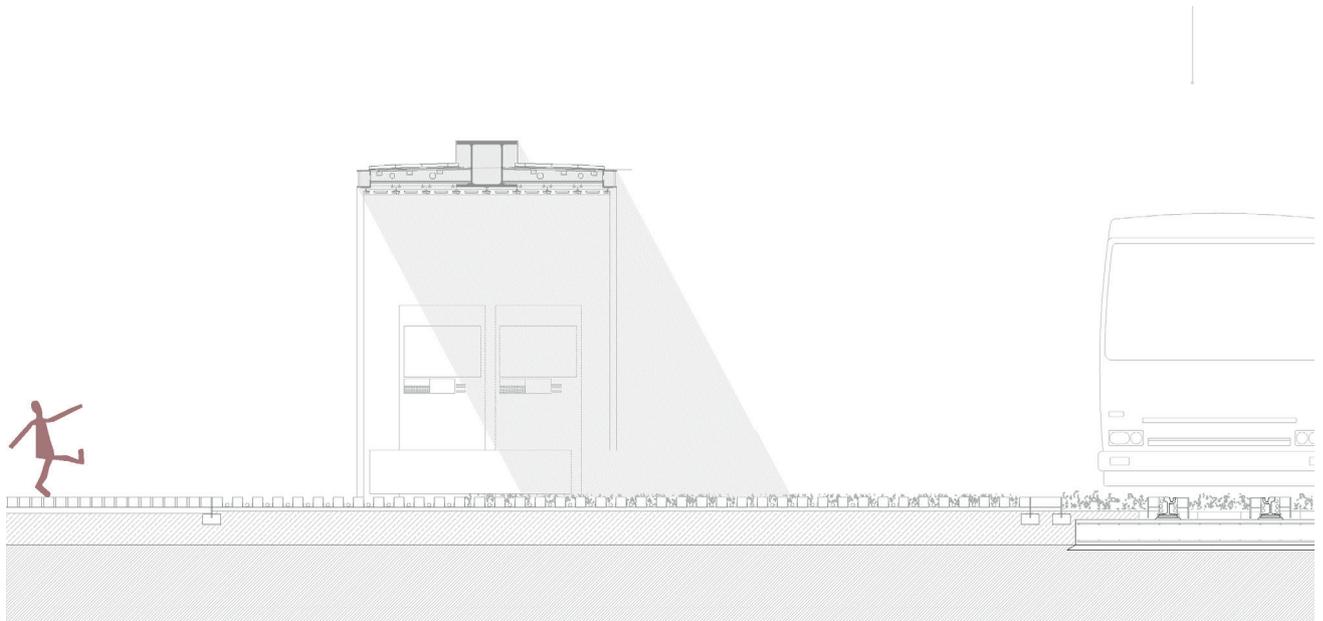


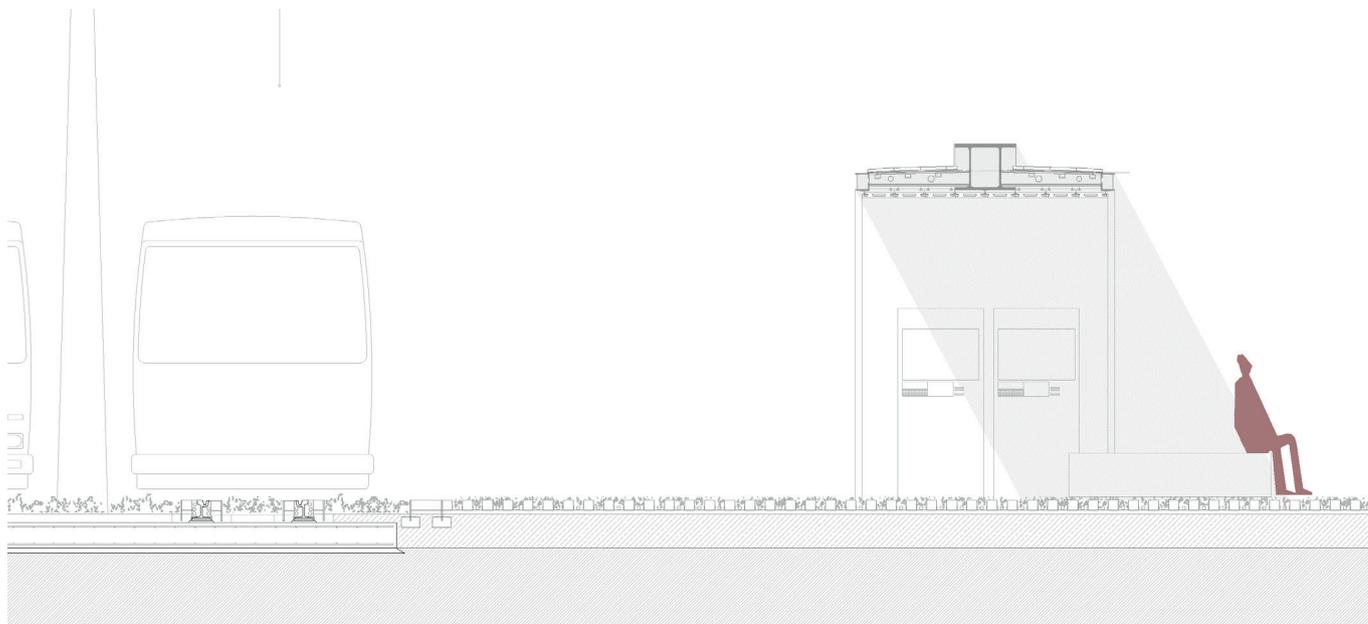
Montaje plaza Universidad Popular

## Eje del tranvía

Se crea una parada de tranvía de 25 metros de longitud, sin apoyos intermedios, totalmente abierta de forma paralela a las vías que invita a los peatones a cruzar el paso creado.

Para no impedir el paso de peatones, los bancos se colocan en dirección perpendicular a la parada, a su vez los elementos propios de las paradas de tranvía como las máquinas de billetes se colocan en los laterales junto a los apoyos verticales de la parada.





Montaje plaza Universidad Popular

## Alquerías de la Torre y del Moro

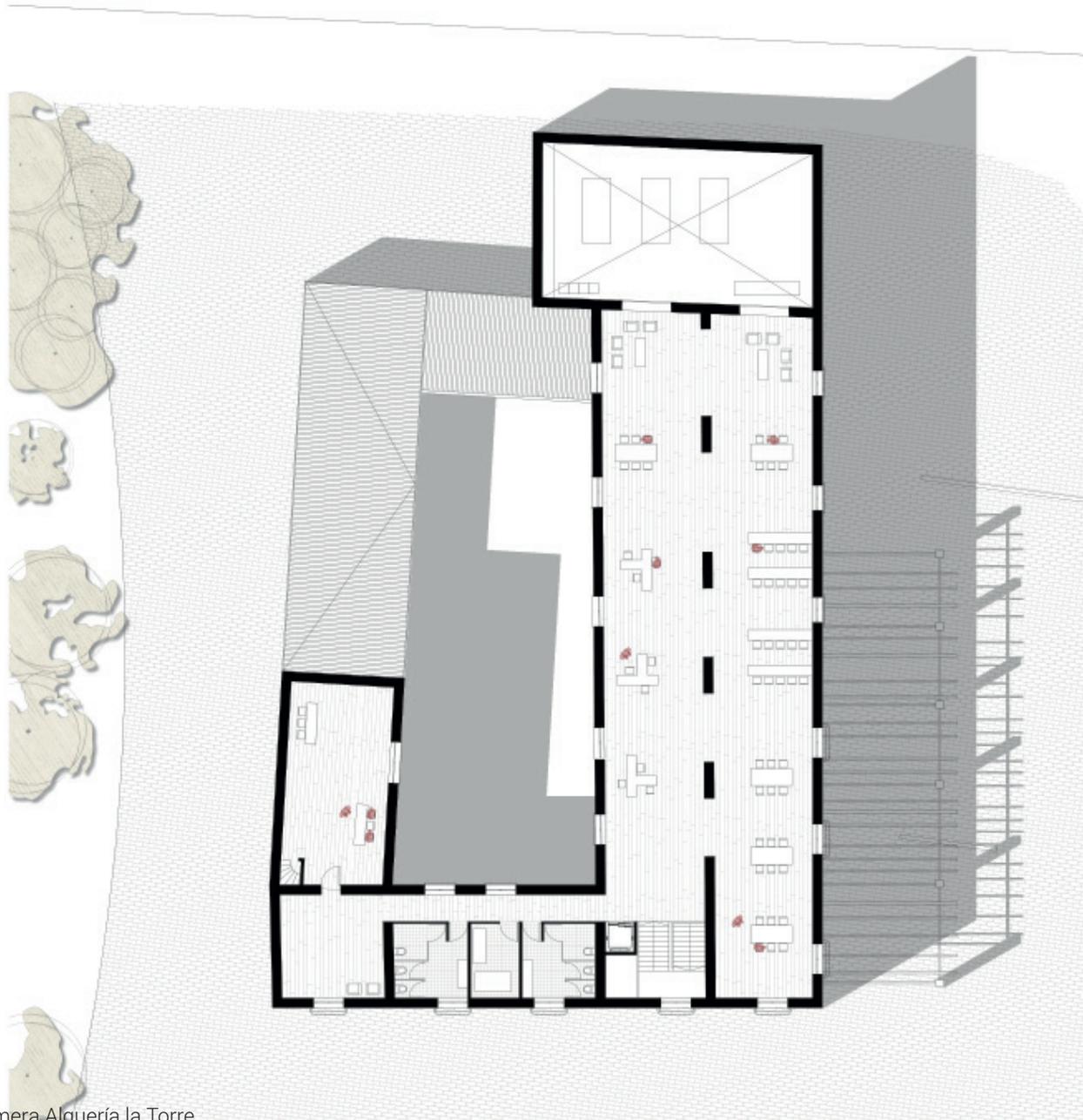
La intención de devolver estas dos alquerías históricas al barrio responde a dos motivos: el primero de ellos es recuperarlas para su uso, ya que unas alquerías con más de 400 años de historia no pueden estar en tal estado de abandono, el segundo y más importante, es que al devolver estas alquerías al barrio, puedo crear un sentido de identidad de la población del mismo, pudiendo ser núcleo sobre el que gire la sociedad de Ciutat Fallera, un lugar donde la gente se aglutine y reúna.



