

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***“CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES
PARA TURISMO ACTIVO EN LA GRANDA,
CONCEJO DE CANGAS DE ONÍS,
ASTURIAS”***

DOCUMENTO 1 - MEMORIA

Alumno: Mejuto Ruiz, Aratz

Director: Larrauri Gil, Marcos

Curso: 2018-2019

Fecha: Bilbao, 21, junio, 2019

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	UBICACIÓN Y ORGANIZACIÓN TERRITORIAL.....	1
3.	OBJETO.....	3
4.	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	7
	UBICACIÓN DE ARRIONDAS:.....	9
	UBICACIÓN DE CANGAS DE ONÍS:.....	10
	UBICACIÓN DEFINITIVA EN LA GRANDA:.....	11
5.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	13
5.1	GEOLOGÍA Y GEOTECNIA	13
5.2	CLIMATOLOGÍA.....	13
5.3	NORMATIVA URBANÍSTICA	13
6.	DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.....	14
6.1	ACTUACIONES PREVIAS.....	14
6.2	MOVIMIENTO DE TIERRAS	14
6.3	DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE ÚTIL	15
6.4	ACCESIBILIDAD	16
6.5	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	16
6.6	SISTEMA ESTRUCTURAL DE LA NAVE.....	16
6.6.1	MATERIALES Y PERFILES	18
6.6.2	UNIONES.....	19
6.6.3	CÁLCULOS Y COMPROBACIONES	19
6.7	CERRAMIENTO.....	19
6.7.1	CERRAMIENTO LATERAL.....	19
6.7.2	CUBIERTA	20
6.7.3	CORREAS.....	20
6.8	CIMENTACIÓN.....	21
6.8.1	HORMIGÓN DE LIMPIEZA	22
6.8.2	ARMADURA.....	22
6.9	MEMORIA DE ACABADOS	23
6.10	INSTALACIONES	24
6.10.1	SUMINISTRO.....	25
6.10.2	SANEAMIENTO	26

6.10.3	ILUMINACIÓN	28
6.10.4	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	29
6.10.5	INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN	30
6.10.6	SUMINISTRO DE GAS	31
6.11	APARCAMIENTO SUPERFICIAL	31
6.12	GESTIÓN DE RESIDUOS.....	32
7.	PLAN DE OBRA	33
8.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	34
9.	NORMATIVA	34
10.	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	35
	LIBROS CONSULTADOS	35
	INSTITUCIONES Y EMPRESAS	35
	PAGINAS WEB	35
	PROGRAMAS INFORMÁTICOS UTILIZADOS.....	35
11.	ÍNDICE DE ANEJOS	36

1. INTRODUCCIÓN

En la presente memoria se resumirá y describirá el proyecto “Construcción de instalaciones para turismo activo en La Granda, concejo de Cangas de Onís, Asturias” para la obtención del título de Ingeniería Civil de la Escuela de Ingeniería de Bilbao (EIB) de la Universidad Pública del País Vasco (UPV/EHU) realizado por el alumno Aratz Mejuto Ruiz.

2. UBICACIÓN Y ORGANIZACIÓN TERRITORIAL

La comunidad autónoma del Principado de Asturias está organizada territorialmente por diferentes elementos: Concejos y parroquias.

Concejo es lo que comúnmente se conoce como municipio. En la constitución del Principado como comunidad autónoma, su territorio quedó compuesto por los términos municipales de los 78 concejos de la provincia de Asturias. Éstos están constituidos por diferentes divisiones territoriales o localidades, las cuales carecen de ayuntamiento excepto la capital del mismo. De igual manera, algunos de ellos forman mancomunidades para la prestación de servicios conjuntos a todos los concejos que las forman.

Las parroquias por su parte, son subdivisiones de los concejos que no tienen carácter jurídico y su delimitación, en términos de superficie, no tiene validez legal.

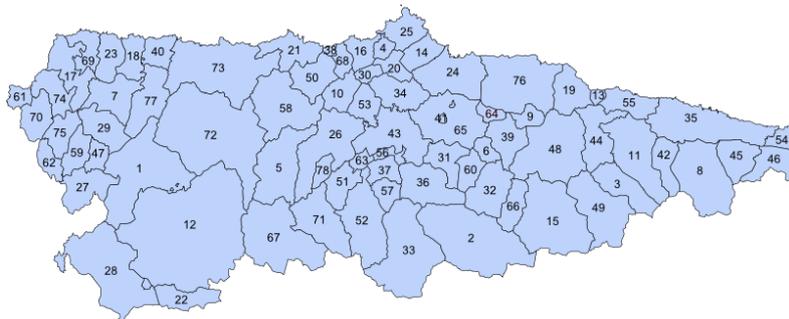


Figura 1. Concejos de Asturias

En este caso, La Granda es una localidad del concejo de Cangas de Onís y pertenece a la parroquia de Margolles, situada a una altitud de 25 metros. En la actualidad cuenta con una población aproximada de 35 personas y 22 viviendas.

Cangas de Onís es un concejo cuya capital y ubicación del ayuntamiento se ubica en el pueblo de igual nombre, Cangas de Onís. Éste está situado en el oriente interior del Principado de Asturias, constituyendo una de las zonas más montañosas del mismo que se asienta en un extenso valle a los pies de los Picos de Europa. La distancia al Mar Cantábrico es alrededor de 25 kilómetros.

El concejo de Cangas de Onís tiene una extensión de 212 km² y limita al norte con los concejos de Ribadesella y Parres, al este con los concejos de Onís y Llanes, al oeste con los concejos de Parres y Amieva y al sur con la provincia de León. Más de la mitad del concejo (7.000 hectáreas) forma parte del Parque nacional de los Picos de Europa. Dentro

del concejo y perteneciente al parque se encuentra el conjunto monumental de Covadonga, símbolo histórico de la resistencia a la dominación musulmana y origen de la Reconquista. A 12 kilómetros de Covadonga se encuentran los llamados lagos de Covadonga, de gran relevancia en el ámbito tanto turístico como ciclista.

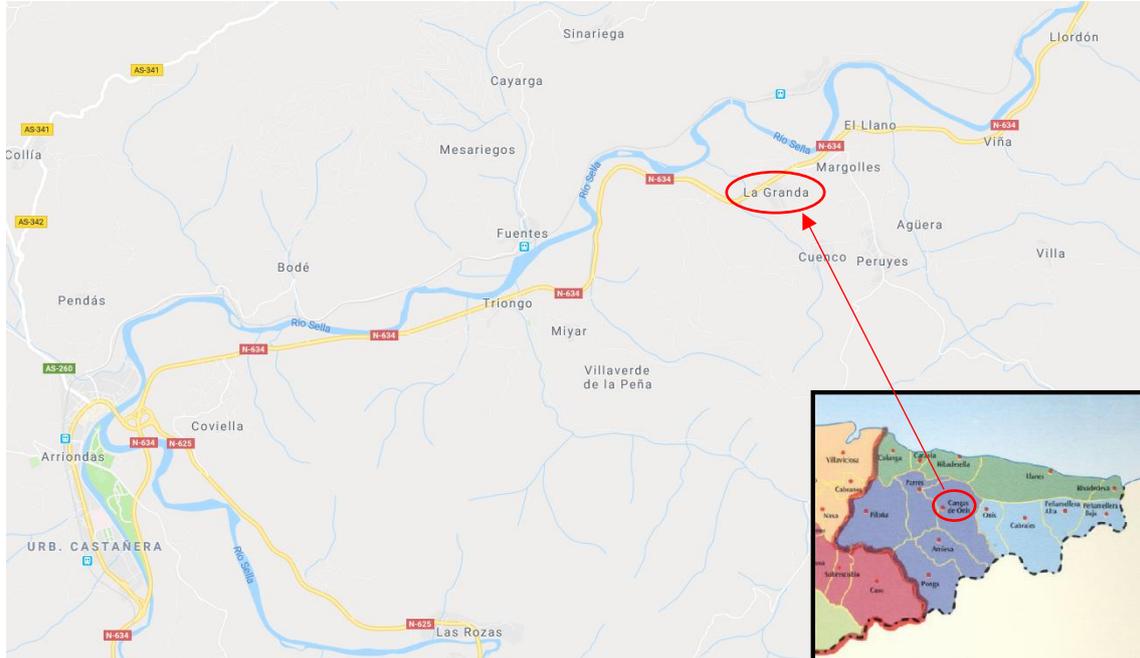


Figura 2. Situación de la localidad

El concejo de Cangas de Onís tiene una población según los datos del INE correspondientes al año 2018 de 6.278 habitantes, siendo el tercer concejo con mayor población del oriente de Asturias.

Se diferencian varias zonas en su orografía: La vertiente sur con las sierras litorales de Escapa, Santianes y Montes de Cuana, con una altura máxima del pico Mofrechu de 897 metros. En la zona de la depresión es donde se encuentran las más acaudaladas riberas de los ríos. El macizo de Cornión constituye la parte más extensa de los Picos de Europa, donde está el Parque Nacional de Picos de Europa. La relevancia de su ecosistema fue motivo de la creación en 1918 del Parque Nacional de la Montaña de Covadonga, primer Parque Nacional de España, hoy Parque Nacional de los Picos de Europa. Como contraste a este espectacular aspecto orográfico del concejo, destacan las verdes, bellas y fértiles vegas del Sella y del Güeña, donde acogen los más importantes núcleos de población; al tiempo que sus riberas alojan pequeños pueblos y aldeas, donde la ganadería y la agricultura son las principales formas de vida.

En cuanto al transporte público y a las comunicaciones, La Granda se encuentra bien comunicada tanto con la zona centro de Asturias como con el mismo oriente por medio de autobús o de ferrocarril. El servicio del tren de vía estrecha Oviedo-Santander cuenta con una parada en Toraño a escasos minutos andando de La Granda. Su principal vía de comunicación es la N-634 que une Oviedo con Santander. Se encuentra localizada a una distancia de la capital del Principado de 72 kilómetros.

El clima es oceánico, lluvioso, ya que tienen mucha influencia los vientos dominantes del oeste que traen masas de aire húmedas. La sombra orográfica que causa el macizo asturiano de la cordillera cantábrica proporciona una elevada diferencia de temperatura entre el norte y el sur.

La economía siempre se ha basado en la agricultura y la ganadería, pero en la actualidad y desde hace ya unos años el sector del turismo está incrementando su peso en ésta.

3. OBJETO

Este proyecto tiene como objeto la descripción de las obras e instalaciones necesarias para la construcción de una nave para realizar una actividad de turismo activo, así como definir los trabajos a realizar.

Actualmente el turismo en el oriente de Asturias tiene una elevada importancia respecto al turismo total del Principado. El diario asturiano “El Comercio” publicó el 31 de enero de 2018 que: “El turismo representa ya casi el 11% de la economía en Asturias y el 12,4% del empleo total”. En ella se informaba que “el 2017 fue el mejor año de la historia turística del Principado”. Estos datos demuestran la importancia que ha ido alcanzando el turismo en Asturias. Además, como recoge dicha noticia, en julio y agosto de 2016 Asturias llegó a ser el destino principal de turismo rural de España en cuanto a número de pernoctaciones.

Los datos más recientes que aporta el ayuntamiento del concejo de Cangas de Onís (Figura 3) muestran como los mayores números de licencias por epígrafe del IAE son los correspondientes a los comercios y a la hostelería. Por ello, se puede manifestar que son los dos ámbitos que más peso tienen en la economía del municipio, en los que el turismo tiene elevada importancia.