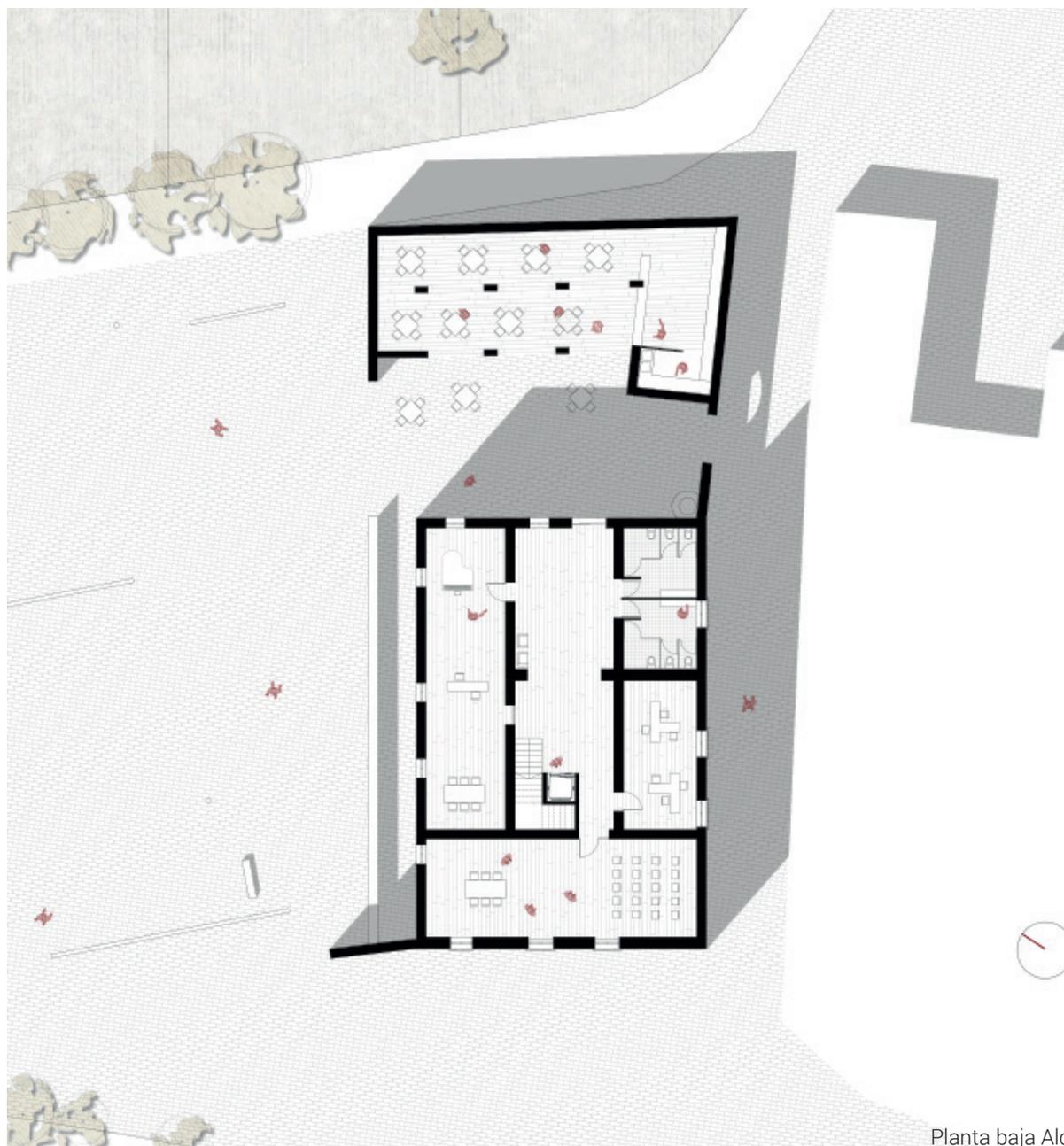




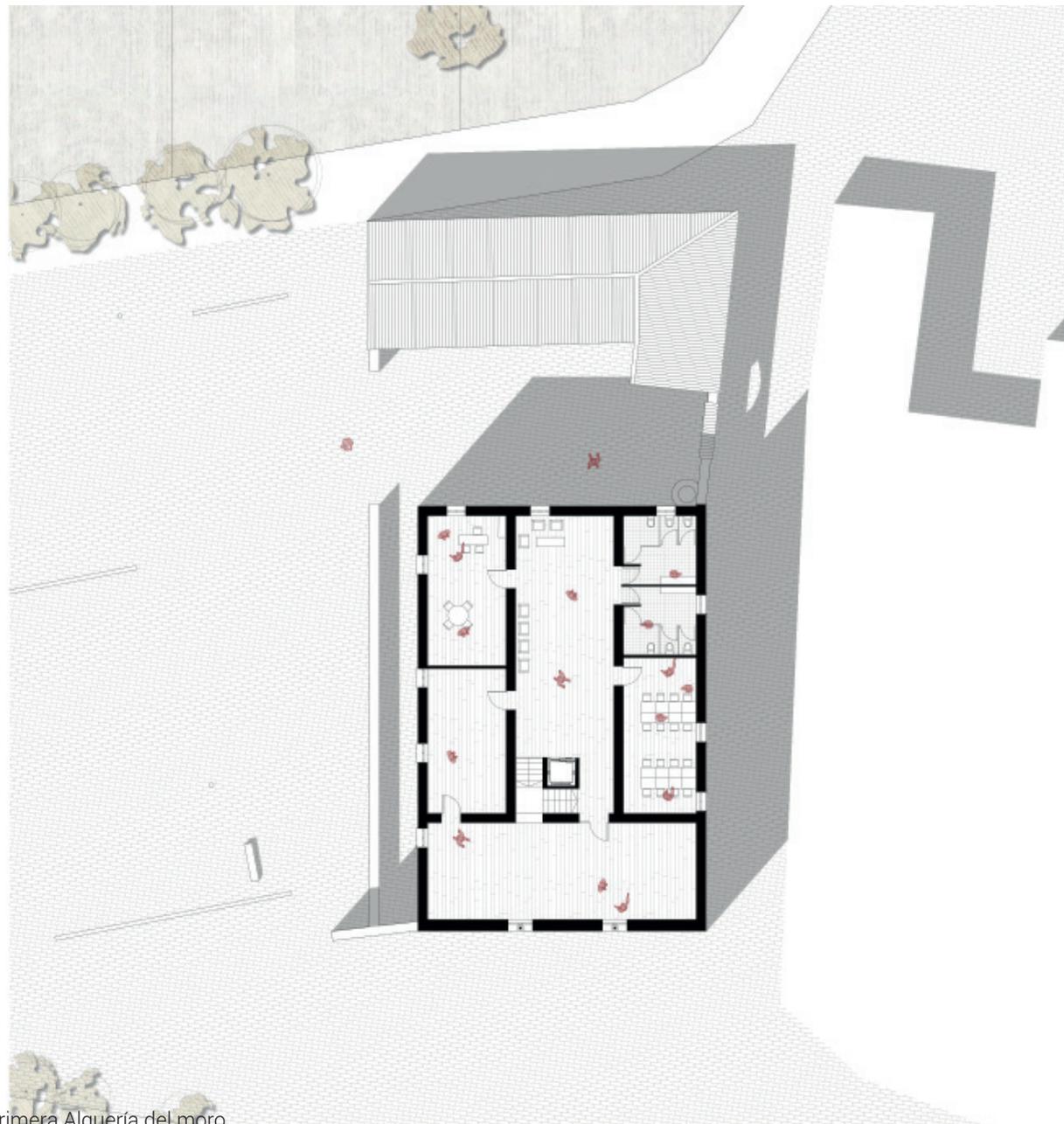
Planta baja Alquería la Torre



Planta primera Alquilería la Torre



Planta baja Alquería del moro

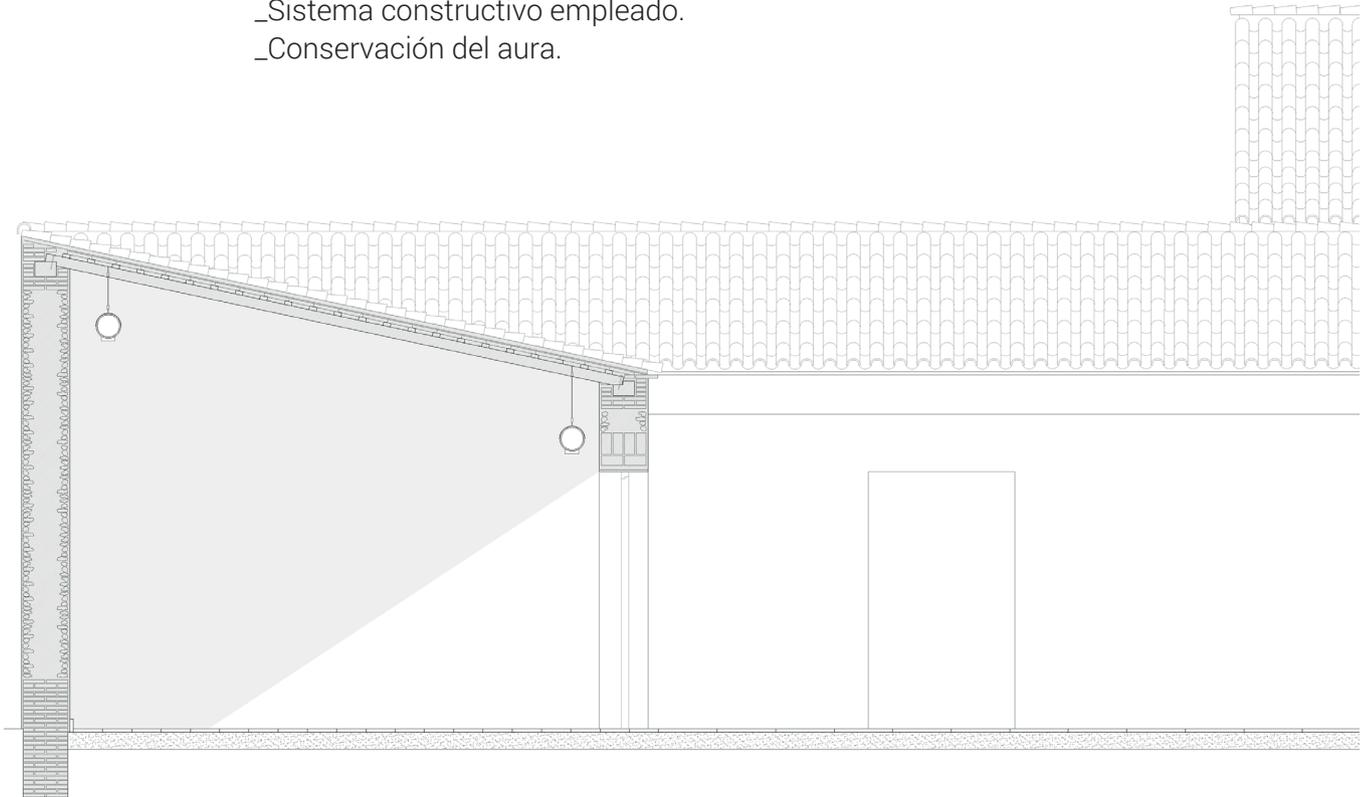


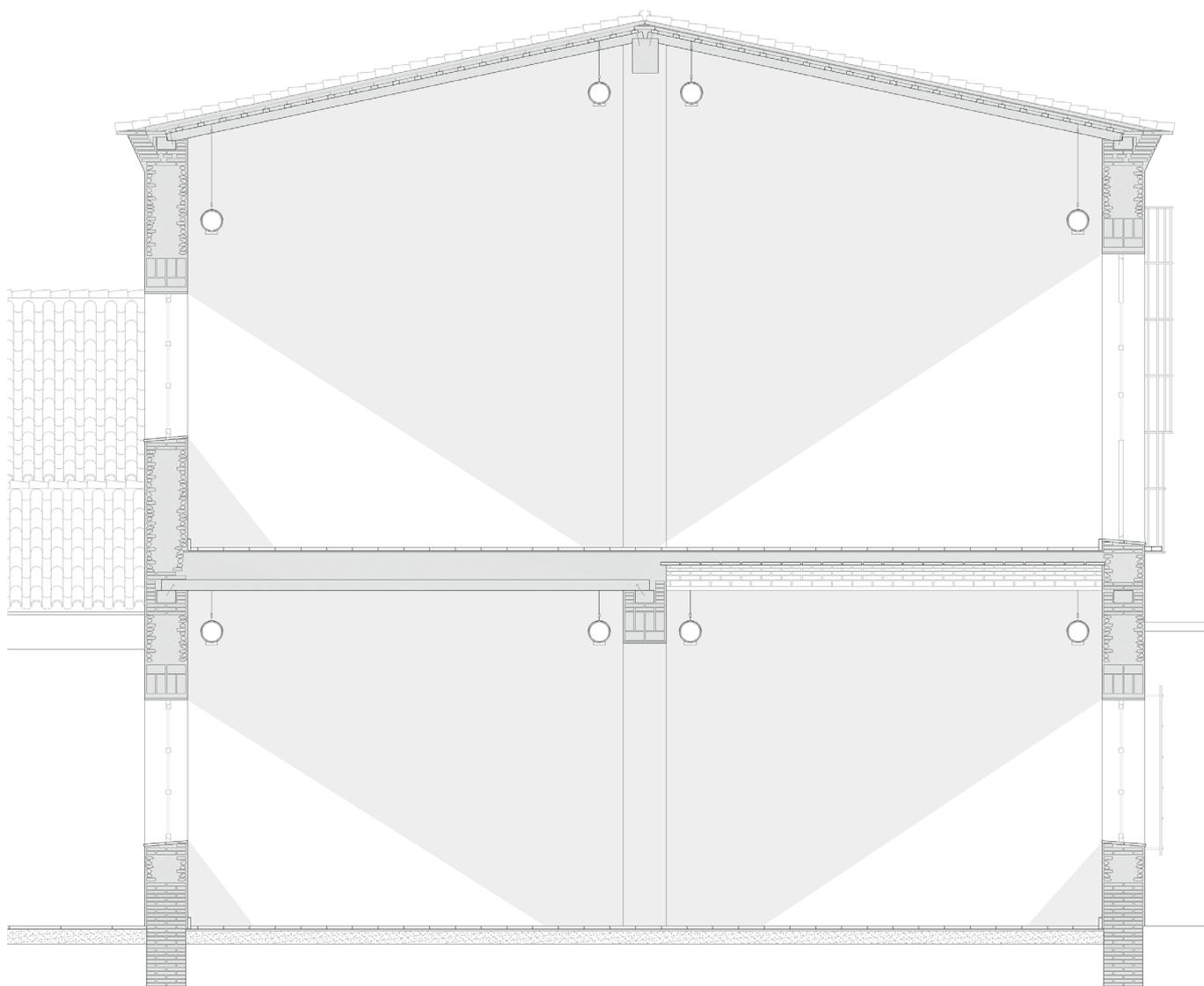
Planta primera Alquería del moro

## Tratamiento de las alquerías

Se pretenden potenciar valores característicos de este tipo de edificación:

- \_Valor artístico histórico.
- \_Elementos arqueológicos.
- \_Sistema constructivo empleado.
- \_Conservación del aura.





Detalle alquería

## Criterios de intervención

Debido a que son un Bien de Interés Cultural desde 1995, y a la historia que contienen, se trabajara sobre ellas con un criterio de intervención conservador:

\_Conservar la autenticidad de las dos edificaciones.

\_Importancia de la materia como documento histórico.

\_Importancia del paso del tiempo como valor añadido ya que constituye parte del carácter del edificio.

\_Respetar en la medida de lo posible su materialidad para conservar el carácter de estos Bienes de Interés Cultural (BIC).





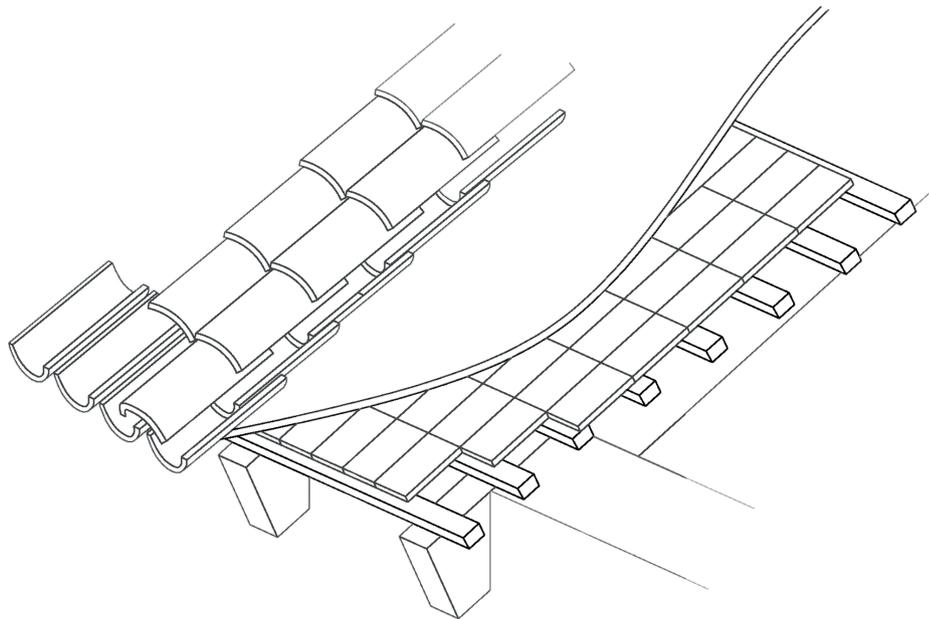
## **Memoria técnica**

Aquí se definen los elementos relevantes de la regeneración urbana, deteniéndonos en soluciones constructivas y definición de piezas.

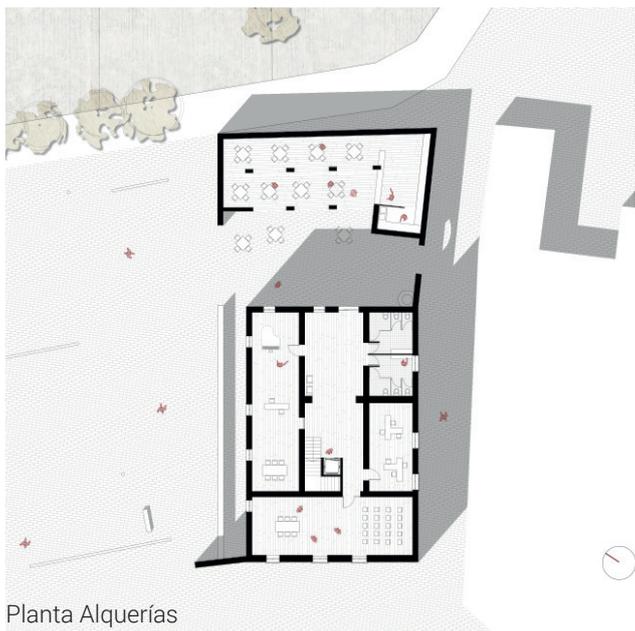
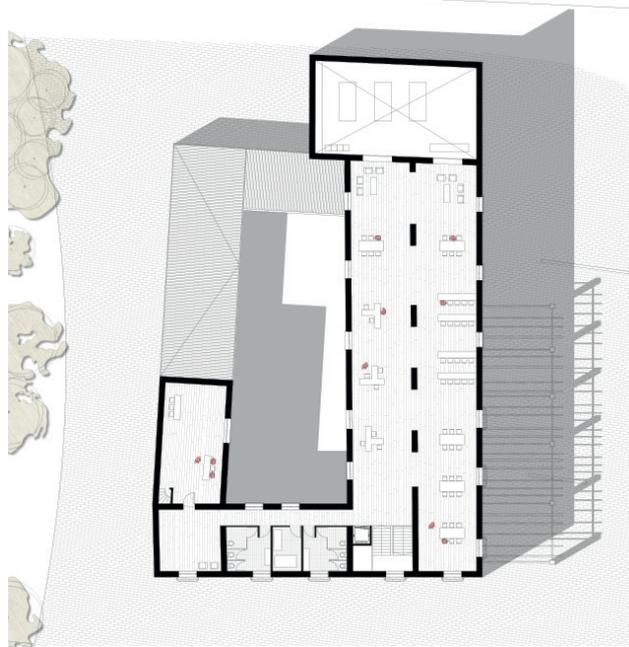
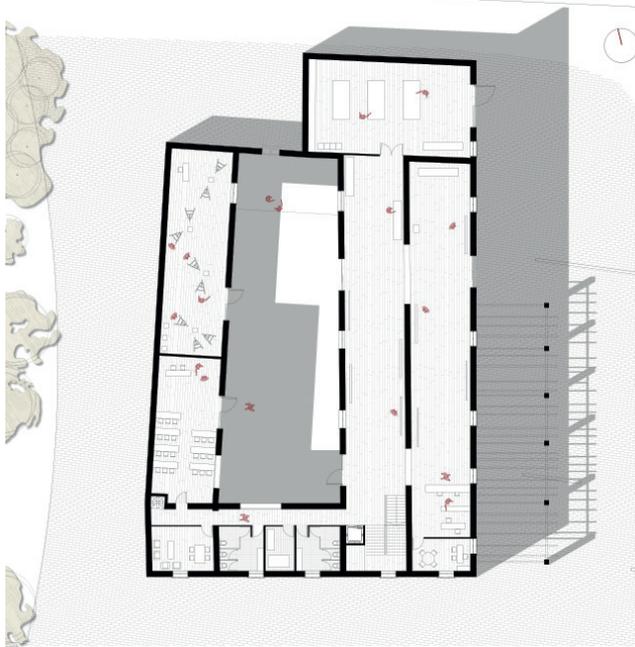
## Alquerías

El sistema constructivo de las Alquerías de la Torre y el Moro se ha obtenido a través de una visita a obra, pudiendo acceder a las mismas por un butrón existente.

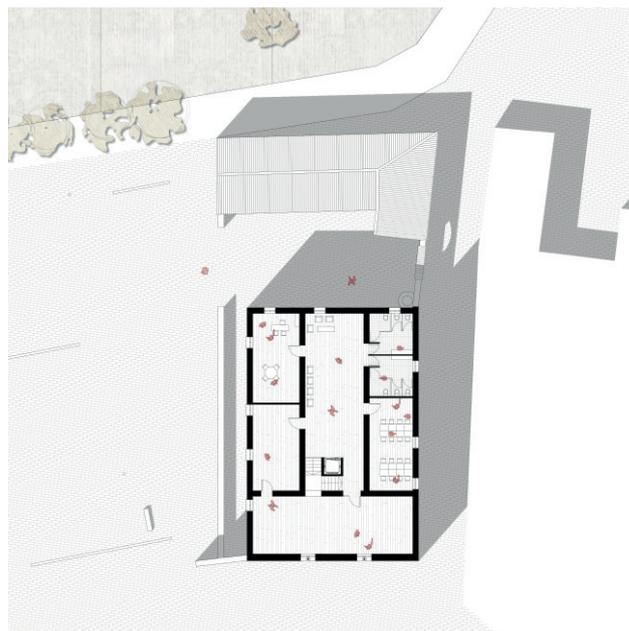
Debido al estado de las edificaciones y a el deterioro en paredes y cubierta, se han podido observar con detenimiento la construcción y la composición de forjados y cubierta.



Composición cubierta.