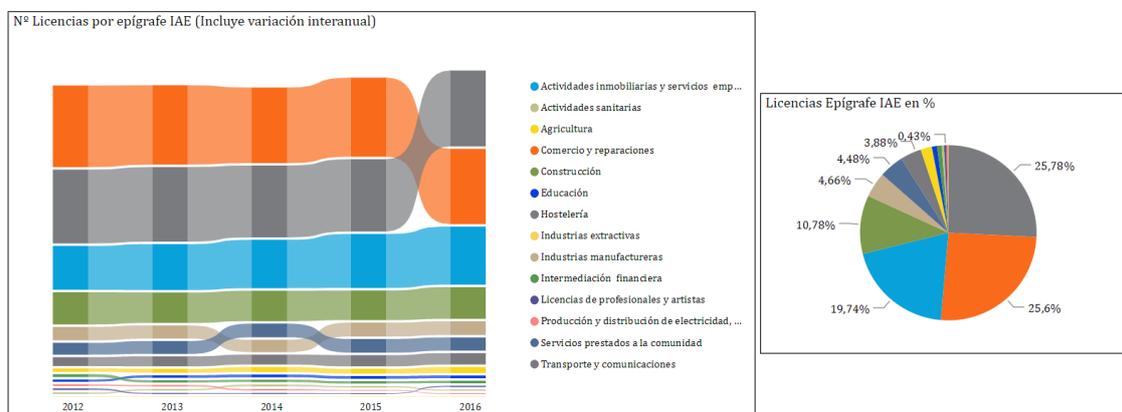


Figura 3. Licencias por epígrafe IAE

Uno de los responsables de la importancia del turismo es el conocido descenso del río Sella. Es una actividad donde se desciende por dicho río en canoa, ya sea de manera individual, doble, triple o cuádruple. Para ello se facilita además de una canoa, un chaleco salvavidas y un remo, un tentempié y un bidón para proteger los objetos personales que

se quiera llevar durante la realización de la actividad. Se compone de un recorrido de aproximadamente 15 kilómetros, el cual se inicia en el pueblo de Arriondas y finaliza en Llovio. Además, se puede parar a mitad de recorrido en el pueblo de Toraño, tanto para descansar o comer al haber establecimientos para ello, como para terminar la actividad, estando cerca de la ubicación de la nave descrita.



Figura 4. Asistentes preparándose para iniciar el recorrido



Figura 5. Parada de descanso de Toraño

Esta práctica se realiza bajo la responsabilidad de diferentes empresas que se comprometen a acercar a los asistentes al inicio del recorrido y a recogerles al final para llevarlos a la oficina donde podrán asearse y cambiarse de indumentaria.

Aunque cada vez son más las sociedades que apuestan por montar un negocio con el que poder facilitar a la gente a desarrollar dicha actividad, las empresas que llevan más tiempo en el sector ven como la asistencia para realizar el descenso aumenta año tras año.

Dentro del contexto turístico que se ha descrito anteriormente, se debe mencionar a Canoas Ribadesella, empresa a la que va destinada este proyecto. Ésta comenzó en el año 2015 con la intención de entrar en el sector del turismo activo en el oriente de Asturias. Para ello, viendo el tirón que tenían las empresas paisanas que permitían realizar el descenso del Sella, aprovecharon el exceso de afluencia que tenía el resto para empezar la aventura en esta actividad con un número de asistencia magnífico como se muestra en la tabla 1.

Por temas de amistad personal, la empresa, me ha transmitido el interés que tiene en realizar una ampliación de las instalaciones actuales, para satisfacer la creciente demanda de usuarios. Para corroborarlo, me han permitido que su nombre figure en este proyecto y me han firmado la autorización que plasmo en el anejo 17.

	<u>2015</u>		<u>2016</u>		<u>2017</u>		<u>2018</u>	
	ADULTOS	NIÑOS	ADULTOS	NIÑOS	ADULTOS	NIÑOS	ADULTOS	NIÑOS
RESERVAS WEB	4484	568	5400	644	6440	688	6520	836
OFICINA	200	12	460	44	500	48	792	72
HOTELES COLABORADORES	480	32	992	100	1204	192	1968	720
TOTAL	<u>5164</u>	<u>612</u>	<u>6852</u>	<u>788</u>	<u>8144</u>	<u>928</u>	<u>9280</u>	<u>1628</u>
CRECIMIENTO ANUAL (%)			<u>32,69</u>	<u>28,76</u>	<u>18,86</u>	<u>17,77</u>	<u>13,95</u>	<u>75,43</u>

Tabla 1. Servicios anuales

En la tabla 1 se presentan datos facilitados por Canoas Ribadesella. En ella se refleja que el incremento de asistencia es sustancial. Se puede observar que en el último año ha habido una asistencia media diaria de aproximadamente 77 personas (asistencia de junio a septiembre de cada año). Analizando estos datos se ha considerado que la pequeña oficina de la que se dispone no es suficiente para el almacenamiento de material, además de la dificultad que supone aparcar en los alrededores de la oficina, ya que se encuentra en el centro del pueblo de Ribadesella.

Las canoas están guardadas en un local que para la logística de la empresa es más factible ya que se encuentra en Ribadesella. Analizando las diferentes situaciones, las dos mejores ubicaciones para guardar las canoas son Arriondas o Ribadesella. Esto se debe a que son el inicio y el final del recorrido normalmente, ya que como se ha dicho previamente, se puede finalizar la actividad en Toraño, pero no es lo más usual. De tal manera que, si se almacenan en Arriondas, una vez que la gente realiza la actividad y llega a Ribadesella hay que llevarlas de vuelta a Arriondas. Si se tienen en Ribadesella, por el contrario, hay

que subirlas hasta Arriondas para que los asistentes puedan hacer el descenso, pero luego las retornan ellos mismos. Si en este caso, se guardaran en La Granda, habría que transportarlas para empezar el descenso y llevarlas de vuelta a la nave al terminarlo. Doble trabajo que repercute en una elevada pérdida de tiempo.



Figura 6. Oficina actual

Por este motivo, se plantea la construcción de una nueva nave donde aumentar el espacio, tanto de recepción como de almacenamiento, junto con un parking para facilitar el estacionamiento.

Por otra parte, se mantendrá la oficina actual para una recepción óptima, teniendo dos locales en diferentes ubicaciones con el fin de alcanzar el objetivo de aumentar la asistencia a la realización de la actividad.



Figura 7. Ubicación de la oficina actual

La nave poseerá una superficie de 200 m², la cual se distribuirá en tres zonas bien marcadas. Por un lado, la zona de recepción y de espera (donde también se almacenarán los soportes para los chalecos durante la noche). Por otro lado, la zona de almacenamiento de material (bidones y preparación de tentempiés) y despacho. Y, por último, los vestuarios y aseos.

4. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La nave propuesta se encuentra ubicada en una parcela en el pueblo de La Granda, perteneciente al concejo de Cangas de Onís. La parcela está situada contigua a la N-634 en La Granda, próxima al desvío que une esta vía con el pueblo de Toraño. Está situada en una zona montañosa, aunque la carretera que atraviesa el pueblo y sus parcelas más próximas, incluida la utilizada para la construcción de la nave, son superficies muy llanas. La parcela elegida es la 10006 que cuenta con una superficie de 1.650 m².

La parcela limita al norte y al este con dos parcelas residenciales, al oeste con una salida de la vía N-634 por la que se accede para llegar a otras viviendas, y al sur con la carretera nacional N-634, por la que se accederá directamente a la nave.

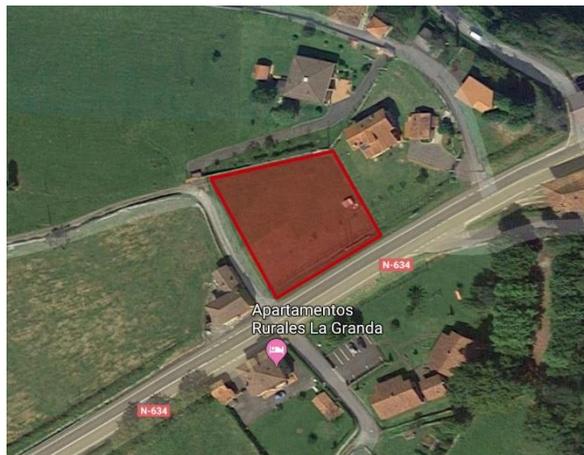


Figura 8. Parcela 10006

Según el Plan General de Ordenación Urbana del Concejo de Cangas de Onís, en su artículo 300 en el que habla sobre las dotaciones de ocio, manifiesta que los suelos no urbanizables de núcleo rural, pasarán a suelos de uso permitido, si lo que se ubicará en él es una dotación de ocio.

A continuación, se muestra el artículo 300 del Plan General de Ordenación Urbana del Concejo de Cangas de Onís y se ilustra la parcela donde se define el tipo de suelo.

Artículo 300. DOTACIONES DE OCIO.

1. Se consideran tales las de esparcimiento al aire libre sin edificaciones significativas o sobre grandes espacios libres, tales como parques rurales, reservas de caza, espacios protegidos, áreas recreativas, etc.
2. Su implantación como actividades colectivas con carácter de explotación comercial, será considerado como uso autorizable, excepto en los Núcleos Rurales, donde será permitido.
3. Su posible implantación se ajustará a las determinaciones establecidas para cada categoría de suelo en el Capítulo IV del presente Título.
4. Fuera de los Núcleos Rurales las Dotaciones de Ocio se considerarán como uso autorizable siempre que ocupen más de 6.000 m² de suelo, o cuando las edificaciones auxiliares presenten ocupaciones superiores a 100 m² o el 5 por ciento de la parcela.
5. No podrán implantarse, en ningún caso, sobre fincas que hayan sido objeto de concentración parcelaria en los últimos 15 años.

Figura 9. Tipo de uso en función de la tipología de suelo. FUENTE: PGOU Cangas de Onís

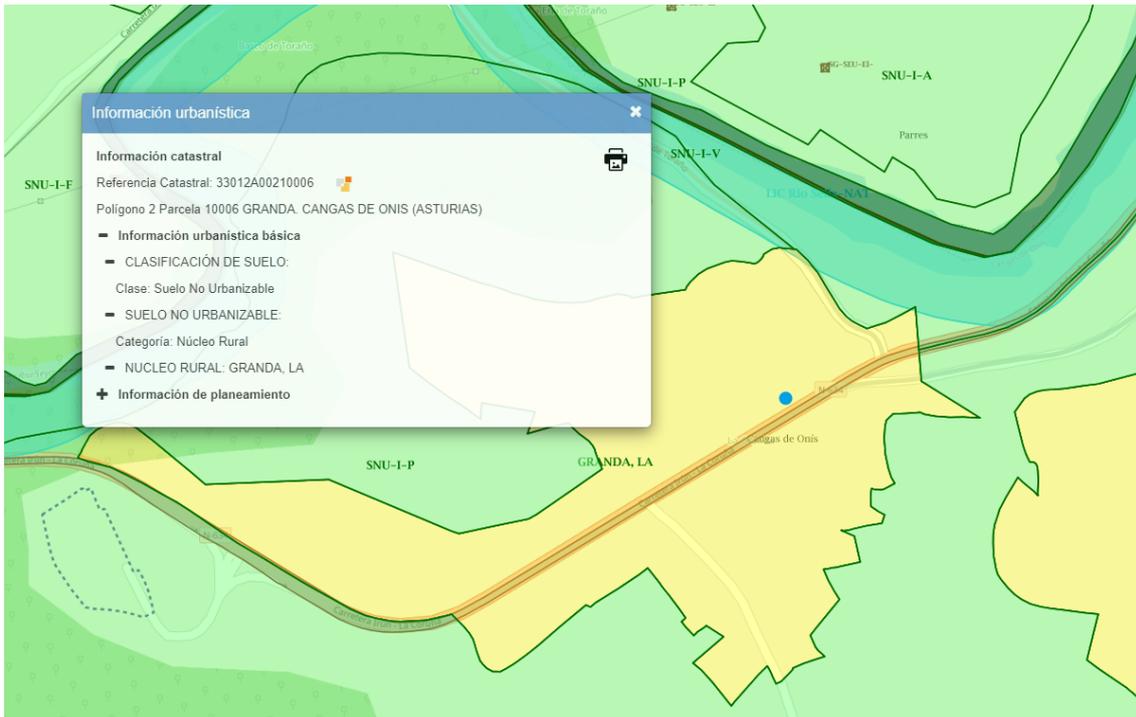


Figura 10. Tipo de suelo de la parcela. FUENTE: Asturias.es

Por lo tanto, se hace obligatorio que, llegado el momento, el promotor solicite los permisos y autorizaciones necesarias para demostrar que se cumplen las condiciones establecidas en la figura 9.