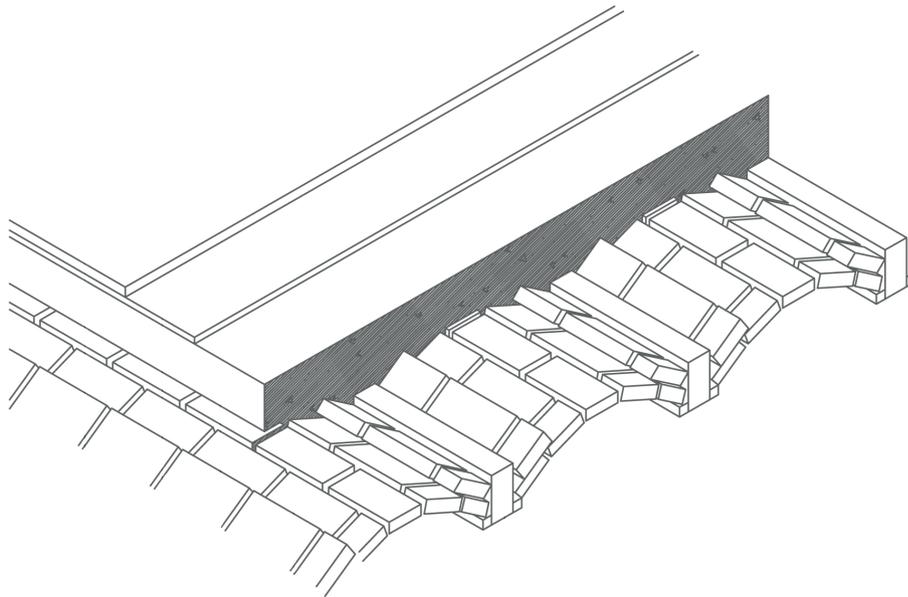
Planta Alquilerías

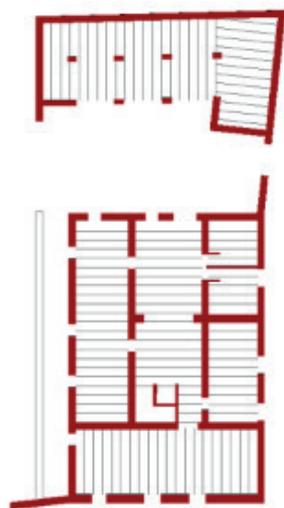


## Sistema constructivo

La construcción se basa en un sistema de muros portantes de mampostería, con una base de ladrillo que actúa como zapata corrida.

Los huecos se configuran con jamba, dintel (en arco) y alféizar de ladrillo. El forjado se construye con revoltones de viguetas de madera y el relleno es de cascotes y mortero de yeso para evitar la flecha en las viguetas de madera.

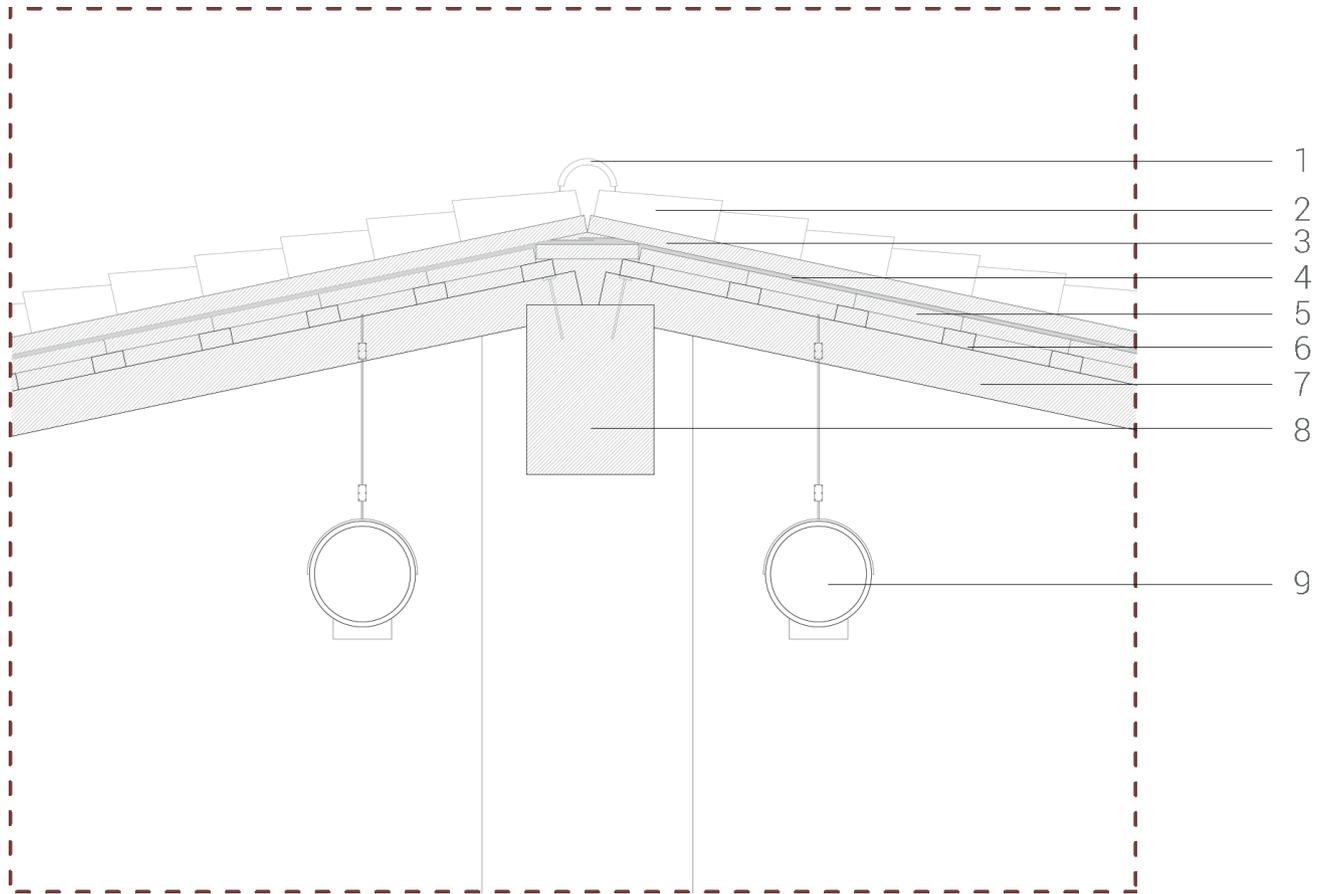




Esquema muros portantes y viguetas

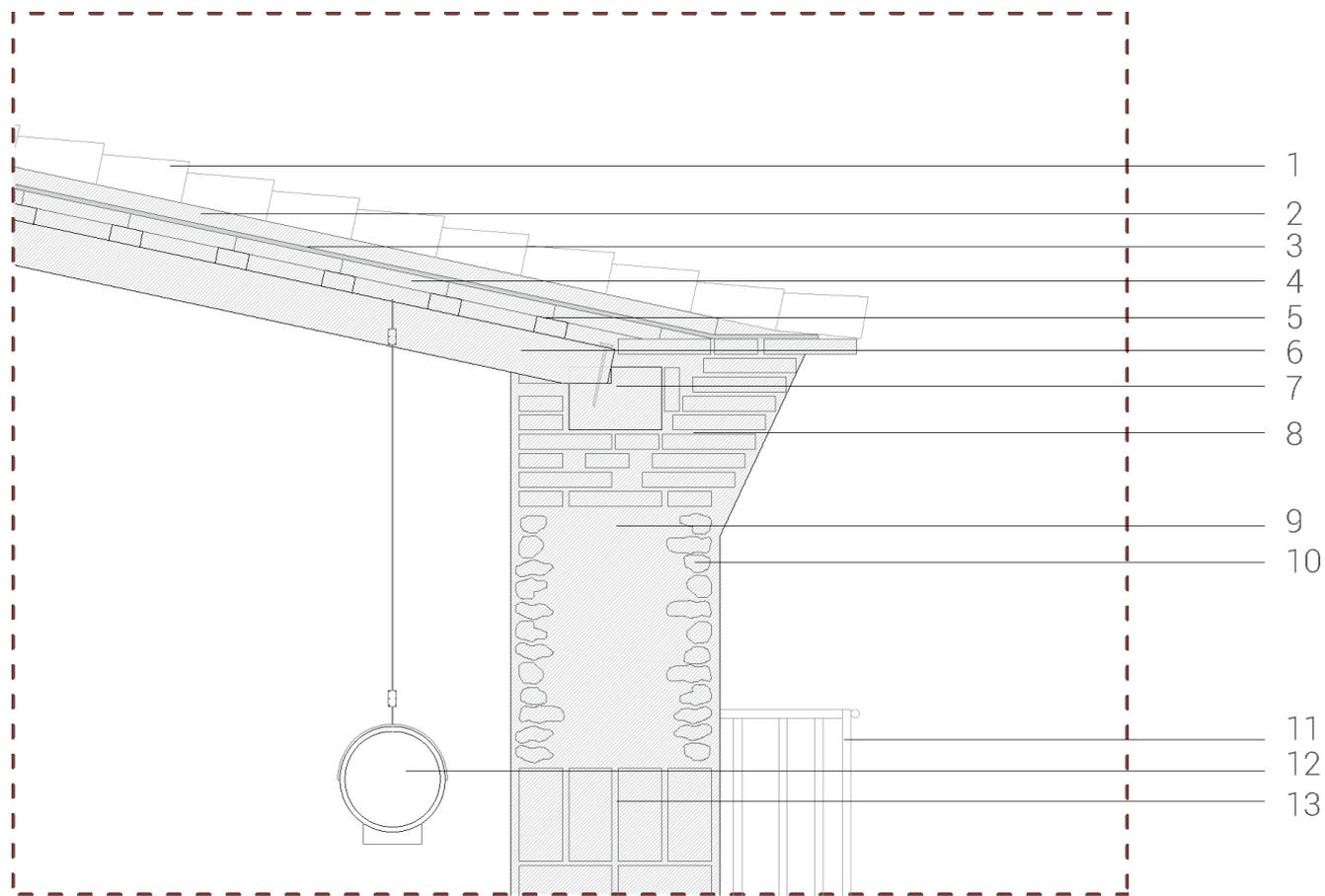
## Detalle de la cubierta de la alquería

1. Cumbre
2. Teja cerámica, sujeta con mortero de agarre
3. Aislante térmico (poliestireno extruido)
4. Lámina impermeable
5. Tablero de rasillas
6. Rastrel de madera
7. Correa de madera
8. Viga de madera
9. Conducto retorno ventilación 25 cm diámetro



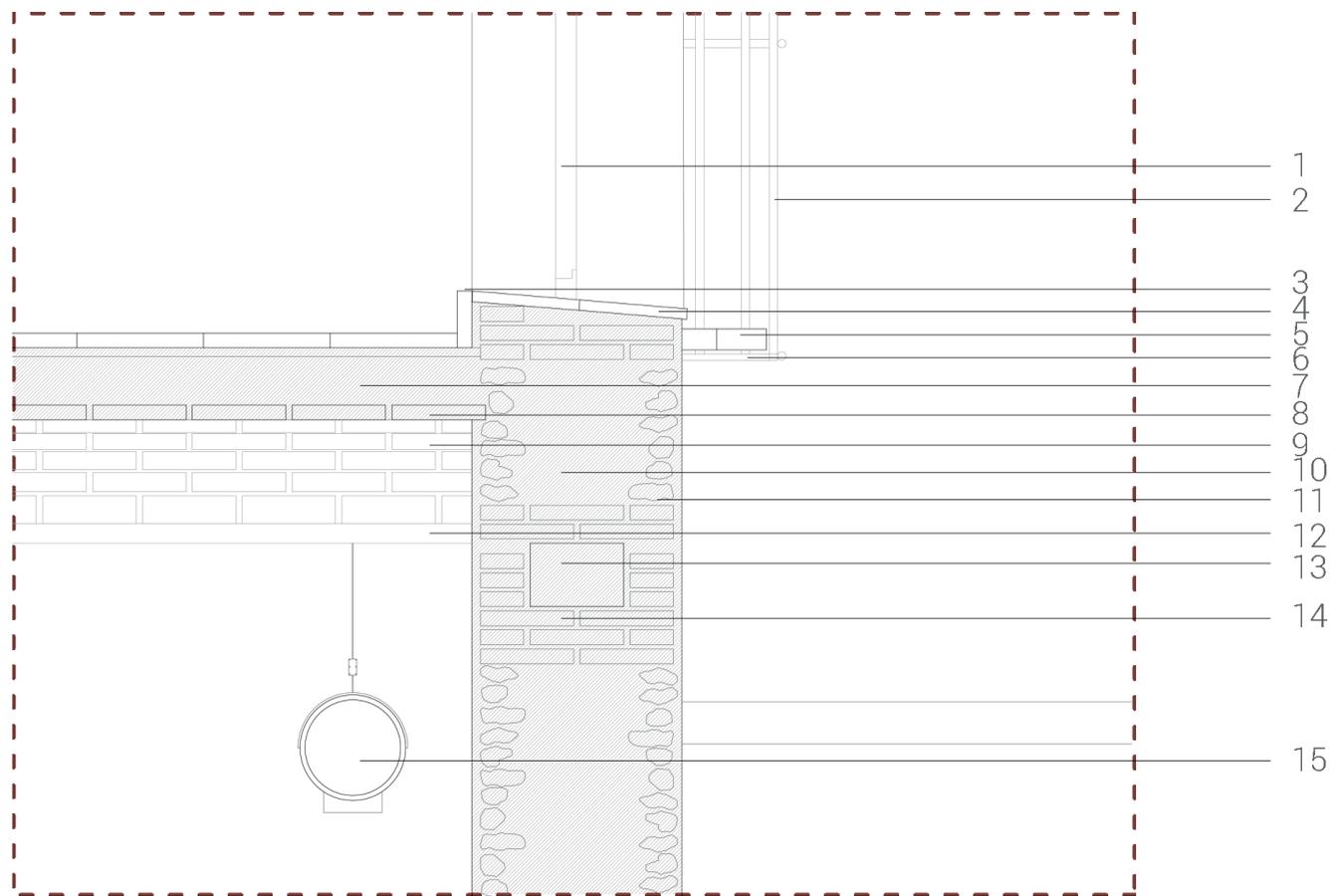
## Detalle del encuentro de la cubierta con la fachada

1. Teja cerámica, sujeta con mortero de agarre
2. Aislante térmico con acanaladuras para recibir mortero de tejas.
3. Lámina impermeable y transpirable
4. Tablero de rasillas
5. Rastrel de madera
6. Correa de madera
7. Correa apoyo de correas de madera
8. Alero de ladrillo
9. Relleno de tierra y cal
10. Muro Mampostería
11. Reja hierro forjado
12. Conducto salida ventilación 25 cm diámetro
13. Arco ladrillo a testa y canto



## Detalle de la fachada

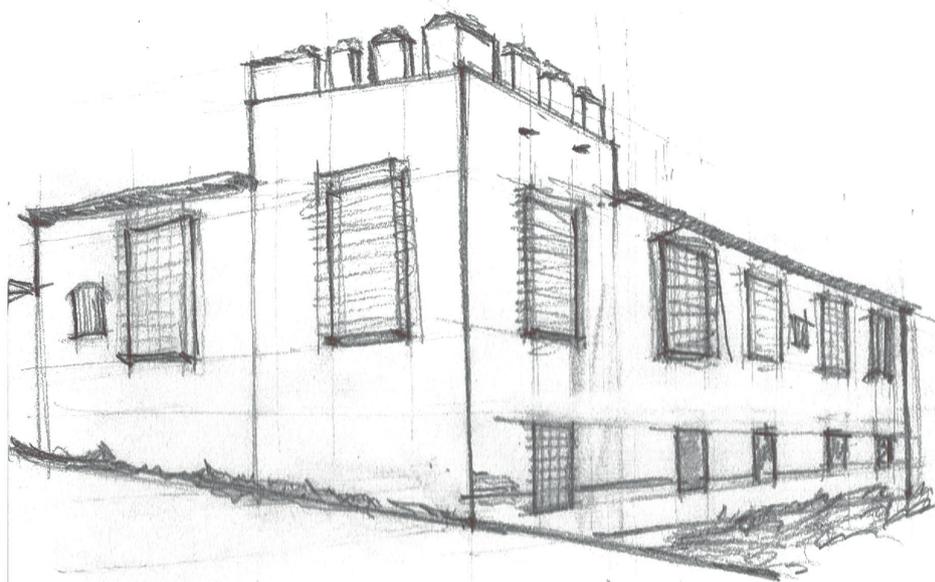
1. Carpintería de madera con cristal de 4 mm
2. Reja de hierro forjado
3. Rodapié cerámico
4. Vierteaguas cerámico
5. Tablero de rasilla
6. Perfil hierro forjado sujeto a reja
7. Relleno de mortero de yeso aligerado
8. Revoltón de rasillas
9. Revoltón de rasillas
10. Relleno de tierra y cal
11. Muro mampostería
12. Vigüeta de madera
13. Correa de apoyo de las vigüetas
14. Ladrillo de tejar
15. Conducto salida ventilación 25 cm diámetro



## **Actuaciones de restauración**

Debido al estado actual en que se encuentran las alquerías necesitan un trabajo de restauración a fondo. Según los desperfectos observados he elaborado una lista de actuaciones que son necesarias, y que se pueden aplicar a ambas alquerías, teniendo en cuenta siempre el entorno en el que nos encontramos y la necesidad de conservar las alquerías lo máximo posible.

Sería necesario un estudio más a fondo para conocer los problemas no visibles, como puede ser la cimentación.



## Grietas

Defectos y causas: la aparición de grietas puede deberse a diferentes causas como al asiento diferencial del terreno, al empuje del forjado, al cambio de materialidad, etc.

Actuación: como se ha actuado reforzando y asegurando la estabilidad de elementos estructurales se evitará su futura aparición; las grietas actuales se sellarán con un producto de materialidad similar a la del enfoscado y sera flexible, a fin de permitir posibles deformaciones. El objetivo de este relleno es evitar la entrada de agua y humedad al interior de cerramiento.



## **Pérdida, lavado y desconchado de material**

Defectos y causas: se producen principalmente por el agua, tanto de la humedad ambiente, como la que corre por la fachada los días de lluvia, penetrando en el interior de la fachada y arrastrando a los materiales a su paso. A esto se suma la poca adherencia que pueda haber entre los materiales, trabajos defectuosos, etc.

Actuación: Se consolidará las superficies en buen estado con un producto consolidante líquido que pueda penetrar en los poros.

La "rehadesión" se realizará mediante la limpieza de juntas y cavidades para eliminar las partes débiles y desprendidas, se realizará un lavado de la superficie, y se rellenará con materiales similares a los utilizados en el momento de la construcción, como enfoscados de tierra y cal.



## **Exfoliación del ladrillo**

Defectos y causas: debido a la pérdida de la capa superficial como el enfoscado, el material interno queda visto, y es más susceptible del ataque por agentes atmosféricos.

Actuación: Se aplica en aquellas zonas vistas, antes del relleno superficial, un consolidante de silicato de estilo, que se caracteriza por una óptima capacidad de penetración, hasta el alcance del núcleo sano del ladrillo; el silanol polimerizará uniéndose a la pieza cerámica dándole la consistencia necesaria.



## Viguetas

Defectos y causas: el forjado muestra en algunas zonas una flecha excesiva, debido al mal estado de algunas viguetas de madera, las causas de este estado se deben a que el edificio ha sufrido varios incendios, y han perdido sección, debido a que la vivienda no está habitada y la madera tiene excesiva humedad, debido a larvas, insectos y hongos xilófagos.

Actuación: Se realizará un estudio de la estabilidad de las viguetas y se sustituirán por otras viguetas de madera de igual sección aquellas que se encuentren en peor estado; las que se puedan recuperar se reforzarán en las uniones con el muro portante mediante calzos de madera, y se protegerán con protectores químicos contra el ataque de insectos y hongos.



## Carpinterías

Defectos y causas: falta de estanqueidad y aislamiento en carpinterías así como alteración cromática y deshidratación de la madera. Esto se debe a que el paso del tiempo y las dilataciones han provocado el desajuste entre marco y ventanas batientes de la carpintería. También, a la exposición durante tantos años al sol ha provocado su deshidratación total, lo que se observa en el agrietamiento de ventanas, así como su decoloración cromática apareciendo surcos y venas en la madera.

Actuación: Las ventanas que se encuentren en un estado aceptable se restaurarán ajustando los elementos para que encajen, a la vez que se sustituyen los vidrios simples por vidrios de mayor aislamiento. También se asegurarán las juntas con siliconas para impedir la entrada de aire. En cuanto a la madera se tratará con sustancias para evitar el envejecimiento de la madera por rayos UV. Para las ventanas que se encuentren en muy mal estado, el carpintero creará otras iguales, pudiéndose diferenciar a simple vista cuáles son las originales y cuáles son las nuevas.



## Vegetación

Defectos y causas: la vegetación en sus formas inferiores como líquenes y hongos puede aparecer debido a humedades elevadas, cubiertas, muros umbríos, etc. Aparecen inicialmente en formas inferiores que van generando suelo y tierra orgánica para posterior colonización de especies vegetales superiores.

Actuación: los líquenes que aparecen en fachada y cubierta se cepillarán con un cepillo duro para su desaparición y se aplicará sulfato de hierro para que desaparezcan en su totalidad. También se emplearán productos fungicidas para evitar su aparición, aunque su uso será muy acotado debido a que puede ser perjudicial para la salud.



## **Espacio público**

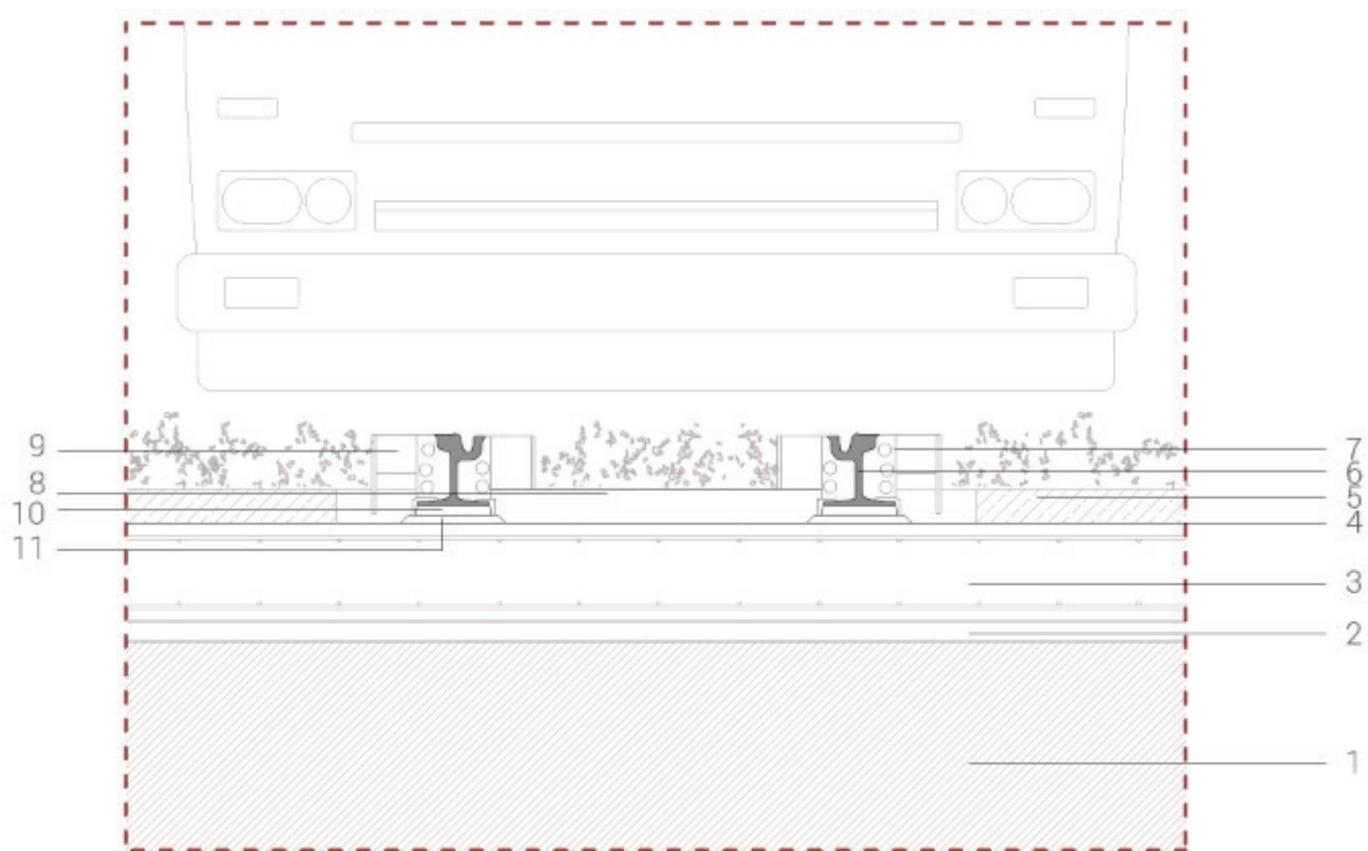
A partir de estas páginas trataré de resolver los elementos significativos del espacio público, junto a todos los elementos que son necesarios para su implantación, como el pavimento mixto, que necesita de un sistema para el mantenimiento del verde. A su vez se tratarán de establecer los criterios que he seguido para la elección de los radios de giro del tranvía teniendo en cuenta su velocidad y la longitud de sus vagones.



Espacio público

## Detalle del tranvía

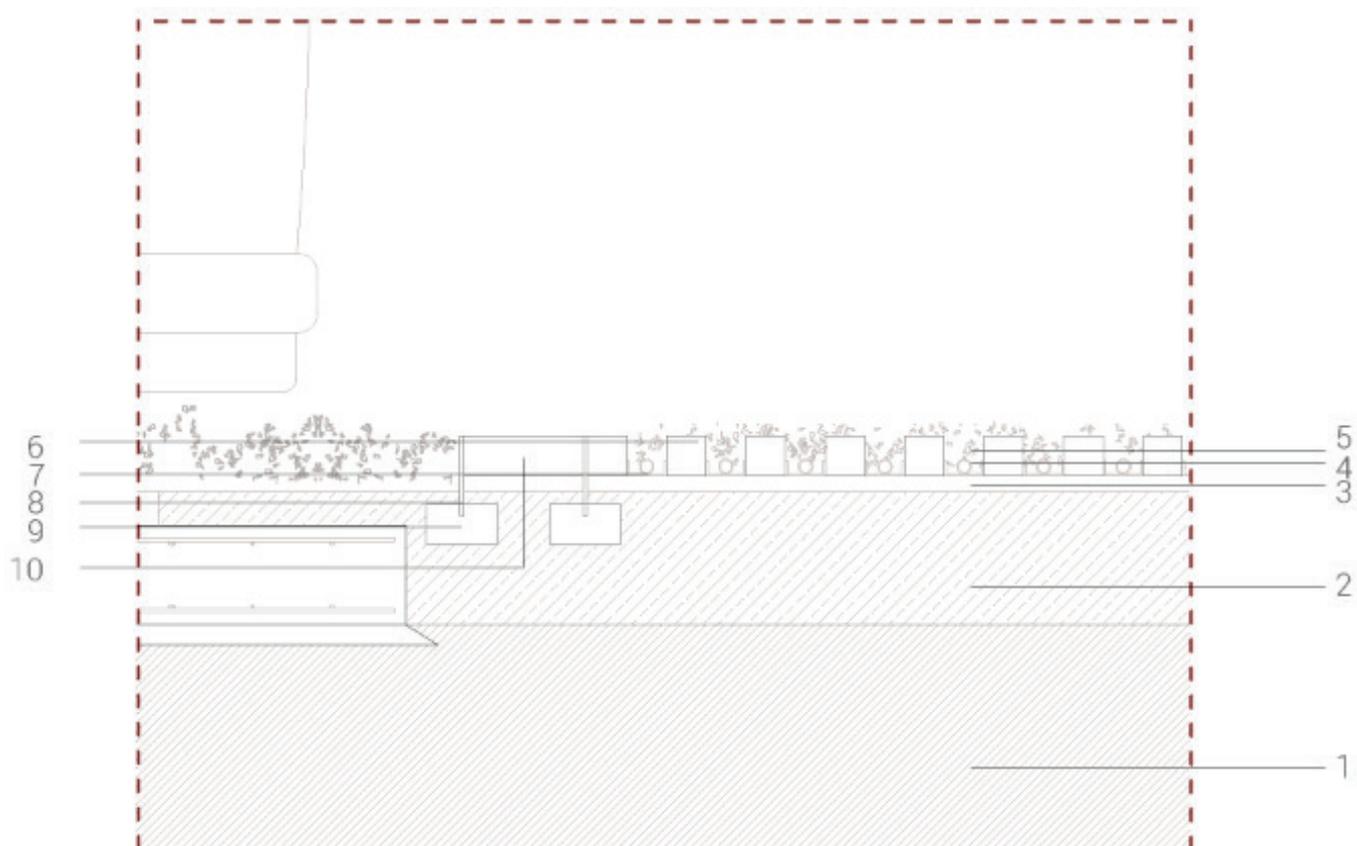
1. Zahorra
2. Hormigón de limpieza
3. Losa de hormigón armado
4. Lámina drenante
5. Tierra vegetal
6. Carril R-55N
7. Placa anclaje riostra
8. Riostra
9. Cauchos tipo Scora
10. Elastómero
11. Placa de anclaje



Detalle 4

## Detalle del pavimento verde

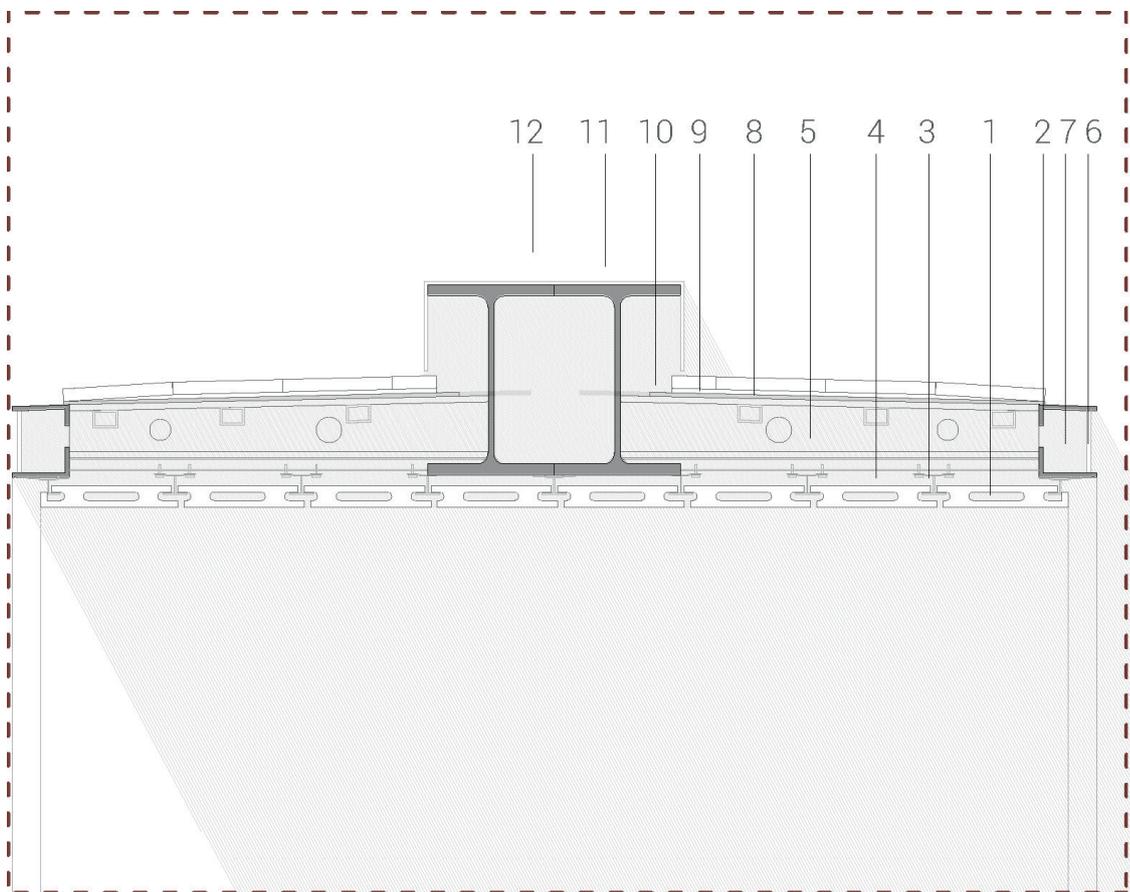
1. Zahorra
2. Tierra compactada
3. Riostra de cemento cada 4 metros lineales
4. Tubo de riego
5. Tierra vegetal
6. Pieza prefabricada tipo adoquín
7. Separador fijado mecánicamente de acero galvanizado
8. Plancha fijación acero galvanizado
9. Base de hormigón
10. Pieza prefabricada hormigón 20 x 30 x 10 cm



Detalle 5

## Detalle de la parada del tranvía

1. Placa GRC
2. Perfil L
3. Anclaje
4. Perfil montaje soldado
5. Viga alveolar en voladizo
6. Metacrilato translucido
7. Luminaria
8. Lamina drenante
9. Mortero de Agarre
10. Baldosa GRC
11. 2 HEB 450 en cajón.
12. Chapa metálica



Detalle 6

## Trazado del tranvía

A continuación se establecerán unos criterios para el trazado del tranvía teniendo en cuenta una serie de principios.

- \_ El confort del viajero.
- \_ Reducir los puntos donde el tranvía tenga que disminuir su velocidad.

Para obtener estos datos me he basado en la tesis doctoral “ Criterios de trazado para la inserción urbana del tranvía”, de Helena Andrés Hilarión, de la Universidad Politécnica de Cataluña.

### Aceleración transversal

Aceleración transversal= $V^2/R$ - g/S

Nivel de comodidad	Sentado (m/s <sup>2</sup> )	De pie (m/s <sup>2</sup> )
Muy bueno	1.0	0.85
Bueno	1.2	1.0
Aceptable	1.4	1.2
Excepcionalmente aceptable	1.5	1.4

Nivel comodida usuario

## Radio mínimo giro

Curvas sin peralte  $V_{max} = \sqrt{(T_{max} \cdot P)}$

Combinando estos datos el radio de giro elegido es de 35 en la calle Cerveró donde no es posible hacerlo más grande; aun así la velocidad de tránsito no se verá muy reducida. El resto de giros es de 50; el giro será confortable y la velocidad no se reducirá.

Fuente	Parámetro	Valor normal	Valor límite
CERTU	Radio mínimo	50 m	20-25 m
TCRP	Radio mínimo	35 m	25 m
CRTM	Radio mínimo	30-40 m	

Radios referencia

### **Cálculo estructural de la parada del tranvía.**

Aquí se calculará la parada del tranvía, se hizo un predimensionado de forma manual, y para la comprobación final se calculo en Cypecad versión 2013n; la estructura se resuelve mediante un pórtico formado por dos vigas HEB 450 en cajon, de la que salen vigas alveolares (costillas) que soportan en la cubierta.