En las cercanías de la parcela elegida hay más solares posibles que han sido descartados por dos motivos; la peligrosidad por estar ubicadas próximas al río, aumentando las posibilidades de inundación en épocas de lluvias torrenciales por la pequeña diferencia de cota entre las parcelas y el río, o por la lejanía con la carretera principal del pueblo y que, por lo tanto, aumenta la dificultad de que la oficina sea vista y la muchedumbre la considere como la opción elegida para realizar el descenso. La proximidad con la N-634 permite que, toda persona que pase por la vía vea en primera instancia la nave ya que será el lugar que llame más la atención, al encontrarse en la misma trayectoria que pequeñas viviendas unifamiliares.

Se disponían de diferentes localidades para el emplazamiento: La actual y definitiva, y en los pueblos de Arriondas y Cangas de Onís.

UBICACIÓN DE ARRIONDAS:

La principal razón por la que se opta por esta ubicación es que se encuentra el inicio del recorrido, pudiéndose ahorrar el desplazamiento desde la nave hasta el comienzo del mismo. Por el contrario, Arriondas es un pueblo colmado de empresas para la realización del descenso, por lo que además de la pequeña posibilidad de encontrar una parcela para la ejecución de la obra cerca del río, tendría mayor dificultad para ser elegida por la muchedumbre que si se ubicara en una zona solitaria, pero a la vista de la gente.

UBICACIÓN DE CANGAS DE ONÍS:

El principal motivo para la elección de este emplazamiento es el turismo. Cangas de Onís es el pueblo con mayor turismo del oriente interior del Principado. En cambio, aunque el turismo tenga tanta envergadura, toda se enfoca en el núcleo del pueblo, donde está muy urbanizado y no hay posibilidad de ejecutar una nave para el desarrollo de actividades. Además, pese a que el río Sella transita por Cangas de Onís, las condiciones no son las óptimas para permitir el inicio de la actividad desde este pueblo como muestra la figura 11.



Figura 11. Río Sella a su paso por Cangas de Onís

UBICACIÓN DEFINITIVA EN LA GRANDA:

La mayor parte del turismo que visita los dos pueblos anteriormente mencionados, pasa por La Granda para dirigirse a ellos, ya que la N-634 cruza la localidad. Ésta une la A-8 con Arriondas por lo que hay que atravesar La Granda para llegar a Arriondas y a Cangas de Onís, porque la A-8 es la principal vía de acceso a estos pueblos. Además, uno de los destinos más visitados en el oriente de Asturias son los Lagos de Covadonga y su basílica como se ha dicho anteriormente. Para llegar hasta éstos desde la A-8 es necesario llegar hasta Cangas de Onís en primer lugar, lo que hace que haya que atravesar la misma carretera nacional anteriormente mencionada. Por lo tanto, hay un elevado tránsito de personas, lo que hace que sea vista con mucha frecuencia.

Además, se encuentra próxima a la parada de descanso principal del descenso, donde se produce una enorme aglomeración de gente y en la cual se puede terminar la actividad si no se quiere realizar hasta el final. Esto supone una gran ventaja de tiempo, al no tener que realizar largos desplazamientos para ir a recoger tanto a las personas, como las canoas. Asimismo, en esta zona no se encuentran otras empresas del sector, por lo que no hay diferentes opciones para elegir y siempre que la empresa fije precios competitivos, tendrá una clara ventaja para aumentar la afluencia de gente. Igualmente, otro factor a tener en cuenta es la proximidad de diferentes servicios de hostelería y restauración a escasos 200 metros de la ubicación de la nave siguiendo la carretera en dirección Arriondas. También hay servicios de alojamiento al otro lado de la vía a la altura de la parcela.

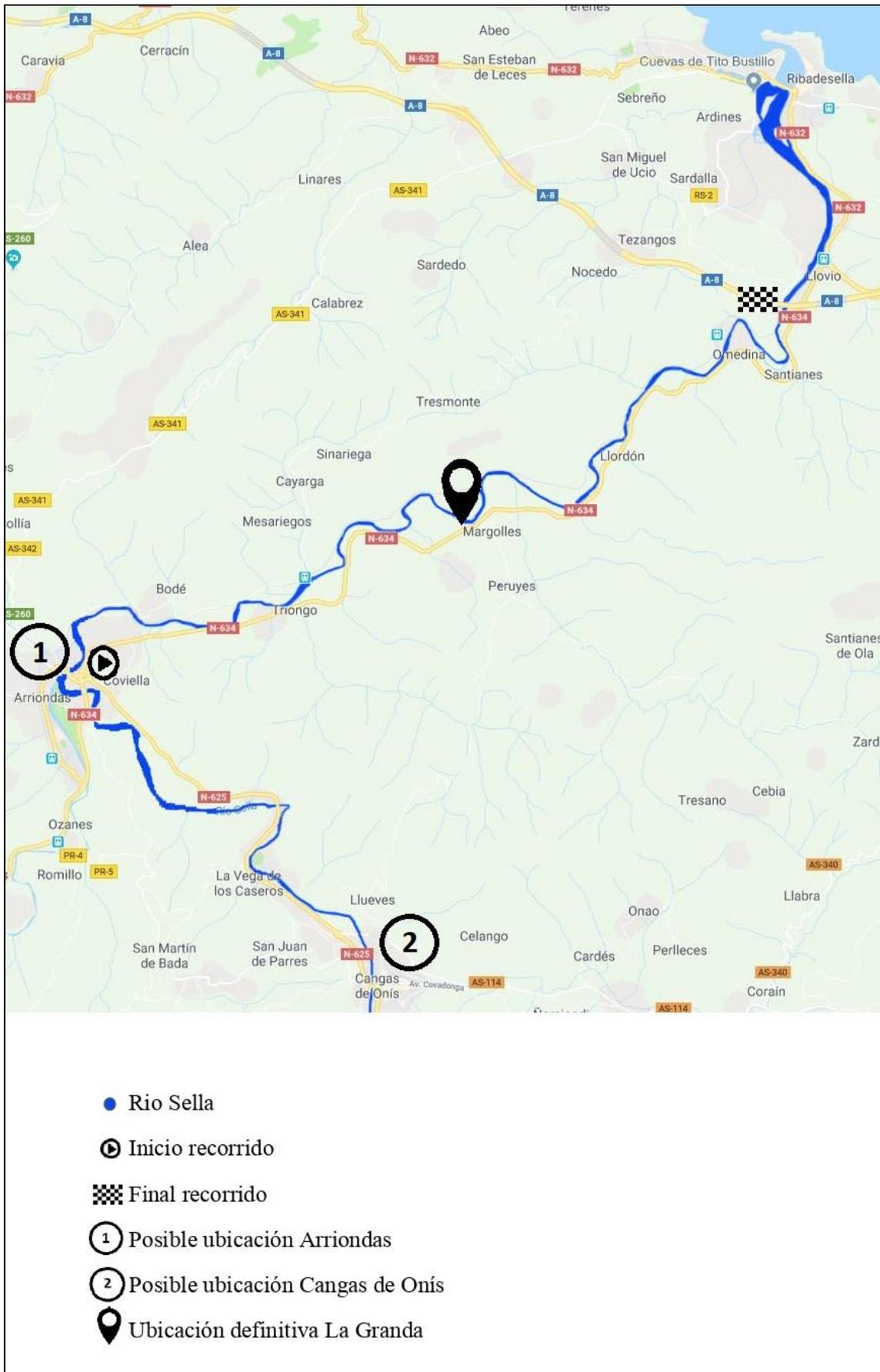


Figura 12. Ubicación definitiva y recorrido de la actividad

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En este apartado se describirán brevemente las principales acciones necesarias para que se pueda llevar a cabo la realización de la estructura de la nave proyectada y los servicios necesarios para su funcionamiento.

5.1 GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

Para llevar a cabo este proyecto se ha tomado la información de un estudio geotécnico realizado en una parcela a una pequeña distancia que debido a semejanza orográfica es válido. Este estudio se ha realizado en una ubicación intermedia entre Ribadesella y la localización de la nave.

Este estudio geográfico y geotécnico determina las características mecánicas y las propiedades de la composición del terreno para poder llevar a cabo el diseño de la cimentación de la nave.

En el anejo 3 se explica con mayor detalle.

5.2 CLIMATOLOGÍA

Cangas de Onís, por su situación geográfica, goza del mismo clima que toda la cornisa cantábrica.

Como se ha dicho anteriormente, esta zona presenta un clima básicamente de tipo oceánico, el cual se caracteriza por tener en verano temperaturas suaves y constantes a lo largo de todo lo que comprende la zona costera y temperaturas más frescas en las zonas interiores más montañosas.

Hay que tener en cuenta que, debido a las eminentes montañas paralelas al mar cantábrico, las cuales tienen mucha vegetación a las que se juntan los vientos de componente norte, estancan las nubes produciendo precipitaciones sin existir borrascas que muestren indicios.

Estos dos factores, las montañas cerca de la costa y el viento, son los que justifican este tipo de clima.

En el anejo 2 se especifican y describen con mayor precisión los diferentes aspectos.

5.3 NORMATIVA URBANÍSTICA

El plan urbanístico a seguir es el Plan General de Ordenación Urbana del Concejo de Cangas de Onís, el cual permite que un suelo no urbanizable de núcleo rural, pase a uso permitido siempre que lo que se vaya a edificar sea una dotación de ocio. Esta información se puede observar en la figura 9.

6. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

6.1 ACTUACIONES PREVIAS

Antes de dar comienzo a la ejecución de la obra, es decir, a realizar el replanteo, se realizará el desbroce de la capa superficial del terreno y su nivelado. En la parcela elegida para la construcción de la nave, la labor de nivelación será poco laboriosa ya que se dispone de un terreno muy llano y con una pendiente reducida, que se solucionará con la excavación y posterior hormigón de limpieza.