## 1.- DATOS DE OBRA

### 1.1.- Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Hormigón: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

### 1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón	CTE
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
E.L.U. de rotura. Acero laminado	
Tensiones sobre el terreno	Acciones características
Desplazamientos	

#### 1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

##### - Situaciones persistentes o transitorias

###### - Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j=1}^{G_j} G_{kj} + \alpha_1 \sum_{i=1}^{Q_i} Q_{ki}$$

###### - Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j=1}^{G_j} G_{kj} + \sum_{i=1}^{Q_i} Q_{ki}$$

##### - Situaciones sísmicas

###### - Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j=1}^{G_j} G_{kj} + A_E \sum_{i=1}^{Q_i} Q_{ki}$$

###### - Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j=1}^{G_j} G_{kj} + A_E \sum_{i=1}^{Q_i} Q_{ki}$$

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( )		Coeficientes de combinación ( )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\rho$ )	Acompañamiento ( $\alpha$ )
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad ( )		Coeficientes de combinación ( )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\rho$ )	Acompañamiento ( $\alpha$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 <sup>(1)</sup>

Notas:  
<sup>(1)</sup> Fracción de las solicitaciones sísmicas a considerar en la dirección ortogonal: Las solicitaciones obtenidas de los resultados del análisis en cada una de las direcciones ortogonales se combinarán con el 30 % de los de la otra.

### Desplazamientos

Característica		
	Coeficientes parciales de seguridad ( )	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000

Sísmica		
	Coeficientes parciales de seguridad ( )	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sismo (E)	-1.000	1.000

### 1.2.2.- Combinaciones

- Nombres de las hipótesis

PP Peso propio

CM 1 5.50

SX Sismo X

SY Sismo Y

- E.L.U. de rotura. Acero laminado

Comb.	PP	CM 1	SX	SY
1	0.800	0.800		
2	1.350	0.800		
3	0.800	1.350		
4	1.350	1.350		
5	1.000	1.000	-0.300	-1.000
6	1.000	1.000	0.300	-1.000
7	1.000	1.000	-0.300	1.000
8	1.000	1.000	0.300	1.000
9	1.000	1.000	-1.000	-0.300
10	1.000	1.000	1.000	-0.300
11	1.000	1.000	-1.000	0.300
12	1.000	1.000	1.000	0.300

- Desplazamientos

Comb.	PP	CM 1	SX	SY
1	1.000	1.000		
2	1.000	1.000	-1.000	
3	1.000	1.000	1.000	
4	1.000	1.000		-1.000
5	1.000	1.000		1.000

### 1.3.- Sismo

**Norma utilizada:** NCSE-02

Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02

**Método de cálculo:** Análisis mediante espectros de respuesta (NCSE-02, 3.6.2)

#### 1.3.1.- Datos generales de sismo

##### Caracterización del emplazamiento

$a_b$ : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

$a_b$  : 0.060 g

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K : 1.00

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

##### Sistema estructural

Ductilidad (NCSE-02, Tabla 3.1): Ductilidad baja

: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1)

: 5.00 %

**Tipo de construcción (NCSE-02, 2.2):** Construcciones de importancia normal

##### Parámetros de cálculo

Número de modos de vibración que intervienen en el análisis: Según norma

Fracción de sobrecarga de uso

: 0.50

Fracción de sobrecarga de nieve

: 0.50

No se realiza análisis de los efectos de 2º orden

##### Direcciones de análisis

Acción sísmica según X

Acción sísmica según Y

## 2.- ESTRUCTURA

### 2.1.- Geometría

#### 2.1.1.- Nudos

Referencias:

$x, y, z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

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

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

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	$u_x$	$u_y$	$u_z$	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado
N2	0.000	0.000	3.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N3	25.000	0.000	3.500	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N4	26.500	0.000	0.000	X	X	X	X	X	X	Empotrado

#### 2.1.2.- Barras

##### 2.1.2.1.- Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	$\nu$	G (MPa)	$f_y$ (MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S450	210000.00	0.300	81000.00	450.00	0.000012	77.01
<p>Notación:</p> <p><i>E</i>: Módulo de elasticidad  <i><math>\nu</math></i>: Módulo de Poisson  <i>G</i>: Módulo de cortadura  <i><math>f_y</math></i>: Límite elástico  <i><math>\alpha_t</math></i>: Coeficiente de dilatación  <i><math>\gamma</math></i>: Peso específico</p>							

2.1.2.2.- Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S450	N1/N2	N1/N2	2xHEB-200([ ]) (HEB)	3.500	1.00	1.00	-	-
		N2/N3	N2/N3	2xHEB-450([ ]) (HEB)	25.000	0.50	0.50	12.500	12.500
		N4/N3	N4/N3	2xHEB-200([ ]) (HEB)	3.808	1.00	1.00	-	-

**Notación:**  
*Ni:* Nudo inicial  
*Nf:* Nudo final  
 $\beta_{xy}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'  
 $\beta_{xz}$ : Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'  
*Lb<sub>Sup.</sub>:* Separación entre arriostramientos del ala superior  
*Lb<sub>Inf.</sub>:* Separación entre arriostramientos del ala inferior

2.1.2.3.- Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N2 y N4/N3
2	N2/N3

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm <sup>2</sup> )	A <sub>vy</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>vz</sub> (cm <sup>2</sup> )	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>zz</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> (cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Acero laminado	S450	1	HEB-200, Doble en cajón soldado, (HEB) Cordón continuo	156.20	90.00	27.54	11392.00	19626.00	126.80
		2	HEB-450, Doble en cajón soldado, (HEB) Cordón continuo	436.00	234.00	100.30	159774.00	121542.00	1000.00

2.1.2.4.- Tabla de medición

Tabla de medición						
Material		Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso (kg)
Tipo	Designación					
Acero laminado	S450	N1/N2	2xHEB-200([ ]) (HEB)	3.500	0.055	429.16
		N2/N3	2xHEB-450([ ]) (HEB)	25.000	1.090	8556.50
		N4/N3	2xHEB-200([ ]) (HEB)	3.808	0.059	466.91

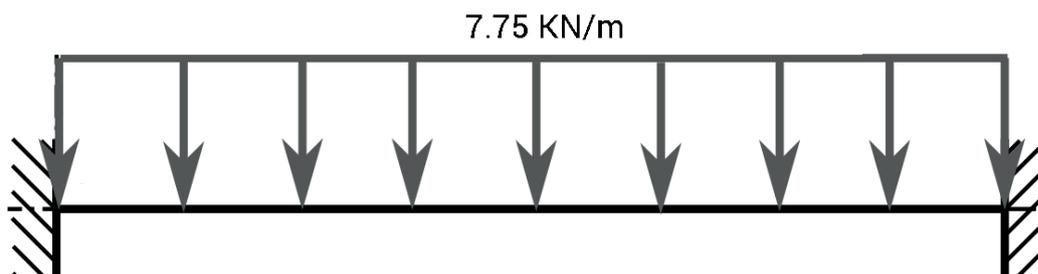
**Notación:**  
*Ni:* Nudo inicial  
*Nf:* Nudo final

## 2.2.- Cargas

### 2.2.1.- Barras

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N2	Peso propio	Uniforme	1.203	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	Peso propio	Uniforme	3.358	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	CM 1	Uniforme	5.396	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N3	Peso propio	Uniforme	1.203	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Elemento	Ámbito (m)	KN/m <sup>2</sup>	KN/m
HEA 500	-	-	2.7
Costillas	-	-	1.5
Piezas cerámicas	2.5	0.5	1.25
GRC	2.5	0.8	2
Chapa metálica	2.5	0.12	0.3
Total	-	-	7.75



## 2.3.- Resultados

### 2.3.1.- Nudos

#### 2.3.1.1.- Desplazamientos

##### 2.3.1.1.3.- Envoltentes

Envolvente de los desplazamientos en nudos								
Referencia	Combinación		Desplazamientos en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Dx (mm)	Dy (mm)	Dz (mm)	Gx (mRad)	Gy (mRad)	Gz (mRad)
N1	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
N2	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-2.449	-10.705	-0.126	-4.471	6.465	-0.599
		Valor máximo de la envolvente	3.285	10.705	-0.121	4.471	7.414	0.599
N3	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	-2.812	-7.795	-1.383	-3.456	-8.462	-0.593
		Valor máximo de la envolvente	2.948	7.795	1.065	3.456	-8.152	0.593
N4	Desplazamientos	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

#### 2.3.1.2.- Reacciones

##### 2.3.1.2.3.- Envoltentes

Envoltentes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx (kN)	Ry (kN)	Rz (kN)	Mx (kN-m)	My (kN-m)	Mz (kN-m)
N1	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	117.026	-8.792	116.839	-30.67	120.28	-0.01
		Valor máximo de la envolvente	205.043	8.792	188.802	30.67	228.07	0.01
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	117.026	-8.792	116.839	-30.67	120.28	-0.01
		Valor máximo de la envolvente	139.278	8.792	119.164	30.67	164.81	0.01
N4	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-205.043	-8.644	108.453	-30.22	-145.62	-12.93
		Valor máximo de la envolvente	-120.294	8.644	175.385	30.22	-77.64	12.93
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-136.010	-8.644	108.453	-30.22	-104.38	-12.93
		Valor máximo de la envolvente	-120.294	8.644	110.778	30.22	-77.64	12.93

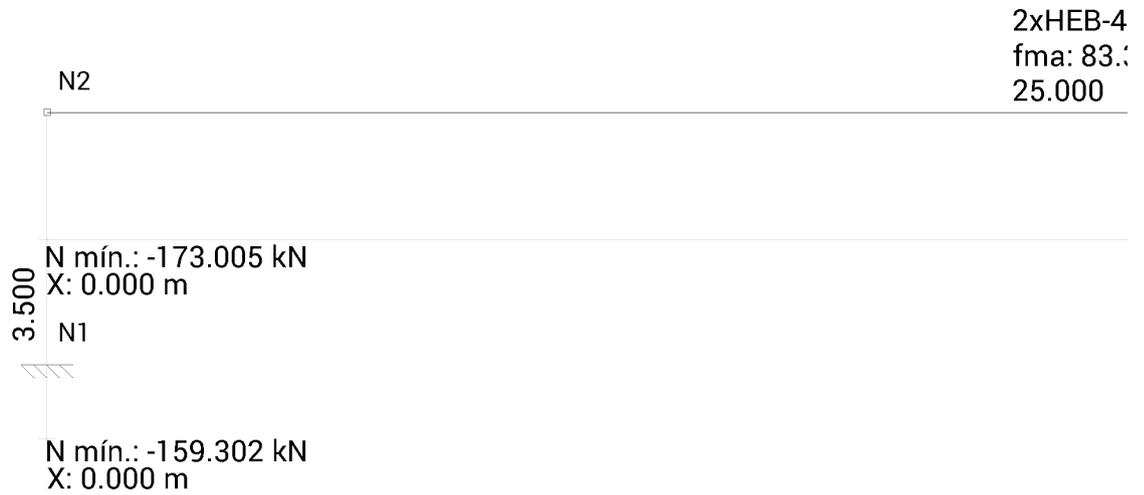
2.3.2.- Barras

2.3.2.1.- Esfuerzos

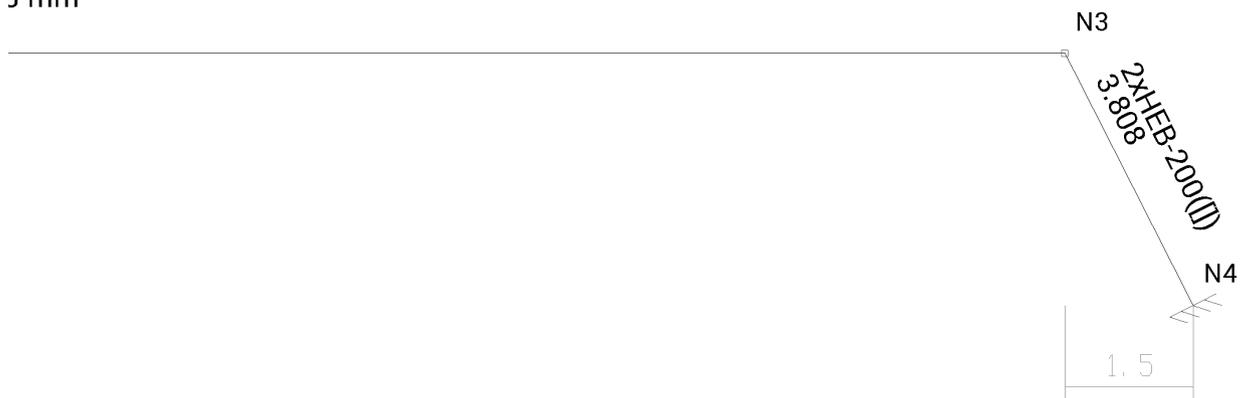
2.3.2.1.3.- Envoltentes

Envoltentes de los esfuerzos en barras												
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra									
			0.000 m	0.438 m	0.875 m	1.313 m	1.750 m	2.188 m	2.625 m	3.063 m	3.500 m	
N1/N2	Acero laminado	N <sub>min</sub>	-159.302	-158.592	-157.881	-157.171	-156.460	-155.750	-155.039	-154.329	-153.619	
		N <sub>máx</sub>	-94.401	-93.980	-93.559	-93.138	-92.717	-92.296	-91.875	-91.454	-91.033	
		V <sub>ymin</sub>	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005
		V <sub>ymáx</sub>	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522
		V <sub>zmin</sub>	-8.792	-8.792	-8.792	-8.792	-8.792	-8.792	-8.792	-8.792	-8.792	-8.792
		V <sub>zmáx</sub>	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792	8.792
		M <sub>tmin</sub>	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01
		M <sub>tmax</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		M <sub>ymin</sub>	-30.67	-26.82	-22.97	-19.13	-15.28	-11.43	-7.59	-3.75	-0.11	
		M <sub>ymáx</sub>	30.67	26.82	22.97	19.13	15.28	11.43	7.59	3.75	0.11	
		M <sub>zmin</sub>	-192.44	-116.75	-42.94	17.99	65.38	110.23	155.08	199.94	244.79	

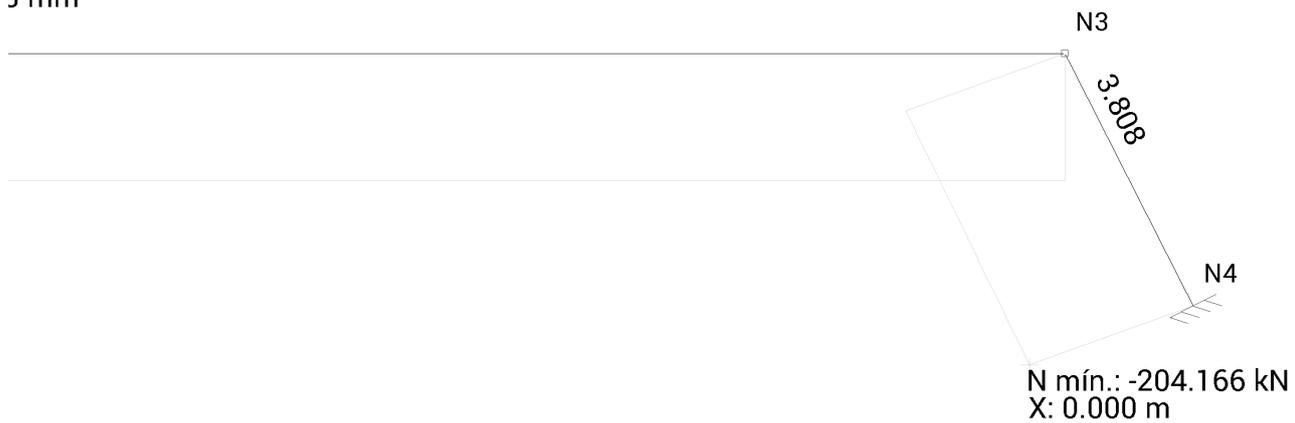
Envoltentes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	3.125 m	6.250 m	9.375 m	12.500 m	15.625 m	18.750 m	21.875 m	25.000 m
N2/N3	Acero laminado	N <sub>min</sub>	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005	-173.005
		N <sub>máx</sub>	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522	-102.522
		V <sub>ymin</sub>	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003	-0.003
		V <sub>ymáx</sub>	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
		V <sub>zmin</sub>	-153.619	-116.692	-79.764	-42.837	-5.910	18.380	40.263	62.146	84.028
		V <sub>zmáx</sub>	-91.033	-69.151	-47.268	-25.385	-3.215	31.017	67.944	104.871	141.798
		M <sub>tmin</sub>	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11	-0.11
		M <sub>tmax</sub>	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
		M <sub>ymin</sub>	-413.08	-6.17	187.40	300.92	346.06	322.81	231.18	71.17	-265.32
		M <sub>ymáx</sub>	-244.79	19.92	316.24	507.81	583.97	544.75	390.12	120.10	-157.23
		M <sub>zmin</sub>	-0.01	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.04	-0.05	-0.06	-0.07

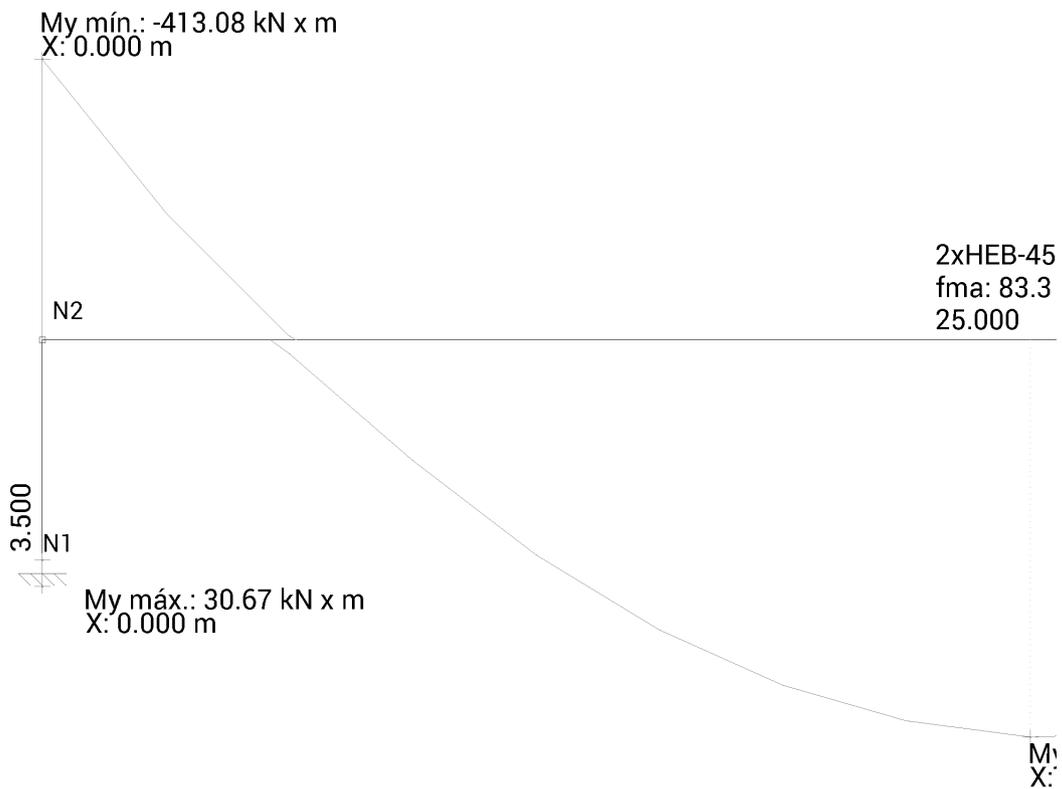
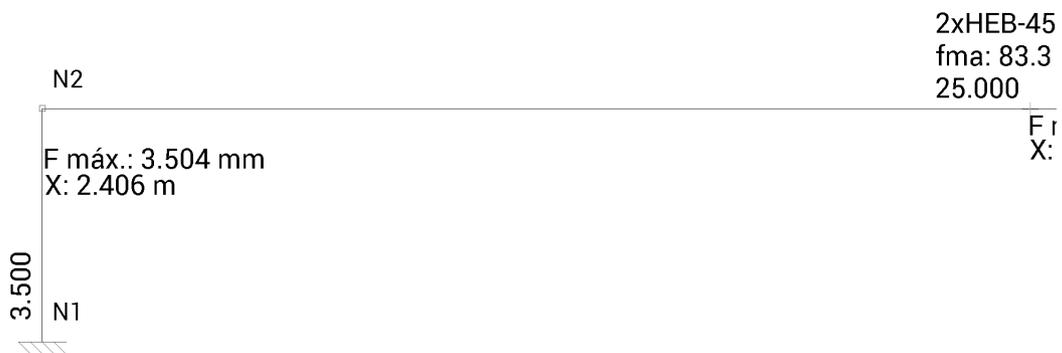


50(I)  
3 mm



50(I)  
3 mm





$\theta(\text{II})$   
mm

náx.: 75.028 mm  
12.500 m

F máx.: 4.557 mm  
X: 2.618 m

N3

3.808

N4

$\theta(\text{II})$   
mm

$\gamma$  máx.: 583.97 kN x m  
12.500 m

My mín.: -265.32 kN x  
X: 3.808 m

N3

3.808

N4

My máx.: 122.86 kN x m  
X: 0.000 m

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.476 m	0.952 m	1.428 m	1.904 m	2.380 m	2.856 m	3.332 m	3.808 m
N4/N3	Acero laminado	$N_{min}$	-204.166	-203.456	-202.745	-202.035	-201.324	-200.614	-199.904	-199.193	-198.483
		$N_{max}$	-120.987	-120.566	-120.145	-119.724	-119.303	-118.882	-118.461	-118.040	-117.619
		$V_{ymin}$	-8.644	-8.644	-8.644	-8.644	-8.644	-8.644	-8.644	-8.644	-8.644
		$V_{ymax}$	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644	8.644
		$V_{Zmin}$	59.688	59.869	60.049	60.230	60.410	60.591	60.771	60.951	61.132
		$V_{Zmax}$	100.724	101.029	101.333	101.638	101.942	102.247	102.551	102.856	103.160
		$M_{tmin}$	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
		$M_{tmax}$	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
		$M_{ymin}$	72.81	44.35	12.84	-21.62	-70.07	-118.66	-167.40	-216.29	-265.32
		$M_{ymax}$	122.86	74.85	26.70	-12.31	-41.52	-70.32	-99.20	-128.17	-157.23
		$M_{Zmin}$	-32.87	-28.76	-24.64	-20.53	-16.41	-12.30	-8.18	-4.07	-0.12

### 2.3.2.2.- Resistencia

Referencias:

N: Esfuerzo axial (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN) Vz:

Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN) Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m) Mz: Momento flector

en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Origen de los esfuerzos pésimos:

- G: Sólo gravitatorias
- GV: Gravitatorias + viento
- GS: Gravitatorias + sismo
- GVS: Gravitatorias + viento + sismo

: Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que 100 %.

Comprobación de resistencia										
Barra	(%)	Posición (m)	Esfuerzos pésimos						Origen	Estado
			N (kN)	Vy (kN)	Vz (kN)	Mt (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)		
N1/N2	85.10	3.500	-153.619	-173.005	0.000	0.00	0.00	413.08	G	Cumple
N2/N3	19.82	12.500	-173.005	0.000	-5.910	0.00	583.97	0.00	G	Cumple
N4/N3	53.03	3.808	-198.483	0.000	103.160	0.00	-265.32	0.00	G	Cumple

2.3.2.3.- Flechas

Referencias:

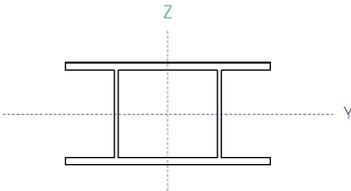
Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.

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

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N1/N2	2.406	3.50	0.000	0.00	2.406	3.50	0.000	0.00
	2.406	L/998.8	-	L/(>1000)	2.406	L/998.8	-	L/(>1000)
N2/N3	0.000	0.00	12.500	75.03	0.000	0.00	12.500	75.03
	-	L/(>1000)	12.500	L/333.2	-	L/(>1000)	12.500	L/333.2
N4/N3	0.000	0.00	2.618	4.56	0.000	0.00	2.618	4.56
	-	L/(>1000)	2.618	L/835.7	-	L/(>1000)	2.618	L/835.7

2.3.2.4.- Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Barra N1/N2

Perfil: HEB-200, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) Material: Acero (S450)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_y^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )
	N1	N2	3.500	156.20	11392.00	19626.00	126.80
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
				Pandeo		Pandeo lateral	
				Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
				1.00	1.00	0.00	0.00
	$L_k$		3.500	3.500	3.500	0.000	0.000
	$C_m$		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	$C_1$			-		1.000	
Notación: $C_1$ : Coeficiente de pandeo $L_k$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico							

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

: 0.60



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:** 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>:** 450.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>:** 9637.25 kN

La tensión crítica elástica de pandeo  $\sigma_{cr}$  es el valor de la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

$$i_0^2 \sigma_{cr}^3 - (\sigma_{cr,y}^2 i_y^2 + \sigma_{cr,z}^2 i_z^2 + \sigma_{cr,T}^2 I_t) \sigma_{cr} + \sigma_{cr,y}^2 \sigma_{cr,z}^2 y_0^2 = 0$$

**$\sigma_{cr}$ :** 1233.96 MPa

Donde:

**$\sigma_{cr,y}$ :** Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Y.

**$\sigma_{cr,y}$ :** 1233.96 MPa

**$\sigma_{cr,z}$ :** Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Z.

**$\sigma_{cr,z}$ :** 2125.86 MPa

**$\sigma_{cr,T}$ :** Tensión crítica elástica de pandeo por torsión de la sección compuesta.

**$\sigma_{cr,T}$ :** \_\_\_\_\_

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>:** 11392.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>:** 19626.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>:** 126.80 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>:** 0.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E:** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G:** 81000 MPa

**y:** Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Y, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

**y:** 41.0

**z:** Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Z, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

**z:** 31.2

**L<sub>xt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>xt</sub>:** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>:** 14.09 cm

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>, i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>:** 8.54 cm

**i<sub>z</sub>:** 11.21 cm

**y<sub>0</sub>, z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**y<sub>0</sub>:** 0.00 mm

**z<sub>0</sub>:** 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8) Se debe

satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

18.89 99.98



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$h_w$  : 170.00 mm

$t_w$  : 9.00 mm

$A_w$  : 15.30 cm<sup>2</sup>

$A_{fc,ef}$  : 30.00 cm<sup>2</sup>

$k$  : 0.30

$E$  : 210000 MPa

$f_{yf}$  : 450.00 MPa

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

: 0.468



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 1567.02 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$  : 3347.14 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 78.10 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.514 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

: 0.656 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

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

$N_{c,Ed}$  : 1720.63 kN

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

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$

$N_{c,Rd}$  : 3347.14 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** : 1

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

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$**  : 428.57 MPa

$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 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:

$$N_{b,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{2621.08} \text{ kN}$$

Donde:

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.

$$f_{yd} : \underline{428.57} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / m_1$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{450.00} \text{ MPa}$$

$m_1$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$m_1 : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\sqrt{\alpha \cdot \lambda^2 + 0.2}}$$

$$\chi : \underline{0.78}$$

Siendo:

$$\alpha = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right]$$

$$\alpha : \underline{0.78}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.60}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{9637.25} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.056



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX+SY.

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

$M_{Ed}^+$  : 15.33 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

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

$M_{Ed}^-$  : 15.33 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$  : 275.14 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.

$W_{pl,y}$  : 642.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2) 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.324



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

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

$M_{Ed}^+$  : 42.16 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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$  : 130.05 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.

$W_{pl,z}$  : 303.44 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.010 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-0.3-SX-SY.

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

$V_{Ed}$  : 4.40 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 445.38 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 18.00 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

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.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4) Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 18.89 \quad 50.59$$

Donde:

$w$ : Esbeltez del alma.

$$w : \underline{18.89}$$

$$w = \frac{d}{t_w}$$

$w_{\max}$ : Esbeltez máxima.

$$w_{\max} : \underline{50.59}$$

$$w_{\max} = 70$$

$\alpha$ : Factor de reducción.

$$\alpha : \underline{0.72}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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)

$$f_y : \underline{450.00} \text{ MPa}$$

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.056



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-CM1.

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

$V_{Ed}$  : 86.50 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 1553.90 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 62.80 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 78.10 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 170.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

4.40 kN    222.69 kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

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

$V_{Ed}$  : 4.40 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 445.38 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

86.50 kN    776.95 kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

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

$V_{Ed}$  : 86.50 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 1553.90 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

: 0.838 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

: 0.851 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

: 0.838 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-CM1. Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresión 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 compresión de la sección bruta.

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

$N_{c,Ed}$  : 1720.63 kN

$M_{y,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

$M_{z,Ed}^-$  : 42.16 kN·m

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$  : 3347.14 kN

$M_{pl,Rd,y}$  : 275.14 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 130.05 kN·m

**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.

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} = f_y / m_1$$

Siendo:

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

$m_1$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

A : 78.10 cm<sup>2</sup>

$W_{pl,y}$  : 642.00 cm<sup>3</sup>

$W_{pl,z}$  : 303.44 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_1$  : 1.05

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 - \eta_y \cdot 0.2 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}}$$

$k_y$  : 1.27

$$k_z = 1 - \eta_z \cdot 0.6 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}}$$

$k_z$  : 1.00

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

$C_{m,y}$  : 1.00

$C_{m,z}$  : 1.00

$\eta_y, \eta_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\eta_y$  : 0.78

$\eta_z$  : 1.00

$\eta_y, \eta_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\eta_y$  : 0.60

$\eta_z$  : 0.02

$\eta_y, \eta_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\eta_y$  : 0.60

$\eta_z$  : 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·CM1.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

86.50 kN    776.95 kN

Donde:

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

$V_{Ed,y}$  : 86.50 kN

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

$V_{c,Rd,y}$  : 1553.90 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

< 0.001



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

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

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} W_T f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$  : 10.46 kN·m

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 42.27 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

: 0.003 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

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

$V_{Ed}$  : 1.32 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{\frac{V_{pl,Rd}^2}{1.25 \cdot \frac{T_{Ed}}{f_{yd}} / \sqrt{3}}} V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$  : 445.38 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$  : 445.38 kN

$T_{Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$T_{Ed}$  : 0.00 MPa

$$T_{Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 42.27 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

: 0.041



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

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

$V_{Ed}$  : 64.08 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{\frac{M_{T,Ed}}{1.25 f_{yd} / \sqrt{3}}} V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$  : 1553.89 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$  : 1553.90 kN

$t_{Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$t_{Ed}$  : 0.00 MPa

$$t_{Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_t$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_t$  : 42.27 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

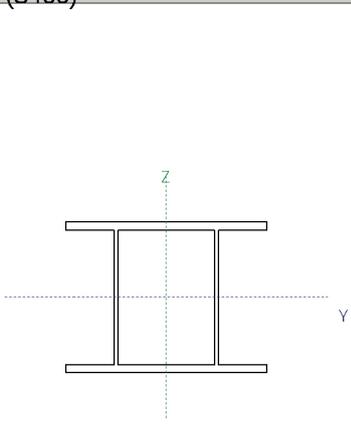
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

Barra N2/N3

Perfil: HEB-450, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) Material: Acero (S450)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
		N2	N3	25.000	436.00	159774.00	121542.00
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
			0.50	0.50	0.50	0.50	
	L <sub>x</sub>		12.500	12.500	12.500	12.500	
	C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
	C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: : Coeficiente de pandeo L <sub>x</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

**Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

: 1.08

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 :** 3

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

**A :** 218.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 430.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 8061.12 kN

La tensión crítica elástica de pandeo  $\sigma_{cr}$  es el valor de la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

$$i_0^2 \sigma_{cr,y}^3 - (\sigma_{cr,y} \sigma_{cr,z} + \sigma_{cr,y} \sigma_{cr,T} + \sigma_{cr,z} \sigma_{cr,T}) i_0^2 \sigma_{cr,y} + \sigma_{cr,z} \sigma_{cr,T} Y_0^2 \sigma_{cr,y} - \sigma_{cr,z} \sigma_{cr,T} Z_0^2 = 0$$

**\sigma\_{cr} :** 369.78 MPa

Donde:

**\sigma<sub>cr,y</sub>:** Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Y.

**\sigma<sub>cr,y</sub> :** 486.09 MPa

**\sigma<sub>cr,z</sub>:** Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Z.

**\sigma<sub>cr,z</sub> :** 369.78 MPa

**\sigma<sub>cr,T</sub>:** Tensión crítica elástica de pandeo por torsión de la sección compuesta.

**\sigma<sub>cr,T</sub> :** \_\_\_\_\_

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub> :** 159774.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub> :** 121542.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub> :** 1000.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub> :** 0.00 cm<sup>6</sup>

**E:** Módulo de elasticidad.

**E :** 210000 MPa

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

**G :** 81000 MPa

**y:** Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Y, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

**y :** 65.3

**z:** Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Z, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

**z :** 74.9

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub> :** 0.000 m

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub> :** 25.40 cm

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + Y_0^2 + Z_0^2 \cdot 0.5$$

Siendo:

**i<sub>y</sub>, i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub> :** 19.14 cm

**i<sub>z</sub> :** 16.70 cm

**Y<sub>0</sub>, Z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**Y<sub>0</sub> :** 0.00 mm

**Z<sub>0</sub> :** 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8) Se debe

satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

28.43 123.83



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$h_w$  : 398.00 mm

$t_w$  : 14.00 mm

$A_w$  : 55.72 cm<sup>2</sup>

$A_{fc,ef}$  : 78.00 cm<sup>2</sup>

$k$  : 0.30

$E$  : 210000 MPa

$f_{yf}$  : 430.00 MPa

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.010



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

: 0.020



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

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

$N_{c,Ed}$  : 86.50 kN

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

$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$

$N_{c,Rd}$  : 8927.62 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** : 3

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

**A** : 218.00 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$**  : 409.52 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

**$f_y$**  : 430.00 MPa

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M0}$**  : 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:

$$N_{b,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{4427.01} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{218.00} \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{409.52} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / m_1$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{430.00} \text{ MPa}$$

$m_1$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$m_1 : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\sqrt{\alpha \cdot \lambda^2 + 1}}$$

$$\chi : \underline{0.50}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]^{0.5}$$

$$\Phi : \underline{1.30}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{1.08}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{8061.12} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.179



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 12.500 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

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

$M_{Ed}^+$  : 291.99 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:

$$M_{c,Rd} = W_{ply} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$  : 1629.90 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

$W_{ply}$ : Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{ply}$  : 3980.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 409.52 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 430.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2) 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

< 0.001



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 23.438 m del nudo N2, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3-SX-SY.