Además, el terreno se encuentra sin obstáculos, como arbolado, que provoquen la realización de una excavación inicial excesivamente profunda para retirar sus raíces, por lo que con limpiar la capa de tierra vegetal de alrededor de 20 cm sería suficiente. Asimismo, se evita el riesgo de toparse con instalaciones que puedan estar bajo la parcela. Parte de esa tierra vegetal, se reutilizará para las zonas en las que sea necesario, mientras que el sobrante se llevará a vertedero junto con el terreno arcilloso de la capa intermedia entre la roca y la tierra vegetal y el pequeño volumen de roca que se excavará.

Tras estas actuaciones, se llevará a cabo el replanteo general de la nave, que se manifiesta en el anejo 4.

6.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

El movimiento de tierras consiste principalmente en el desbroce de la capa superficial del terreno y la posterior excavación hasta la cota deseada.

La parcela se encuentra en una cota inferior a la carretera de acceso por lo que solamente se excavará la capa de terreno arcilloso y un pequeño volumen de roca, ya que, con el hormigón de limpieza, la altura de las cimentaciones, el espesor del relleno y espesor de la solera se alcanzará la cota deseada. Esta excavación más profunda se realizará solamente en la zona donde irá ubicada la nave y sus instalaciones. En el resto, solo se excavará la tierra vegetal y el terreno arcilloso. Habrá diferentes niveles de relleno. Bajo la nave se rellenará hasta 15 centímetros por debajo de la cota deseada para que sean completados cuando se ejecute la solera. La superficie restante en la que se hará la excavación profunda y la zona donde irá pavimentada la parcela, que tendrá una excavación más superficial y que necesitará menos relleno, se realizará un encachado y un posterior relleno de zahorra hasta alcanzar una cota de -0,05 metros para su posterior asfaltado. Una vez se alcance la cota de excavación, se procederá al vertido del hormigón de limpieza y posterior cimentación en la zona de la nave y al relleno de la parcela completa. Este proceso dará como resultado un enrasado entre la superficie construida y la carretera de acceso.

En el anejo 5 se especifica y describe el volumen de excavación de la obra. En el plano n°3, en el plano 4 de 4, se definen los diferentes tipos de excavaciones y rellenos.

6.3 DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE ÚTIL

Se construirá una nave cuyas dimensiones serán 20,00 x 10,00 metros y estará edificada sobre una única planta. La planta se divide en tres zonas notoriamente diferenciadas. Por un lado, estará la zona de recepción y de espera. Por otro lado, la zona de despacho y almacenamiento de material. Y, por último, la zona de vestuarios y aseos.

Debido a la gran demanda que está sufriendo la empresa, como muestran sus datos de asistencia mostrados en el apartado “objeto”, la zona de recepción y espera necesita de una gran superficie para los días con mayor afluencia, observándose en la tabla 1 una media diaria de 77 personas. Teniendo en cuenta que los picos máximos son superiores, no es difícil que los días con mayor afluencia se superen las 100 personas repartidos entre las dos oficinas. Así, la gente que acuda a realizar la actividad pueda permanecer dentro de la oficina a la espera de ser atendidos o de ser trasladados al inicio de la actividad. En esta zona se dispondrá de un mostrador de recepción con una zona para atender correctamente a personas con discapacidad y una serie de taquillas para que los que lo deseen puedan guardar sus enseres para no correr el riesgo de que se le puedan caer o perder durante la realización de la actividad. Por ello, esta zona tendrá una superficie útil de 100 m², equivalente a la mitad de la superficie útil total de la nave. Una gran superficie permitiendo incorporar un conjunto de mesas y sillas para aumentar la comodidad de los asistentes.

Por otro lado, la zona de despacho y almacenamiento de material, zonas que solamente serán utilizadas por trabajadores de la empresa, ocuparán la menor superficie de las 3 zonas de la nave. Esto es debido a que el momento con mayor tránsito de gente en esta zona será cuando los trabajadores tengan que sacar y meter bidones y picnics para facilitárselo a la gente que vaya a realizar el descenso. O, en casos excepcionales, cuando haya algún tipo de reunión en el despacho. Esta zona tendrá 30 m². El despacho disfrutará de unos generosos 15 m² para así poder albergar una posible reunión con una comodidad adecuada. Y, la zona de material ofrecerá 15 m², suficientes para alojar una elevada cantidad de bidones apilados para aprovechar el espacio y así permitir instalar una mesa y un refrigerador para la realización de picnics. Además, en esta zona irá ubicada la caldera para el suministro de agua caliente sanitaria y el cuadro eléctrico.

Por último, se encontrará la zona de vestuarios y aseos. Ésta tendrá una superficie útil de 70 m² divididos en 35 m² para cada vestuario. Los aseos estarán en el interior de los vestuarios. Cada vestuario estará compuesto por 2 pequeños aseos con un inodoro, un lavabo y su correspondiente espejo, y un aseo accesible independiente. Además, estarán dotados de dos bancos para la acomodación de las personas que realicen el descenso, cuatro duchas conjuntas y una ducha independiente para personas con discapacidad. Todo ello cumpliendo con la normativa de accesibilidad del CTE DB-SUA.

En la parcela donde irá la nave también se ejecutará un aparcamiento para acomodar a los asistentes. Tendrá una superficie de 1034 m² y se distribuirá en 30 plazas para vehículos, 1 plaza accesible junto a la puerta de acceso y una zona para aparcamiento de bicicletas y motocicletas de aproximadamente 50 m². Además, contará con carriles peatonales para facilitar el acceso de los asistentes desde su vehículo hasta la oficina. No tendrán acceso

vehículos pesados como autobuses. En caso de que hubiera algún tipo de excursión o semejante, a aproximadamente 200 metros de la parcela se encuentra una parada de autobús donde podrían estacionar para acercarse a la oficina. Además, frente a la parada de autobuses, está la zona de restauración donde hay una gran superficie de aparcamiento en la cual también es posible que estacionen autobuses como se puede observar en el anejo 1.



Figura 13. Estacionamiento junto a zona de restauración

6.4 ACCESIBILIDAD

La nave no dispondrá de barreras arquitectónicas en la puerta de entrada ni en el paso de una partición interior a otra, además de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los mismos a las personas con discapacidad. La puerta de entrada se encontrará en la denominada fachada principal y tendrá unas medidas de 2,5 metros de alto y 3 metros de ancho, de manera que permita la entrada y salida de los chalecos como se ha comentado en el apartado de descripción de las diferentes zonas de la nave.

Como se ha dicho anteriormente, la oficina dispondrá de dos servicios para personas con movilidad reducida cumpliendo con lo establecido en la normativa del CTE DB-SUA.

6.5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

La nave proyectada cumplirá con la normativa que establece el Código Técnico de la Edificación en el apartado correspondiente a las exigencias básicas de seguridad en caso de incendios, como se expone en el anejo 12.

6.6 SISTEMA ESTRUCTURAL DE LA NAVE

La nave se diseñará mediante pórticos metálicos biempotrados con una separación de 5 metros entre ellos, con una longitud total de la nave de 20 metros. Las características de la nave se pueden observar en la tabla 2.

Número de pórticos	5
Separación entre pórticos	5 metros
Longitud de la nave	20 metros
Luz entre pilares del pórtico	10 metros
Altura de cumbrera	5 metros
Altura del alero	4 metros
Pendiente de la cubierta	11°
Superficie de la nave	200 m ²

Tabla 2. Características de la estructura de la nave

La cubierta será a dos aguas y se resolverá mediante una celosía americana para reducir el peso de la cubierta con una rigidez y estabilidad similar o superior a la de un pórtico rígido.

Los pórticos hastiales serán diferentes a los centrales. Los hastiales presentarán tres pilares metálicos empotrados-articulados separados 2,5 metros entre ellos, para así tener una mayor capacidad de soporte frente a las diferentes acciones que sufrirá la nave. Debido a las pequeñas luces que han de soportar los pilares laterales, no es necesario que los pórticos centrales se refuercen con pilares centrales como los pórticos de los extremos, permitiendo tener una nave totalmente diáfana para obtener una distribución óptima del local.

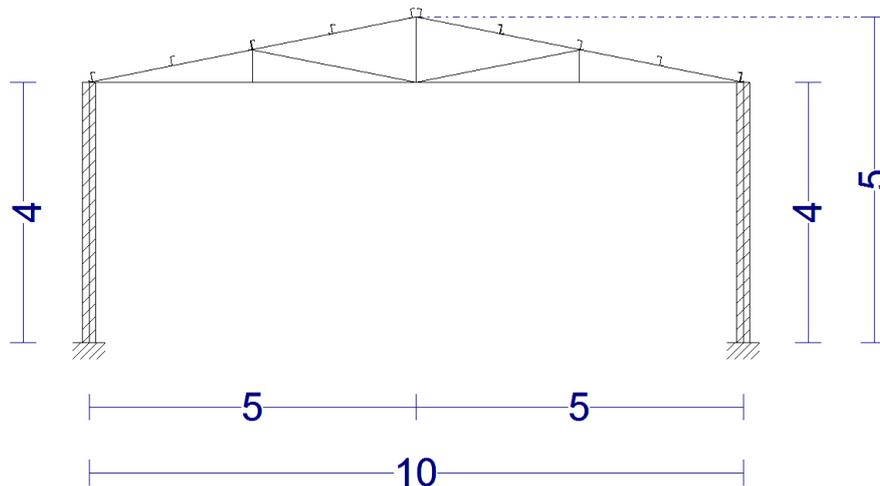


Figura 14. Pórtico central de la nave

Para arriostrar la estructura, evitando los movimientos en dirección longitudinal a la nave, se realizará mediante cruces de San Andrés en el primer vano de la cubierta. Para los paramentos verticales se optará por un pórtico de frenado para permitir disponer de ventanas en ese vano en ambas fachadas. Este pórtico de frenado cumple con las comprobaciones de ELU.

Los pilares estarán empotrados en su base, soldados a una placa de anclaje, que va unida a las zapatas de hormigón mediante pernos, como se observa en los planos correspondientes.

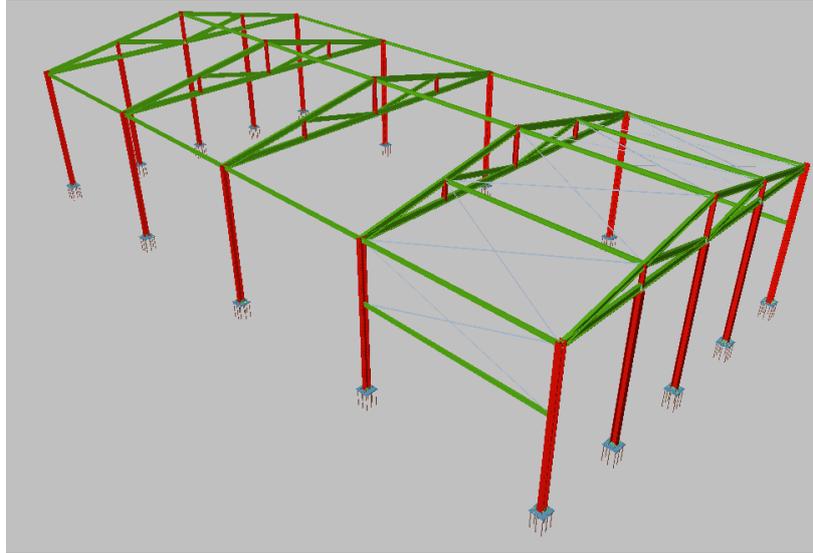


Figura 15. Vista 3D de la estructura metálica de la nave

6.6.1 MATERIALES Y PERFILES

La nave se realizará mediante perfiles metálicos de acero laminado S275. En la tabla 3 se pueden observar las características del acero utilizado:

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m ³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01

Tabla 3. Características del acero

En función del elemento estructural de la nave, se utilizarán diferentes tipos de perfiles y de diferentes dimensiones para cada tipo. En la tabla 4 están recogidos todos los perfiles utilizados y sus mediciones. La elección de los perfiles se ha llevado a cabo a través de un proceso de iteración de optimización del sistema estructural.