\*: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{Ed}$

$M_{Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 23.438 m del nudo N2, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3-SX+SY.

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

$M_{Ed}^- : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd} : \underline{487.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$

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.

$W_{pl,z} : \underline{1189.50} \text{ cm}^3$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{409.52} \text{ MPa}$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo:

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

$f_y : \underline{430.00} \text{ MPa}$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.052 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-CM1.

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

$V_{Ed}$  : 76.81 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 1489.56 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 63.00 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$h$  : 450.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 14.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 409.52 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 430.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4) Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

28.43

51.75

Donde:

$w$ : Esbeltez del alma.

$w$  : 28.43

$$w = \frac{d}{t_w}$$

$w_{\max}$ : Esbeltez máxima.

$w_{\max}$  : 51.75

$$w_{\max} = 70$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$  : 0.74

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

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

$f_y$  : 430.00 MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

< 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

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

$V_{Ed}$  : 0.00 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 3836.93 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 162.28 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$A$  : 218.00 cm<sup>2</sup>

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 398.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 14.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 409.52 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 430.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

76.81 kN    744.78 kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

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

$V_{Ed}$  : 76.81 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 1489.56 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.00 kN    1918.46 kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

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

$V_{Ed}$  : 0.00 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 3836.93 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad : \quad \underline{0.189} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\gamma_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad : \quad \underline{0.198} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad : \quad \underline{0.128} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>ésimos</sup> se producen en un punto situado a una distancia de 12.500 m del nudo N2, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$N_{c,Ed}$ : Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p<sup>ésimo</sup>.

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de c3lculo p<sup>ésimos</sup>, seg<sup>un</sup> los ejes Y y Z, respectivamente.

**Clase**: Clase de la secci3n, seg<sup>un</sup> la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$N_{c,Ed} : \underline{86.50} \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{291.99} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{8927.62} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{1629.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{487.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: 3rea de la secci3n bruta.

$W_{pl,y}$ ,  $W_{pl,z}$ : M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$f_{yd}$ : Resistencia de c3lculo del acero.

$$A : \underline{218.00} \text{ cm}^2$$

$$W_{pl,y} : \underline{3980.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{1189.50} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{409.52} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} \quad f_y \quad / \quad M1$$

$k_y, k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 - \eta_y \cdot \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}}$$

$k_y$  : 1.01

$$k_z = 1 - \eta_z \cdot \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}}$$

$k_z$  : 1.03

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

$C_{m,y}$  : 1.00

$C_{m,z}$  : 1.00

$\eta_y, \eta_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\eta_y$  : 0.58

$\eta_z$  : 0.50

$\eta_y, \eta_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\eta_y$  : 0.94

$\eta_z$  : 1.08

$\eta_y, \eta_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$\eta_y$  : 0.60

$\eta_z$  : 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·CM1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

76.81 kN    744.77 kN

Donde:

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

$V_{Ed,z}$  : 76.81 kN

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

$V_{c,Rd,z}$  : 1489.54 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$< \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

$M_{T,Ed}$ : 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:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} W_T f_{yd}$$

$$M_{T,Rd} : \underline{45.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{192.31} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{409.52} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{430.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

: 0.038



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N2, para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3-SY.

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

$V_{Ed}$  : 56.90 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{\frac{M_{T,Ed}}{1.25 f_{yd} / \sqrt{3}}} V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$  : 1489.54 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$  : 1489.56 kN

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

$t_{T,Ed}$  : 0.01 MPa

$$t_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 192.31 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 409.52 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 430.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

< 0.001



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

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

$V_{Ed}$  : 0.00 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{\frac{T_{Ed}}{1.25 f_{yd} / \sqrt{3}}} V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$  : 3836.87 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$  : 3836.93 kN

$T_{Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$T_{Ed}$  : 0.01 MPa

$$T_{Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_t$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_t$  : 192.31 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 409.52 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

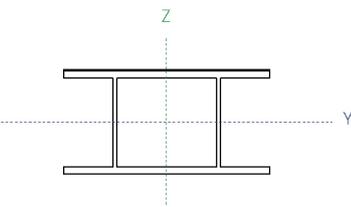
$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y$  : 430.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

Barra N4/N3

Perfil: HEB-200, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) Material: Acero (S450)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_y^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )
	N4	N3	3.808	156.20	11392.00	19626.00	126.80
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.			
	1.00	1.00	0.00	0.00			
$L_k$	3.808	3.808	0.000	0.000			
$C_m$	1.000	1.000	1.000	1.000			
$C_1$	-		1.000				
Notación: : Coeficiente de pandeo $L_k$ : Longitud de pandeo (m) $C_m$ : Coeficiente de momentos $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico							

### Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

: 0.66



Donde:

**Clase:** Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

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

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

La tensión crítica elástica de pandeo  $\sigma_{cr}$  es el valor de la menor de las raíces de la siguiente ecuación cúbica:

$$i_0^2 \sigma_{cr}^3 - \sigma_{cr}^2 (i_y^2 \sigma_{cr,y} + i_z^2 \sigma_{cr,z} + i_t^2 \sigma_{cr,T}) + \sigma_{cr} (i_y^2 \sigma_{cr,y}^2 + i_z^2 \sigma_{cr,z}^2 + i_t^2 \sigma_{cr,T}^2) - Y_0^2 \sigma_{cr} \sigma_{cr,y} - Z_0^2 \sigma_{cr} \sigma_{cr,z} = 0$$

Donde:

$\sigma_{cr,y}$ : Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Y.

$\sigma_{cr,z}$ : Tensión crítica elástica de pandeo por flexión de la sección compuesta, alrededor del eje Z.

$\sigma_{cr,T}$ : Tensión crítica elástica de pandeo por torsión de la sección compuesta.

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

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

$i_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$i_w$ : Constante de alabeo de la sección.

**E:** Módulo de elasticidad.

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$y_0$ : Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Y, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

$z_0$ : Esbeltez mecánica de la sección compuesta, respecto al eje Z, calculada teniendo en cuenta el tipo de enlaces y su separación.

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

$i_0$ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \cdot 0.5$$

Siendo:

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

$y_0, z_0$ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

**Clase:** 1

**A:** 78.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** 450.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** 8141.81 kN

$\sigma_{cr}$ : 1042.49 MPa

$\sigma_{cr,y}$ : 1042.49 MPa

$\sigma_{cr,z}$ : 1795.98 MPa

$\sigma_{cr,T}$ :                     

$i_y$ : 11392.00 cm<sup>4</sup>

$i_z$ : 19626.00 cm<sup>4</sup>

$i_t$ : 126.80 cm<sup>4</sup>

$i_w$ : 0.00 cm<sup>6</sup>

**E:** 210000 MPa

**G:** 81000 MPa

$y_0$ : 44.6

$z_0$ : 34.0

$L_{kt}$ : 0.000 m

$i_0$ : 14.09 cm

$i_y$ : 8.54 cm

$i_z$ : 11.21 cm

$y_0$ : 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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

18.89 99.98



Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$t_w$ : Espesor del alma.

$A_w$ : Área del alma.

$A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida.

$k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$E$ : Módulo de elasticidad.

$f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} \quad f_y$$

$h_w$  : 170.00 mm

$t_w$  : 9.00 mm

$A_w$  : 15.30 cm<sup>2</sup>

$A_{fc,ef}$  : 30.00 cm<sup>2</sup>

$k$  : 0.30

$E$  : 210000 MPa

$f_{yf}$  : 450.00 MPa

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

: 0.016

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$  : 55.18 kN

La resistencia de cálculo a tracción  $N_{t,Rd}$  viene dada por:

$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$

$N_{t,Rd}$  : 3347.14 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 78.10 cm<sup>2</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.062 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

: 0.082 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX+SY.

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

$N_{c,Ed}$  : 206.42 kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$  : 3347.14 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** : 1

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

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

**$f_{yd}$ :** Resistencia de cálculo del acero.

**$f_{yd}$**  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

**$f_y$**  : 450.00 MPa

**$\gamma_{M0}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**$\gamma_{M0}$**  : 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:

$$N_{b,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{2514.05} \text{ kN}$$

Donde:

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.

$$f_{yd} : \underline{428.57} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / m_1$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{450.00} \text{ MPa}$$

$m_1$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$m_1 : \underline{1.05}$$

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\sqrt{\alpha \cdot \lambda^2 + 0.2}}$$

$$\chi : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\Phi : \underline{0.83}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.66}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : \underline{8141.81} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.482



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 N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

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

$M_{Ed}^-$ : 132.66 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$ : 275.14 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.

$W_{pl,y}$ : 642.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_y$ : 450.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2) 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.026



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

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

$M_{Ed}^+$  : 3.35 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX+SY.

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

$M_{Ed}^-$  : 3.35 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$  : 130.05 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.

$W_{pl,z}$  : 303.44 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.116 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

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

$V_{Ed}$  : 51.58 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 445.38 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 18.00 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

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.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / m_0$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$m_0$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$m_0$  : 1.05

**Abolladura por cortante del alma:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4) Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

18.89 50.59

Donde:

$w$ : Esbeltez del alma.

$w$  : 18.89

$$w = \frac{d}{t_w}$$

$w_{\max}$ : Esbeltez máxima.

$w_{\max}$  : 50.59

$$w_{\max} = 70$$

$\alpha$ : Factor de reducción.

$\alpha$  : 0.72

$$\alpha = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

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

$f_y$  : 450.00 MPa

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

: 0.003 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-0.3·SX-SY.

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

$V_{Ed}$  : 4.32 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$  : 1553.90 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 62.80 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

A : 78.10 cm<sup>2</sup>

d: Altura del alma.

d : 170.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 9.00 mm

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

50.36 kN    222.69 kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35-PP+1.35-CM1.

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

$V_{Ed}$  : 50.36 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 445.38 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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

4.32 kN    776.95 kN

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+CM1-0.3-SX-SY.

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

$V_{Ed}$  : 4.32 kN

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

$V_{c,Rd}$  : 1553.90 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

: 0.512 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

: 0.530 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

: 0.330 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1. Donde:

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

$N_{c,Ed}$  : 99.24 kN

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

$M_{y,Ed}$  : 132.66 kN·m

$M_{z,Ed}$  : 0.00 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.

$N_{pl,Rd}$  : 3347.14 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.

$M_{pl,Rd,y}$  : 275.14 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 130.05 kN·m

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{ply} : \underline{642.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{plz} : \underline{303.44} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{428.57} \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = f_y / m_1$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{450.00} \text{ MPa}$$

$m_1$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$m_1 : \underline{1.05}$$

$k_y$ ,  $k_z$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \alpha_y \bar{0.2} \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z = 1 + \alpha_z \bar{0.6} \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$C_{my}$ ,  $C_{mz}$ : Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{my} : \underline{1.00}$$

$$C_{mz} : \underline{1.00}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\alpha_y : \underline{0.75}$$

$$\alpha_z : \underline{0.84}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\alpha_y : \underline{0.66}$$

$$\alpha_z : \underline{0.50}$$

$\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo  $V_{c,Rd}$ .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$50.36 \text{ kN} \quad 222.69 \text{ kN}$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : \underline{\quad 50.36 \quad} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd,z} : \underline{\quad 445.38 \quad} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

< 0.001



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+CM1-0.3: SX-SY.

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

$M_{T,Ed}$  : 0.00 kN·m

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} W_T f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$  : 10.46 kN·m

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T$  : 42.27 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

: 0.086



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N3, para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

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

$V_{Ed}$  : 38.21 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{\frac{T_{Ed}}{1.25 f_{yd} / \sqrt{3}}} V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$  : 445.38 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$  : 445.38 kN

$T_{Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$T_{Ed}$  : 0.01 MPa

$$T_{Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_t$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_t$  : 42.27 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{MO}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

: 0.001



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N4, para la combinación de acciones PP+CM1+SX+0.3·SY.

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

$V_{Ed}$  : 1.30 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{\frac{T_{Ed}}{1.25 f_{yd} / \sqrt{3}}} V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$  : 1553.88 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$  : 1553.90 kN

$T_{Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.

$T_{Ed}$  : 0.01 MPa

$$T_{Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$W_t$ : Módulo de resistencia a torsión.

$W_t$  : 42.27 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 428.57 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

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

$f_y$  : 450.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_x$	$N_t$	$N_c$	$M_x$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_x M_z$	$NM_y V_z V_y$	$M_x$	$M_y V_z$		$M_y V_y$
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_x \leq \lambda_{x,máx}$ Cumple	x: 3.5 m $\eta = 46.8$	x: 3.5 m $\eta = 65.6$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 3.5 m $\eta = 32.4$	$\eta = 1.0$	$\eta = 5.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.5 m $\eta = 85.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.5 m $\eta = 0.3$	$\eta = 4.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 85.1$
N2/N3	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_x \leq \lambda_{x,máx}$ Cumple	$N_{ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	$\eta = 2.0$	x: 12.5 m $\eta = 17.9$	x: 23.438 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 12.5 m $\eta = 19.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 3.8$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 19.8$
N4/N3	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_x \leq \lambda_{x,máx}$ Cumple	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 8.2$	x: 3.808 m $\eta = 48.2$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 3.808 m $\eta = 11.6$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.808 m $\eta = 53.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 3.808 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.0$
<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</li> <li><math>\lambda_x</math>: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</li> <li><math>N_t</math>: Resistencia a tracción</li> <li><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</li> <li><math>N_x</math>: Resistencia a flexión eje Y</li> <li><math>M_x</math>: Resistencia a flexión eje Z</li> <li><math>V_z</math>: Resistencia a corte Z</li> <li><math>V_y</math>: Resistencia a corte Y</li> <li><math>M_y V_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</li> <li><math>M_z V_y</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</li> <li><math>NM_x M_z</math>: Resistencia a flexión y axial combinados</li> <li><math>NM_y V_z V_y</math>: Resistencia a flexión, axial y cortante combinados</li> <li><math>M_x</math>: Resistencia a torsión</li> <li><math>M_y V_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</li> <li><math>M_y V_y</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</li> <li>x: Distancia al origen de la barra</li> <li><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</li> <li>N.P.: No procede</li> </ul> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):  <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axial de tracción.</p>																

### 2.3.3.- Sismo

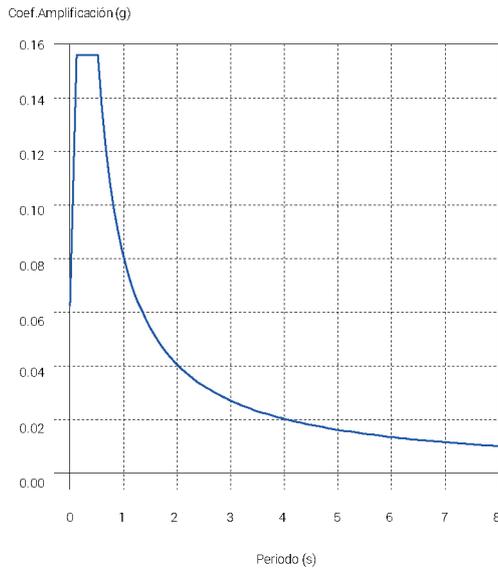
Norma utilizada: NCSE-02

Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02

Método de cálculo: Análisis mediante espectros de respuesta (NCSE-02, 3.6.2)

#### 2.3.3.1.- Espectro de cálculo

##### 2.3.3.1.1.- Espectro elástico de aceleraciones



Coef. Amplificación:

$$S_{ae} = a_c (T)$$

Donde:

$$(T) = \begin{cases} 1 & (0.25 \leq T < 1) \\ 2.5 & (1 \leq T < 2.5) \\ \frac{K}{T} & (T \geq 2.5) \end{cases}$$

es el espectro normalizado de respuesta elástica.

El valor máximo de las ordenadas espectrales es 0.156 g.