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m ³)	Serie (m ³)	Material (m ³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	HEB	HE 160 B	40.000	64.000		0.217	0.320		1705.02	2515.14	
			HE 140 B	24.000			0.103			810.12		
			IPE 140	20.396			0.033			262.58		
			IPE 160	92.792			0.187			1464.12		
			IPE 120	21.297			0.028			220.68		
			IPE 100	82.000			0.084			663.01		
		IPE		216.485	0.333	2610.39						
			L 20 x 20 x 3	65.899	0.007	57.94						
		L		65.899	0.007	57.94						
						346.384			0.660			5183.47

Tabla 4. Mediciones de los perfiles

6.6.2 UNIONES

Las uniones de los diferentes perfiles que constituyen la estructura de la nave serán articuladas. Estarán ejecutadas mediante soldadura y arriostradas con tirantes y con un pórtico de frenado con el fin de reducir los empujes longitudinales provocados por el viento, aumentando la rigidez del conjunto. Dado que la longitud de la nave es reducida, se propondrán solamente en uno de los vanos extremos.

6.6.3 CÁLCULOS Y COMPROBACIONES

Los cálculos, las comprobaciones y los detalles constructivos se hallan en el anejo 6 destinado a los cálculos estructurales. Éstos han sido realizados mediante el programa informático CYPE en su versión 2017.d.

En dicho programa se han calculado las comprobaciones de ELU del acero, además de todas las combinaciones de hipótesis para los distintos esfuerzos que pueda sufrir la estructura.

Por otro lado, se han realizado cálculos manuales con las diferentes hipótesis relacionadas con el viento para compararlos con los datos obtenidos en el programa. Además, también se han calculado manualmente diferentes tipos de soldadura de la nave que Cype no ha calculado ya que no las incorpora en su biblioteca.

6.7 CERRAMIENTO

El cerramiento se dividirá en dos partes. Por un lado, se encontrará el cerramiento lateral, que será perimetral a toda la nave. Y, por otro lado, el cerramiento horizontal, la cubierta. A continuación, se detallan las dos partes en las que se distribuirá la nave.

6.7.1 CERRAMIENTO LATERAL

Este cerramiento estará formado por un muro de bloque de hormigón desde la solera hasta el alero. Con el fin al que va destinado la nave, ésta no requerirá una estética de elevada importancia. Por lo tanto, se ejecutará todo el perímetro de muro de hormigón, para así obtener un cerramiento con mayor rigidez y estabilidad sin incrementar el peso de la estructura, ya que un cerramiento mediante panel sándwich, al ir anclado a los pilares, elevaría las cargas a soportar por ellos. Estos bloques irán adheridos entre ellos mediante mortero. El elegido será el del código B2040 procedente de la empresa “EIRO”, el cual aparece en la figura 16.

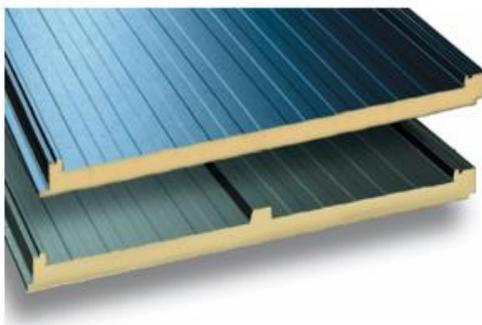


código	Medidas modulares		Medidas reales	Peso kg. unidad
B1240	12 x 20 x 40	B	12 x 19 x 39	11.5
B1540	15 x 20 x 40	B	14 x 19 x 39	12.5
B2040	20 x 20 x 40	B	19 x 19 x 39	15
0106	25 x 20 x 40	Q	24.5 x 19.5 x 39	19

Figura 16. Bloque de hormigón y sus características

6.7.2 CUBIERTA

Estará formada por un panel sándwich ligero como se observa en las características de la figura 16. Éste se compondrá de una plaqueta de acero de 2 milímetros de espesor con tornillo de alta calidad que garantizará el anclaje de los paneles a las correas. Tendrá un peso reducido para aminorar las cargas sobre la estructura, pero cumpliendo con el apartado del aislamiento acústico y térmico. Este panel descansará sobre las correas que van apoyadas en la estructura de la nave. El elegido será el modelo Panel CUB 2gr/3gr de la empresa “HIANSA” de 50 mm de espesor como se indica en la figura 17.



PANEL NERVADO	TRANSMISIÓN TÉRMICA		PESO (0.5/0.5)
Espesor nominal en mm	K en Kcal/m ² .h. °C	K en W/m ² .k	Kg/m ²
30	0.58	0.68	10.60
40	0.45	0.53	11.00
50	0.36	0.43	11.40
60	0.30	0.36	11.80
80	0.23	0.27	12.60
100	0.18	0.21	13.40
120	0.15	0.17	14.20

Figura 17. Panel sándwich y sus características

6.7.3 CORREAS

Para las correas que soportarán la cubierta se optará por perfiles ZF-140x3.0 de acero S235, según se ha calculado.

Generalmente, si se dispone de una celosía para la cubierta, la opción de elegir perfiles conformados acostumbra a ser más eficaz ya que tienen una mayor inercia. Por lo tanto, tienen mejor comportamiento a flexión y una buena rigidez transversal.

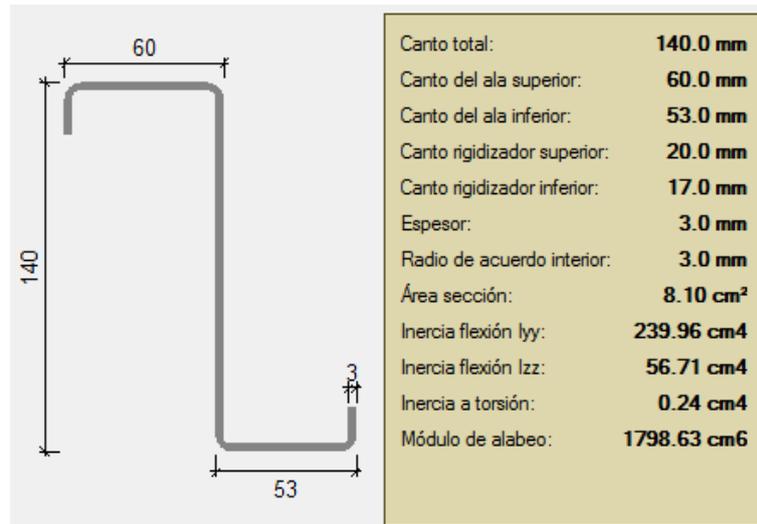


Figura 18. Características perfil ZF-140x3.0. FUENTE: CYPE

Las correas se colocarán en la cubierta mediante fijación rígida con 1,2 metros de separación entre ellas. Las dimensiones serán las que se muestran en la figura 18. Además, tendrán un peso de 6,36 kg/m.

6.8 CIMENTACIÓN

Debido a las características del terreno sobre el que se ejecutará la nave, se optará por una solución de zapatas aisladas unidas mediante vigas de atado. No es necesaria una losa de cimentación o semejante ya que la nave ira construida sobre roca con una capacidad portante elevada sin problemas de asientos diferenciales. Las zapatas aisladas se unirán entre si consiguiendo que la cimentación sea más estable.

En el caso de las vigas de atado, tendrán todas las mismas dimensiones. En cambio, se tendrán zapatas de diferentes tamaños ya que las cargas varían entre los diferentes apoyos de la nave.

Las zapatas tendrán las siguientes dimensiones:

CANTIDAD DE ZAPATAS	DIMENSIONES (b x l x e)
6	85 x 165 x 55 cm
4	90 x 140 x 60 cm
2	190 x 110 x 55 cm
4	210 x 110 x 60 cm

Tabla 5. Dimensiones de las zapatas

Todas las vigas de atado tendrán las siguientes dimensiones de sección: 40 x 40 centímetros

Las zapatas irán apoyadas sobre el hormigón de limpieza vertido sobre la roca. Este hormigón ira a una cota de -0,85 metros. La capacidad portante de la roca que hay a partir

de la cota -0,5 metros de terreno es 3 kg/cm^2 , valor superior al de la carga admisible mínima de 2 kg/cm^2 que debe tener. El volumen que queda tras la excavación y la ejecución de la cimentación, se rellenará con todo uno ya que las arcillas excavadas no tienen una capacidad portante suficiente. Sobre este material se colocará la solera de la nave, que quedará a una cota de $(0,35+0,5+\text{espesor de zapata-excavación})$.

6.8.1 HORMIGÓN DE LIMPIEZA

Para evitar la desecación del hormigón de las zapatas durante su vertido, así como una posible contaminación de éste durante las primeras horas de su hormigonado, es necesario tener una solera de asiento previa a la ejecución de las zapatas. Se colocará una capa de 10 centímetros de hormigón de limpieza.

El Código Técnico de la Edificación permite únicamente que el hormigón utilizable para esta aplicación sea el siguiente: HL-150/C/30.

6.8.2 ARMADURA

Se ha diseñado una armadura para que las zapatas aumenten su resistencia ante esfuerzos provenientes tanto del terreno como de la propia nave. A continuación, se muestra la distribución del armado:

TIPO DE ZAPATA	ARMADURA
85 x 165 x 55 cm	Sup X: 7Ø12c/22 Sup Y: 4Ø12c/22 Inf X: 7Ø12c/22 Inf Y: 4Ø12c/20
90 x 140 x 60 cm	Sup X: 7Ø12c/20 Sup Y: 4Ø12c/20 Inf X: 7Ø12c/20 Inf Y: 4Ø12c/20
190 x 110 x 55 cm	Sup X: 5Ø12c/22 Sup Y: 9Ø12c/22 Inf X: 5Ø12c/22 Inf Y: 9Ø12c/22
210 x 110 x 60 cm	Sup X: 5Ø12c/20 Sup Y: 10Ø12c/20 Inf X: 5Ø12c/20 Inf Y: 10Ø12c/20

Tabla 6. Distribución de la armadura de las zapatas

VIGA DE ATADO	ARMADURA
40 x 40 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

Tabla 7. Distribución de la armadura de las vigas de atado

Las barras de acero que se utilizarán para el armado de la cimentación serán de acero B500S cuya resistencia característica es de $f_{yk}=500 \text{ N/mm}^2$.

6.9 MEMORIA DE ACABADOS

Las divisiones interiores se realizarán mediante dos tipos de tabique; Por un lado, la separación entre los vestuarios y la separación entre uno de ellos y el despacho se ejecutará mediante un tabique de dos hojas de bloque de hormigón con aislamiento interior para poder introducir las instalaciones por medio del tabique. Por otro lado, el resto de tabiques se realizarán mediante doble placa de yeso laminado con lana de roca en el interior para mejorar el aislamiento. Todos los tabiques serán longitudinales con una altura de 3,50 metros, dejando un pequeño espacio hasta la celosía para poder colocar las instalaciones. Esos 50 centímetros que quedan entre la celosía y los tabiques se cubrirán con un falso techo. El falso techo se ejecutará con placa de escayola con una capa de lana mineral en su parte superior para aumentar el aislamiento acústico y térmico.

El falso techo permite el paso de las instalaciones por su parte superior ocultándolas del público, además de darle una estética menos llamativa que dejando la celosía a la vista y permitiendo la colocación de las luminarias empotradas en él.

Las divisiones entre aseos en el interior de los vestuarios, y la separación entre la ducha accesible y el resto de duchas, se realizarán mediante paneles fenólicos dobles para introducir las instalaciones por medio sin que sean visibles. La separación entre las duchas y los bancos de los vestuarios también serán de paneles fenólicos. La separación entre el aseo accesible y el resto de vestuario será de fábrica de ladrillo hueco para poder incorporar la puerta corredera.

Todos los techos y tabiques de la nave irán acabados en pintura plástica, excepto los tabiques de los cuartos húmedos. Éstos, en cambio, irán alicatados en su interior con azulejos cerámicos para un mejor comportamiento frente a la humedad.

Los pavimentos serán igual en toda la superficie de la nave. Estarán realizados mediante un solado de baldosas cerámicas por su ventaja en cuanto a limpieza y resistencia a la humedad.

Las puertas interiores de la nave serán de acero galvanizado excepto las de las separaciones en el interior de los vestuarios como se ha comentado anteriormente. Todas las ventanas serán de aluminio sobre premarco del mismo material.

Las puertas serán abatibles excepto en los aseos accesibles que, para aumentar la comodidad al acceder a su interior, se colocará una puerta corredera en cada aseo. Las puertas interiores tendrán tamaños diferentes entre los vestuarios y el despacho y el cuarto de almacenaje, ya que los vestuarios deben tener puertas con mayor anchura para permitir el paso de sillas de ruedas.

La nave dispondrá de un solo acceso y estará formado por una puerta abatible doble con unas medidas de 3 metros de anchura y 2,5 metros de altura. Será de aluminio igual que las interiores.

Las dos ventanas más alejadas de la puerta de acceso en la fachada de entrada serán abatibles del mismo modo que las cuatro ventanas de la fachada trasera colocadas a una altura corriente. La ventana doble de la fachada de entrada será corredera y las cuatro ventanas de menor tamaño y elevadas de la fachada trasera serán solamente oscilobatientes.

	DIMENSIONES (h x b)
FACHADA DE ENTRADA	2 (1,2 x 1) m y 1 (1,2 x 3) m
FACHADA TRASERA	4 (1,2 x 1) m y 4 (0,4 x 1) m

Tabla 8. Ventanas de la nave

	DIMENSIONES (h x b)
ENTRADA	1 (2,5 x 3) m
PUERTAS INTERIORES	2 (2,05 x 0,8) m y 2 (2,05 x 0,9) m
SEPARACIÓN ASEO-VESTUARIO	4 (2,05 x 0,6) m y 2 (2,05 x 0,9) m

Tabla 9. Accesos interiores y exteriores de la nave

6.10 INSTALACIONES

En este apartado se exponen las redes de saneamiento y suministro de agua de la nave, la instalación de la climatización, la instalación eléctrica, la iluminación interior de los diferentes recintos de la nave, así como la instalación de gas para el funcionamiento de la caldera.

El ayuntamiento no pudo facilitar, por falta de documentación, la ubicación de las redes generales de abastecimiento y saneamiento, pero sí una ubicación aproximada de las mismas que será la utilizada para los cálculos de las instalaciones. En la figura 19 se puede observar el trazado de la ubicación inexacta para poder realizar la conexión de la nave con la red general.

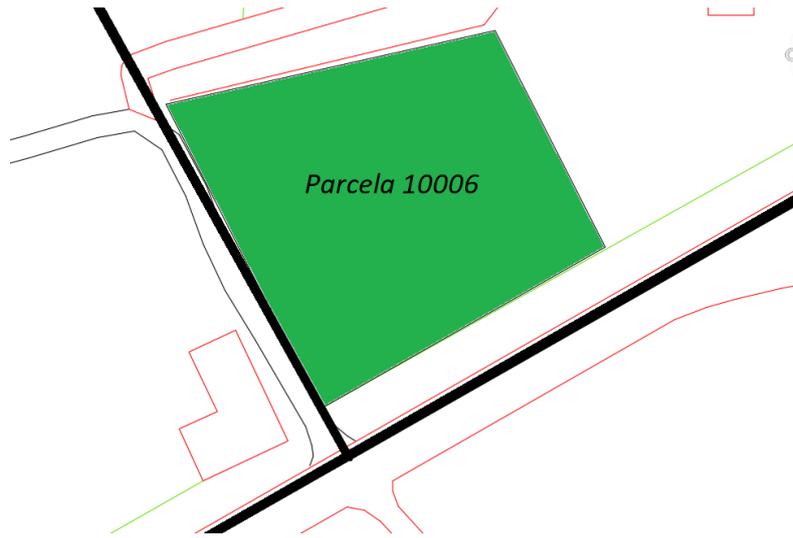


Figura 19. Ubicación de la red general

6.10.1 SUMINISTRO

La instalación para el suministro de agua incluirá el agua fría para los vestuarios y aseos, así como el agua caliente sanitaria (ACS) y el dimensionado de los equipos de calentamiento.

El suministro de agua se realizará desde la red de suministro de la localidad de La Granda a través de la acometida alojada en una arqueta prefabricada de polipropileno. La tubería de alimentación es de polietileno PE de 100 milímetros con una presión nominal de 10 atm.

Se ha independizado la instalación de cada vestuario por medio de llaves de paso, permitiendo el uso de cada punto de consumo cuando haya averías o cortes en otros. La red de suministro de agua se divide en 2 cuartos húmedos: vestuario femenino y vestuario masculino. En cada vestuario se dispondrán inodoros, duchas y lavabos.

Para el suministro de agua caliente sanitaria se dispondrá de una caldera a gas que estará situada en el almacén.

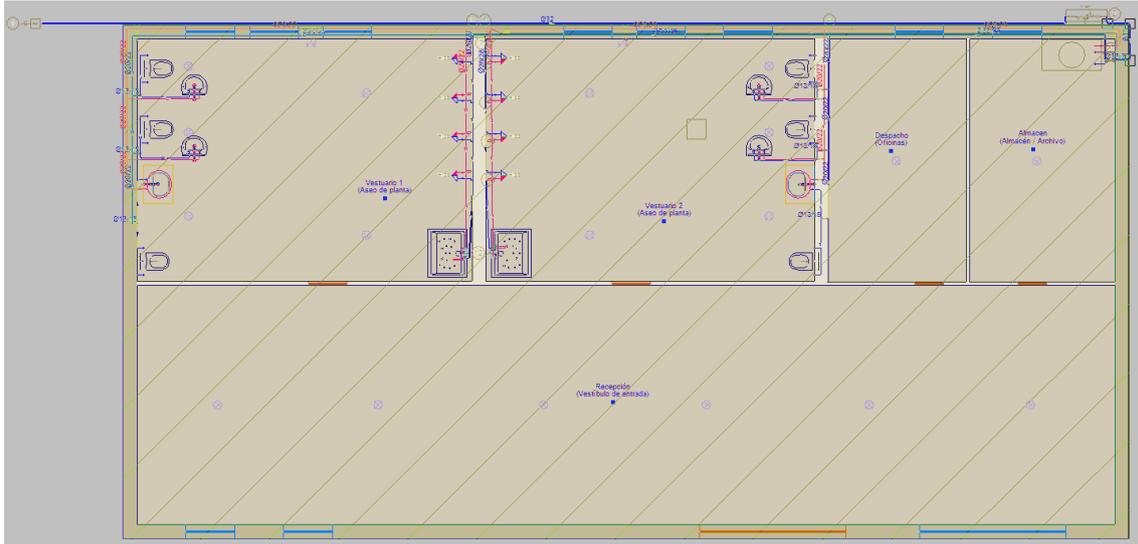


Figura 20. Vista en planta de la red de suministro. FUEENTE: CYPECAD MEP

En el anejo 7 se explican con mayor detalle las características, los cálculos hidráulicos y el proceso de dimensionamiento de la red de suministro de agua

6.10.2 SANEAMIENTO

La red de saneamiento incluye la recogida de aguas pluviales, la de aguas residuales y los colectores mixtos. El sistema incluye elementos auxiliares de cierre hidráulico y diferentes salidas de aireación. La red recoge el conjunto de vertidos y las transporta desde las instalaciones interiores hasta la red de saneamiento general de la localidad.

La disposición de la red de pequeña evacuación será bajo el forjado de la nave. La red estará constituida por la evacuación desde los diferentes cuartos húmedos y 4 bajantes de pluviales. Las bajantes de pluviales irán por diferentes recorridos. 2 de ellas se unirán con la evacuación de los cuartos húmedos antes de llegar a la red de saneamiento general. Por otro lado, las 2 bajantes de pluviales restantes serán independientes a las anteriores para no atravesar la nave.

Se dispondrán de 4 bajantes de ventilación primaria de PVC cuyos diámetros serán 110 milímetros. Los colectores desde los puntos de consumo tendrán diferentes diámetros: 40, 50 y 110 milímetros.

Los colectores desde la instalación interior y bajantes de pluviales a las arquetas exteriores serán de PVC serie B y tendrán 2 diámetros diferentes en función de la necesidad de agua que deban transportar: 90, y 110 milímetros.

Por otra parte, los colectores entre arquetas exteriores serán de PVC liso, serie SN-10 y 110 milímetros de diámetro, y los colectores a la red general de saneamiento serán de PVC liso, serie SN-4 con un diámetro de 110 milímetros.

Para la evacuación de aguas pluviales de la cubierta, ésta se ha dividido en dos áreas de pluviales como se observa en la figura 21 y se dispondrán dos canalones circulares de PVC con desarrollo de 250 milímetros. Las bajantes serán de PVC con óxido de titanio de 125 milímetros de diámetro ya que es el mínimo que marca el CTE. Cype no tiene en su biblioteca tales medidas así que realiza los cálculos con bajantes de 80 milímetros. Aun así, no complica su evacuación ya que la bajante más colmada tiene un nivel de llenado de 0,141.

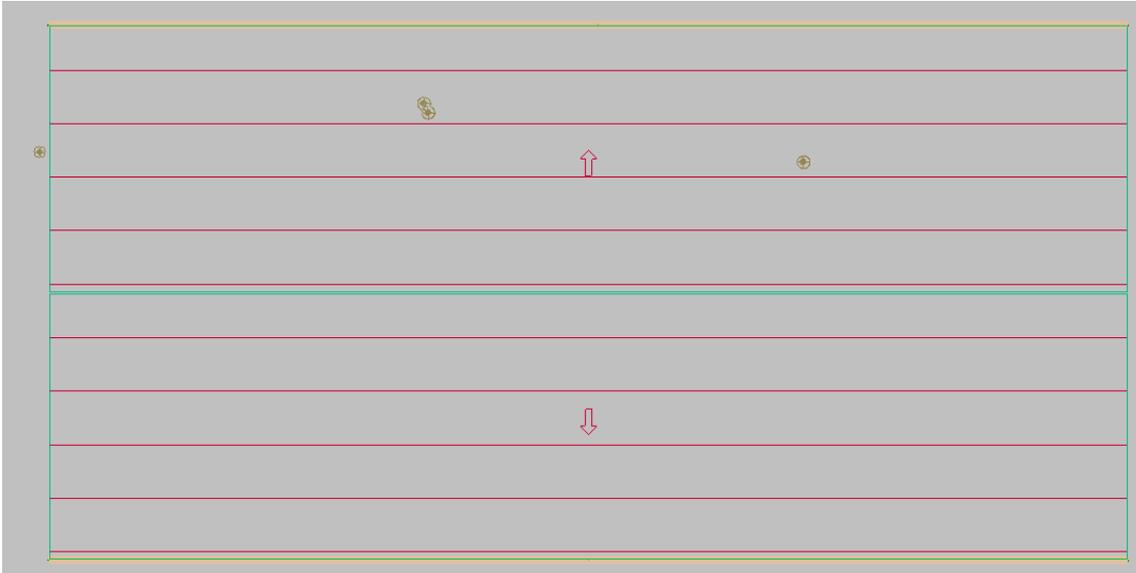


Figura 21. Distribución de las áreas de pluviales. FUENTE: CYPECAD MEP

Las aguas evacuadas desde la nave no tendrán una carga contaminante notable por lo que se evacuarán a la red de alcantarillado público para su depuración como aguas residuales urbanas.