NCSE-02 (2.2, 2.3 y 2.4)

Parámetros necesarios para la definición del espectro

$a_c$ : Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2)

$a_c$  : 0.062 g

$a_c = S \cdot a_b$

$a_b$ : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

$a_b$  : 0.060 g

$C$ : Coeficiente adimensional de riesgo

$C$  : 1.00

Tipo de construcción: Construcciones de importancia normal

$S$ : Coeficiente de amplificación del terreno (NCSE-02, 2.2)

$S$  : 1.04

$S = \frac{C}{1,25} \cdot a_b$        $a_b = 0,1g$

$S = \frac{C}{1,25} \cdot 3,33 \cdot \left( a_b = 0,1g \right) \left( 1 - \frac{C}{1,25} \right)$        $0,1g \leq a_b \leq 0,4g$

$S = 1,0$        $0,4g \leq a_b$

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

C : 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

$a_b$ : Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

$a_b$  : 0.060 g

: Coeficiente adimensional de riesgo

: 1.00

: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5)

: 1.00

$$v = \frac{5}{\Omega}^{0.4}$$

: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1)

: 5.00 %

$T_A$ : Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3)

$T_A$  : 0.13 s

$$T_A = \frac{K C}{10}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K : 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

C : 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

$T_B$ : Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3)

$T_B$  : 0.52 s

$$T_B = \frac{K C}{2.5}$$

K: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

K : 1.00

C: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

C : 1.30

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo II

**2.3.3.1.2.- Espectro de diseño de aceleraciones**

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente ( ) correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = a_c \cdot \left( \frac{T}{T_A} \right)^{2,5 - 1} \cdot \left( \frac{T}{T_B} \right)^{-1}$$

$$S_a = a_c \cdot 2,5 \cdot \left( \frac{T}{T_A} \right)^{-1} \cdot \left( \frac{T}{T_B} \right)^{-1}$$

$$S_a = a_c \cdot \frac{K \cdot C}{T} \cdot \left( \frac{T}{T_B} \right)^{-1}$$

: Coeficiente de respuesta : 0.50

: Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5) : 1.00

$$v = \frac{5}{\Omega}^{0,4}$$

: Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1) : 5.00 %

: Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1) : 2.00

Ductilidad (NCSE-02, Tabla 3.1): Ductilidad baja

**a<sub>c</sub>**: Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2) **a<sub>c</sub>** : 0.062 g

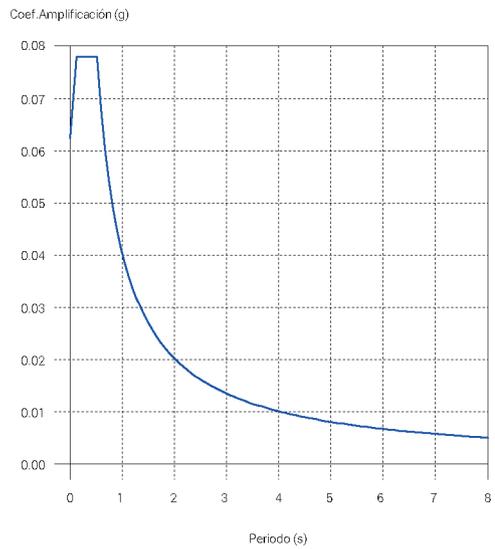
**K**: Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1) **K** : 1.00

**C**: Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4) **C** : 1.30

**T<sub>A</sub>**: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) **T<sub>A</sub>** : 0.13 s

**T<sub>B</sub>**: Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3) **T<sub>B</sub>** : 0.52 s

NCSE-02 (3.6.2.2)



2.3.3.2.- Coeficientes de participación

Modo	T	L <sub>x</sub>	L <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	Hipótesis X(1)	Hipótesis Y(1)
Modo 1	0.272	1	0	100 %	0 %	R = 2 A = 0.765 m/s <sup>2</sup> D = 1.43707 mm	R = 2 A = 0.765 m/s <sup>2</sup> D = 1.43707 mm
Modo 2	0.524	0	1	0 %	51.07 %	R = 2 A = 0.761 m/s <sup>2</sup> D = 5.28139 mm	R = 2 A = 0.761 m/s <sup>2</sup> D = 5.28139 mm
Modo 3	0.450	0	1	0 %	48.93 %	R = 2 A = 0.765 m/s <sup>2</sup> D = 3.92305 mm	R = 2 A = 0.765 m/s <sup>2</sup> D = 3.92305 mm
Total				100 %	100 %		

T: Periodo de vibración en segundos.

L<sub>x</sub>, L<sub>y</sub>: Coeficientes de participación normalizados en cada dirección del análisis.

M<sub>x</sub>, M<sub>y</sub>: Porcentaje de masa desplazada por cada modo en cada dirección del análisis.

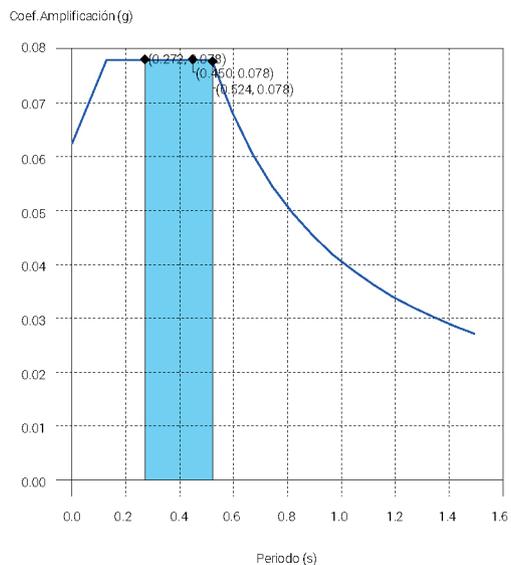
R: Relación entre la aceleración de cálculo usando la ductilidad asignada a la estructura y la aceleración de cálculo obtenida sin ductilidad.

A: Aceleración de cálculo, incluyendo la ductilidad.

D: Coeficiente del modo. Equivale al desplazamiento máximo del grado de libertad dinámico.

Representación de los periodos modales

### Representación de los periodos modales



Se representa el rango de periodos abarcado por los modos estudiados, con indicación de los modos en los que se desplaza más del 30% de la masa:

Hipótesis Sismo 1		
Hipótesis modal	T (s)	A (g)
Modo 1	0.272	0.078
Modo 2	0.524	0.078
Modo 3	0.450	0.078

## 2.4.- Placas de anclaje

### 2.4.1.- Descripción

Descripción				
Referencia	Placa base	Disposición	Rigidizadores	Pernos
N1	Ancho X: 550 mm Ancho Y: 350 mm Espesor: 20 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	6Ø20 mm L=35 cm Gancho a 180 grados
N4	Ancho X: 550 mm Ancho Y: 350 mm Espesor: 20 mm	Posición X: Centrada Posición Y: Centrada	Paralelos X: - Paralelos Y: -	6Ø20 mm L=30 cm Gancho a 180 grados

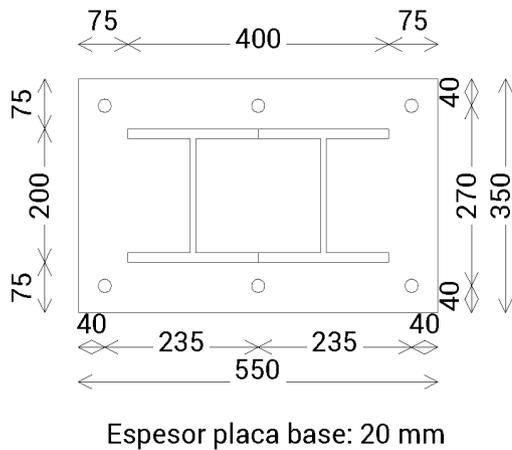
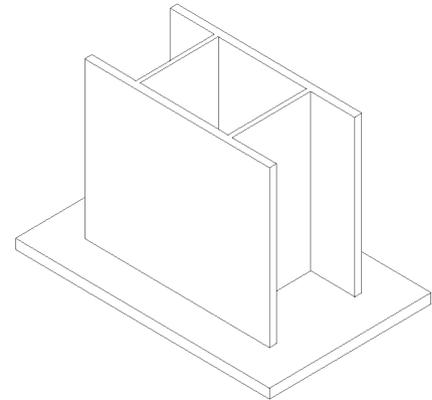
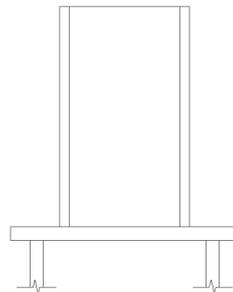
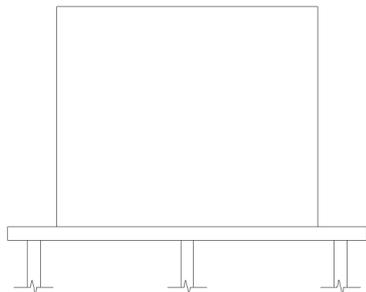
### 2.4.2.- Medición placas de anclaje

Pilares	Acero	Peso kp	Totales kp
N1	S450	1 x 30.22	
N4	S450	1 x 30.22	
			60.45
Totales			60.45

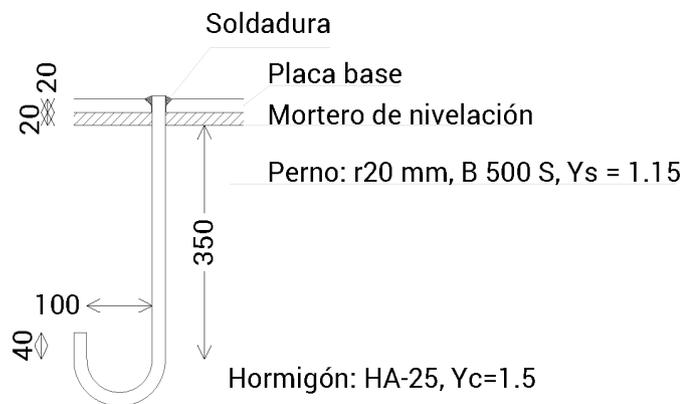
### 2.4.3.- Medición pernos placas de anclaje

Pilares	Pernos	Acero	Longitud m	Peso kp	Totales m	Totales kp
N1	6Ø20 mm L=64 cm	B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	6 x 0.64	6 x 1.57		
N4	6Ø20 mm L=59 cm	B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	6 x 0.59	6 x 1.45		
					7.36	18.16
Totales					7.36	18.16

Dimensiones Placa = 550x350x20 mm ( S450 )  
Pernos = 6r20 mm, B 500 S, Ys = 1.15  
Ref. pilares : N1

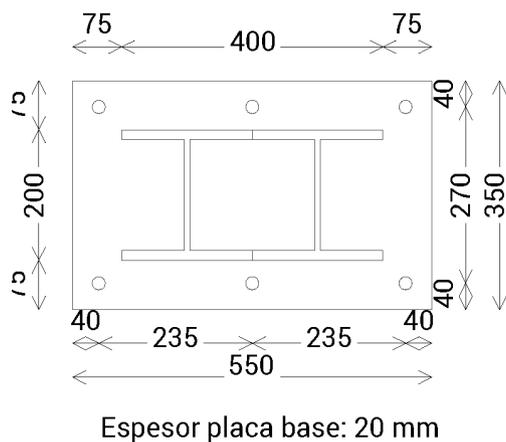
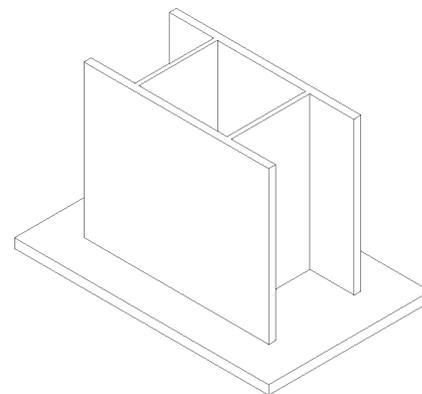
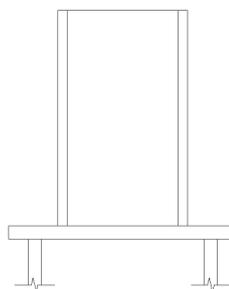
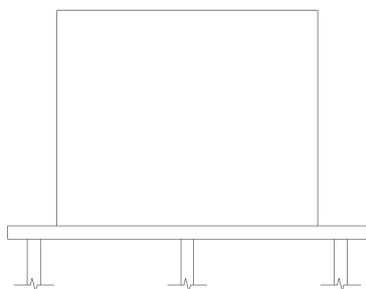


### Detalle Anclaje Perno

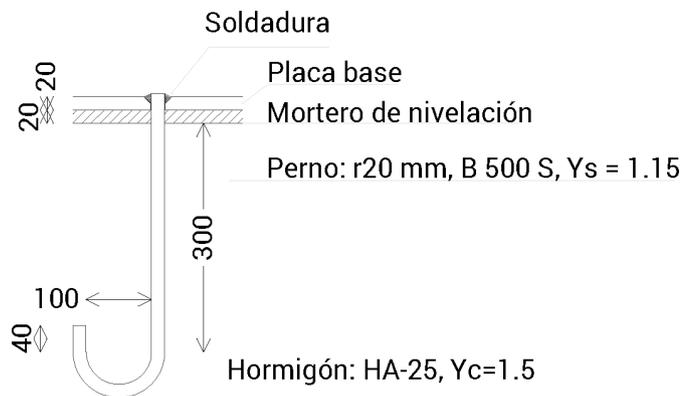


Orientar anclaje al centro de la placa

Dimensiones Placa = 550x350x20 mm ( S450 )  
 Pernos = 6r20 mm, B 500 S, Ys = 1.15  
 Ref. pilares : N2



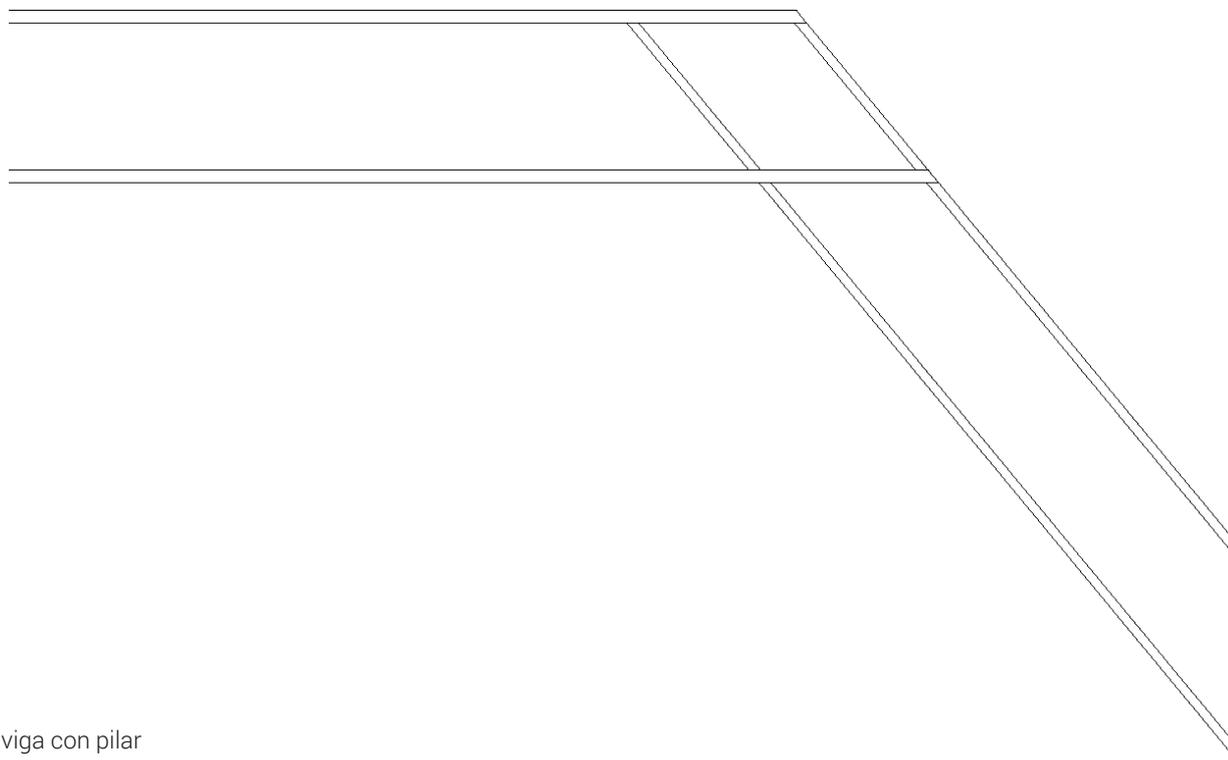
### Detalle Anclaje Perno



Orientar anclaje al centro de la placa

## Conclusión.

La viga de la parada del tranvia se realizará con 2 HEB 450 en cajón.



Nudo viga con pilar

## Referencias.

Aquí se expondrán las referencias que han contribuido de manera directa a la formalización del proyecto.



## Highline Nueva York.

En primer lugar encontramos el highline de Nueva York.

En este proyecto se tratan zonas urbanas abandonadas por las que antes pasaba el tranvía, y han utilizado la linealidad de las mismas para introducir el verde al igual que en mi proyecto.

Me sirvo del componente visual de los ejes para crear un tema que recorra todo el promenade verde.



## Plaza mayor Villareal de Enrique Vivancos.

En segundo lugar busque las referencias de la plaza mayor de Villareal de Enrique Vivancos.

Este elemento nace como separación entre la plaza antigua y la nueva plaza proyectada, es un gran pórtico que pretende arrojar sombra y delimitar el espacio de la antigua plaza, en el proyecto sin embargo me sirvo de la idea de un espacio de transición entre dos zonas, la llegada del tranvía y la plaza de las alquerías, siendo un elemento completamente permeable que sirva de “gran pórtico” de acceso.





## Restauo de la lavandería de vapore en Torino.

Este es un proyecto de restauración sobre un antiguo edificio industrial abandonado en la ciudad de Torino recuperado para la ciudadanía. En él se evidencian las nuevas incorporaciones sobre lo preexistente debido a la sensibilidad en la restauración existente en Italia, esta forma de intervención es lo que me ha servido como guía en el proceso de recuperación de las alquerías para el barrio de Ciutat Fallera.