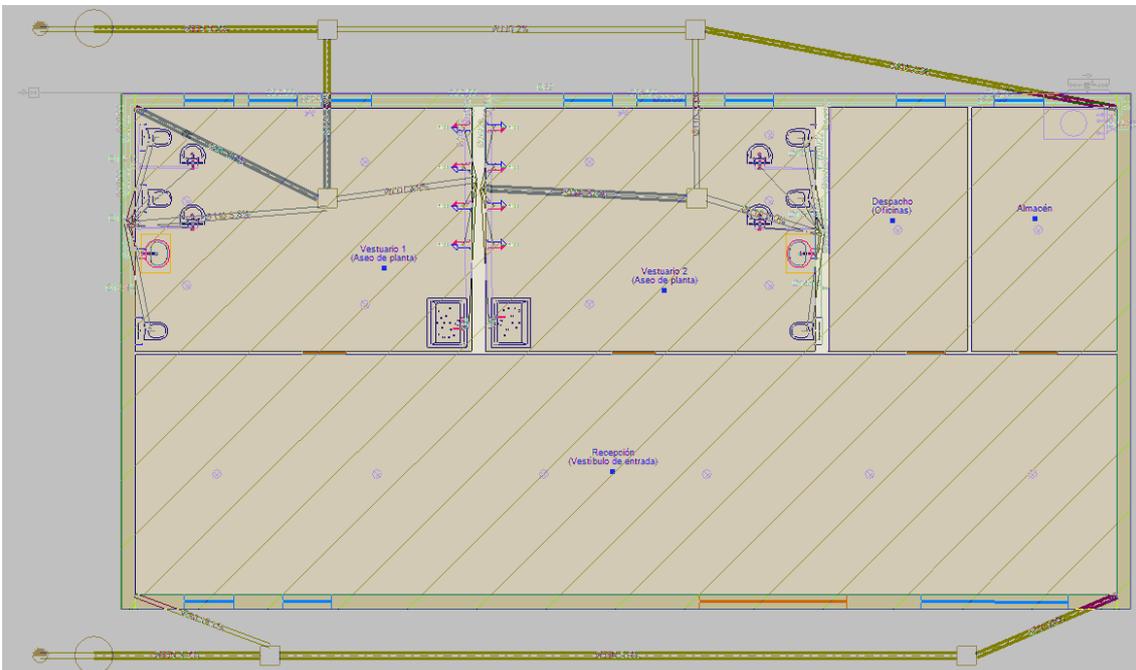


Figura 22. Vista en planta de la red de saneamiento. FUENTE: CYPECAD MEP

En el anejo 8 se explican con mayor detalle las características, los cálculos y el proceso de dimensionamiento de la red de saneamiento.

6.10.3 ILUMINACIÓN

Debido a que la nave no tendrá lucernarios y las ventanas de las que dispone no permitirán un paso de luz natural suficiente, será necesario colocar iluminación artificial en el interior de la nave.

La iluminación interior estará formada por luminarias empotradas en el falso techo y en función del recinto al que vayan a iluminar y teniendo en cuenta los niveles mínimos de iluminación, serán de diferentes tipos. Las diferentes luminarias utilizadas son las siguientes:

Nº	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
1	mt34aem010d	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes, carcasa de 245x110x58 mm, clase II, IP 42, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 1 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h.	9,00 Ud
2	mt34aem012	Marco de empotrar, para luminaria de emergencia.	9,00 Ud
3	mt34lam010cp	Luminaria de empotrar modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W, con cuerpo de luminaria de chapa de acero lacado en color blanco y lamas transversales estriadas; reflector de aluminio brillante; balasto magnético; protección IP 20 y aislamiento clase F.	4,00 Ud
4	mt34ode170aa	Luminaria de empotrar cuadrada (modular), de 597x597 mm, para 3 lámparas fluorescentes T5 de 14 W, rendimiento 69%, cuerpo de luminaria de chapa de acero termoesmaltado en color blanco; óptica formada por lamas longitudinales y transversales parabólicas de aluminio acabado semimate; balasto electrónico; protección IP 20 y aislamiento clase F.	2,00 Ud
5	mt34ode180ve	Luminaria de empotrar rectangular, de 1200x300 mm, para 2 lámparas fluorescentes T5 de 28 W, rendimiento 62%, cuerpo de luminaria de chapa de acero termoesmaltado en color blanco; óptica formada por lamas longitudinales y transversales parabólicas de chapa de acero termoesmaltado en color blanco; balasto electrónico; protección IP 20 y aislamiento clase F.	6,00 Ud
6	mt34ode540aa	Luminaria, de 597x37x30 mm, para 18 led de 1 W, cuerpo de luminaria de aluminio extruido termoesmaltado en color blanco; óptica extensiva; difusor opal; balasto electrónico; protección IP 20 y aislamiento clase F.	4,00 Ud
7	mt34ode540gb	Luminaria, de 1188x37x30 mm, para 36 led de 1 W, cuerpo de luminaria de aluminio extruido termoesmaltado en color blanco; óptica extensiva; difusor opal; balasto electrónico; protección IP 20 y aislamiento clase F.	2,00 Ud

Tabla 10. Listado de luminarias utilizadas

En el anterior listado, se puede observar que están incluidas las luminarias de emergencia. La nave dispondrá de este tipo de luminarias en cada uno de los recintos ya que son obligatorias para iluminar las salidas en caso de fallo en la alimentación de la iluminación normal.

En lo que respecta a la eficiencia energética, los diferentes recintos cumplen con los límites que marca el CTE DB HE 3. La potencia límite para el tipo de edificio que es la nave proyectada es 12 W/m² y la nave proyectada cumple con los valores mínimos ya que tiene una potencia total instalada por unidad de superficie iluminada de 5,03 W/m².

En la siguiente figura se observa la distribución que tomarán las luminarias instaladas en los diferentes recintos de la nave.

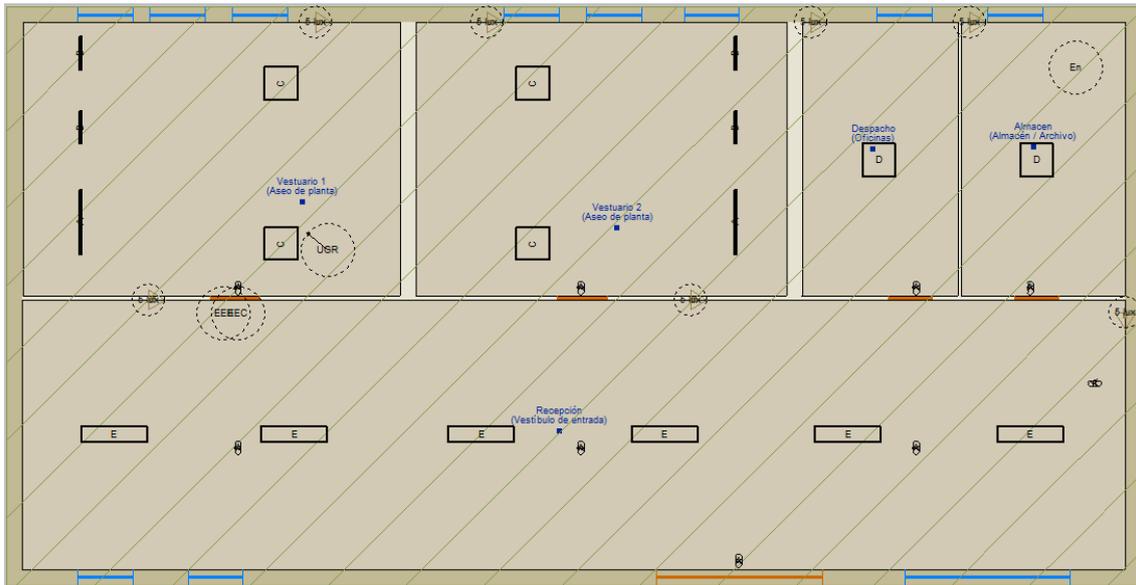


Figura 23. Distribución de las luminarias. FUENTE: CYPECAD MEP

En el anejo 9 se explican con mayor detalle las características y los cálculos relacionados con la iluminación de la nave.

6.10.4 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica comenzará con la caja general de protección y la concentración de contadores que se encontrarán en el exterior de la nave. Desde ahí, se llegará hasta el cuadro individual que se encontrará en el almacén como se ha comentado anteriormente. Desde este cuadro se distribuirá toda la electricidad al resto de la nave, no se dispondrá de ningún subcuadro.

Al no disponer de las potencias reales instaladas, se asume un valor de 100 W/m^2 , con un mínimo por local u oficina de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1. Por lo tanto, la potencia total demandada por la instalación será de $32,81 \text{ KW}$ y la potencia prevista por la instalación será $10,938 \text{ KW}$.

Las derivaciones individuales tendrán una longitud de $1,48$ metros y estarán realizadas mediante un tubo empotrado, en una pared de mampostería $D=50 \text{ mm}$.

La instalación proyectada será la siguiente:

Circuitos interiores de la instalación			
Referencia	Longitud (m)	Línea	Tipo de instalación
C1 (iluminación)	141.08	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm
C2 (tomas)	126.09	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C13 (aluminado de emergencia)	102.17	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm
C14 (Bomba de circulación (climatización)+Ventilador centrífugo en línea+Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	19.85	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C15 (Equipo de aire acondicionado (split))	45.46	H07V-K 3G4	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
Sub-grupo 2	-		
C7 (tomas)	41.81	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C16 (producción de A.C.S. / Calefacción)	1.55	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm

Tabla 11. Características de los circuitos interiores de la instalación. FUENTE: CYPECAD MEP

En el anejo 10 se explican con mayor detalle las características y los cálculos relacionados con la instalación eléctrica de la nave.

6.10.5 INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

Debido al uso de la nave y las características de los diferentes recintos que la componen, es necesario disponer de un sistema de climatización para cumplir con unas exigencias mínimas de bienestar. Con ello se busca una calidad térmica del ambiente, del aire interior y de la dotación de agua caliente sanitaria. Además, se intentará reducir el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas.

El dimensionamiento de las instalaciones se ha realizado cumpliendo lo recogido en la normativa RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios).

La instalación se compondrá de una caldera para calefacción y ACS, calefacción en ambos vestuarios, un sistema de climatización en el despacho y una red de ventilación en la zona de recepción y en el despacho.

En cada vestuario habrá dos radiadores de aluminio inyectado formado por elementos de 781 milímetros de alto, con una emisión calorífica de 135,8 kcal/h. Los radiadores estarán conectados a la caldera mediante colectores de impulsión y retorno de agua para un funcionamiento óptimo. No se ha considerado necesaria la inclusión de un sistema de refrigeración debido al uso que se le va a dar, excepto en el despacho donde se dispone de climatización.

La potencia térmica instalada será de 15 KW.

En el anejo 11 se explican con mayor detalle las características y los cálculos relacionados con la instalación de climatización de la nave.

6.10.6 SUMINISTRO DE GAS

Para el correcto funcionamiento de la caldera de ACS y calefacción, es necesario disponer de suministro de gas. Debido a la ubicación de la nave, no es posible disponer de un suministro general de gas. Por lo tanto, se ha optado por una solución mediante un depósito homologado de gases licuados del petróleo (GLP).

Este depósito irá ubicado en el exterior de la nave como se observa en los planos correspondientes e irá instalado en la superficie. Tendrá una capacidad de 1000 litros que serán suficientes para satisfacer las necesidades de los asistentes.

La instalación estará formada por la instalación común de gas, los montantes individuales y las instalaciones particulares las cuales estarán formadas por tubos de cobre estirado en frío sin soldadura. También formará la instalación la valvulería y los contadores.

La potencia total en la acometida de la instalación receptora de gas será de 30 KW.

En el anejo 11 se explican con mayor detalle las características y los cálculos relacionados con el suministro de gas de la nave.

6.11 APARCAMIENTO SUPERFICIAL

Como se ha dicho anteriormente, se realizará un aparcamiento superficial para albergar a los asistentes de la oficina que quieran realizar la actividad o simplemente informarse, por ejemplo. Para ello tras un enchado de roca y un relleno de zahorra, se completará la superficie mediante una mezcla bituminosa en caliente semidensa, ejecutando toda la capa de rodadura del mismo tipo de mezcla. Este acabado también se realizará en la carretera de acceso al aparcamiento y los alrededores de la nave, aunque no tenga como finalidad el estacionamiento de vehículos.

En el plano n°1, en el plano 7 de 7, se puede observar la distribución del aparcamiento, donde excluyendo la nave, todo lo demás tendrá el acabado explicado en el anejo 14.

La evacuación de las aguas superficiales del aparcamiento se realizará de manera natural al terreno debido a una pendiente del 2% del aparcamiento. El agua discurrirá por una cuneta hasta alcanzar una tubería que recoge el agua bajo el desvío que linda al oeste con la parcela. Bajo el acceso de la N-634 al aparcamiento se dispondrá de una tubería por la que fluirá el agua para llegar a la tubería de evacuación mencionada anteriormente.

En el anejo 14 se especifican con mayor detalle las características, los cálculos y el dimensionado de toda la zona pavimentada en el exterior de la nave y su evacuación de aguas.

6.12 GESTIÓN DE RESIDUOS

Como el terreno donde se ubicará la nave proyectada es virgen, no ha tenido actividades anteriores a la obra, ni está contaminado y se trata de una parcela privada, no es necesario un estudio de gestión de residuos. Simplemente, se especificarán las distintas medidas de prevención a tener en cuenta a la hora de ejecutar la obra.

En el anejo 15 se explican con mayor detalle las medidas de prevención.

7. PLAN DE OBRA

El objetivo del plan de obra es definir la programación de las tareas proyectadas en un tiempo real. La obra se dividirá en 18 actividades generales que siguen el orden lógico de un proceso de construcción.

El plazo de ejecución de la obra estimado será de 135 días, contando solamente días laborables, con una jornada de 8 horas al día, 7 días a la semana.

En la siguiente tabla se muestran las diferentes tareas propuestas, desglosadas con la fecha de inicio, final y los días de duración de cada una.

ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA FIN	DÍAS
1. Desbroce del terreno	04/11/2019	08/11/2019	5 días
2. Replanteo	11/11/2019	11/11/2019	1 día
3. Excavación y nivelación	12/11/2019	21/11/2019	8 días
4. Cimentación	22/11/2019	11/12/2019	14 días
5. Instalaciones enterradas	22/11/2019	27/11/2019	4 días
6. Relleno aparcamiento	12/12/2019	19/12/2019	6 días
7. Relleno bajo nave	12/12/2019	17/12/2019	4 días
8. Solera	18/12/2019	23/12/2019	4 días
9. Estructura metálica	24/12/2019	20/01/2020	20 días
10. Cubierta	21/01/2020	29/01/2020	7 días
11. Cerramiento lateral	30/01/2020	05/02/2020	5 días
12. Suministro de agua	06/02/2020	13/02/2020	6 días
13. Evacuación de agua	14/02/2020	25/02/2020	8 días
14. Instalación eléctrica e iluminación	26/02/2020	11/03/2020	11 días
15. Climatización y gas	12/03/2020	23/03/2020	8 días
16. Particiones interiores	24/03/2020	02/04/2020	8 días
17. Acabados interiores	03/04/2020	17/04/2020	11 días
18. Pavimentado aparcamiento	20/04/2020	01/05/2020	10 días
19. Limpieza de obra	04/05/2020	08/05/2019	5 días
20. Calidad	04/11/2019	08/05/2019	135 días
21. Seguridad y Salud	04/11/2019	08/05/2019	135 días
TOTAL	04/11/2019	08/05/2020	135 días

Tabla 12. Duración de las diferentes actividades de la obra

En el anejo 16 se especifica cada actividad y se representa el conjunto de las tareas mediante el diagrama de Gantt donde se establecerán de manera gráfica los plazos en que se deberá ejecutar cada actividad.

8. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

A continuación, se muestra un resumen del presupuesto estimado para la ejecución de la obra. En el documento nº4 se puede encontrar con mayor detalle.

CAPÍTULO	RESUMEN	IMPORTE	%
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	29.189,24	15,37
02	CIMENTACIÓN.....	10.800,57	5,69
03	ESTRUCTURA METÁLICA.....	12.766,90	6,72
04	FACHADAS Y PARTICIONES.....	24.084,18	12,68
05	CARPINTERÍA.....	12.013,30	6,32
06	INSTALACIONES.....	50.886,49	26,79
07	AISLAMIENTOS E IMPERMEABILIZACIONES.....	6.456,80	3,40
08	REVESTIMIENTOS Y TRASDOSADOS.....	25.377,97	13,36
09	APARCAMIENTO SUPERFICIAL.....	7.601,62	4,00
10	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	10.771,13	5,67
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		189.948,20	
	13,00% Gastos generales.....	24.693,27	
	6,00% Beneficio industrial.....	11.396,89	
	Suma.....	36.090,16	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN SIN IVA		226.038,36	
	21% IVA.....	47.468,06	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		273.506,42	

Asciende el presupuesto a la expresada cantidad de DOSCIENTOS SETENTA Y TRES MIL QUINIENTOS SEIS EUROS con CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS

9. NORMATIVA

En la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas vigentes aplicables:

- Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo) B.O.E.
- Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo) B.O.E.
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (Real Decreto 842/2004, de 3 de diciembre) B.O.E.
- P.G.O.U. de Cangas de Onís (Suplemento al B.O.P.A nº83 del 10 de abril de 2004)
- Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)
- ITC-BT Alumbrado normal y alumbrado de emergencia.
- Norma 6.1 IC. Secciones de firme

10. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

LIBROS CONSULTADOS

- Manual imprescindible de CYPE 3D 2016: Diseño y cálculo de estructuras metálicas
- CYPECAD MEP: Instalaciones del edificio

INSTITUCIONES Y EMPRESAS

- Canoas Ribadesella, S.L.
- Principado de Asturias
- Ayuntamiento de Cangas de Onís
- Instituto Geográfico nacional

PAGINAS WEB

- <https://www.boe.es/>
- <https://www1.sedecatastro.gob.es>
- <https://www.cangasdeonis.com/>
- <https://www.elcomercio.es/>
- <http://sitpa.cartografia.asturias.es>
- <https://www.asturias.es/>
- <https://www.codigotecnico.org/>
- <http://www.aemet.es/>
- <https://www.meteoblue.com/>
- <https://www.fomento.gob.es/>

PROGRAMAS INFORMÁTICOS UTILIZADOS

- AutoCAD (versión 2018)
- CYPE (versión 2017)
- Presto (Versión 2013)
- Openproj (Versión 1.4)
- Microsoft Office (versión 2016)

11. ÍNDICE DE ANEJOS

- Anejo 1. Fotográfico
- Anejo 2. Climatológico
- Anejo 3. Geotécnico
- Anejo 4. Replanteo
- Anejo 5. Movimiento de tierras
- Anejo 6. Cálculo estructural
- Anejo 7. Suministro de agua
- Anejo 8. Saneamiento de agua
- Anejo 9. Iluminación
- Anejo 10. Instalación eléctrica
- Anejo 11. Climatización y gas
- Anejo 12. Protección contra incendios
- Anejo 13. Accesibilidad
- Anejo 14. Aparcamiento superficial
- Anejo 15. Gestión de residuos
- Anejo 16. Plan de obra
- Anejo 17. Documento de interés

Bilbao, junio de 2019

FIRMADO:



Aratz Mejuto Ruiz

Ingeniero Civil

ANEJO 01: FOTOGRAFICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	37
2. REPORTAJE FOTOGRAFICO.....	37
2.1 OFICINA ACTUAL	37
2.2 ENTORNO ACTUAL	40

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este anejo es mostrar la ubicación donde se desarrollará la obra de la nave proyectada, incluyendo los servicios cercanos. También se mostrarán diferentes ángulos de la oficina actual mostrando el porqué de la construcción de la nueva oficina.

2. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

2.1 OFICINA ACTUAL



Figura 1. Recepción de la oficina



Figura 2. Acceso a aseos y vestuarios



Figura 3. Vestuario



Figura 4. Duchas



Figura 5. Zona de almacenaje



Figura 6. Despacho



Figura 7. Acceso a la oficina

2.2 ENTORNO ACTUAL



Figura 8. Parcela actual (1)



Figura 9. Parcela actual (2)



Figura 10. Parcela actual (3)



Figura 11. N-634 dirección Santander



Figura 12. N-634 dirección Oviedo



Figura 13. Desvío a Toriño



Figura 14. Servicios de hospedaje junto a la parcela (1)



Figura 15. Servicios de hospedaje junto a la parcela (2)



Figura 16. Servicios de restauración y estacionamiento de autobuses



Figura 17. Parada de autobuses próximo a la parcela

ANEJO 02: CLIMATOLÓGICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	44
2. CLIMATOLOGÍA DE ASTURIAS Y CANGAS DE ONÍS	44
3. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS.....	45
3.1 PRECIPITACIONES	45
3.1.1 LLUVIAS	45
3.1.2 NIEVE	46
3.2 VIENTO.....	47
3.3 INSOLACIÓN Y NUBOSIDAD.....	48
3.4 TEMPERATURA	48
3.4.1 TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS	49
3.4.2 HELADAS.....	50
4. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD	50

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es el estudio climatológico del concejo de Cangas de Onís, ya que el clima es uno de los parámetros más limitantes a la hora de realizar una obra en el territorio asturiano.

Los datos, de los últimos 30 años, son extraídos de la estación meteorológica del concejo de Amieva, ya que es la más cercana a la ubicación del proyecto.



Provincia	Asturias
Nombre	Amieva
Latitud	43°16'0"N
Longitud	5°7'9"W
Altitud	370 metros



Ubicación de la nave



Ubicación de la estación meteorológica

Figura 1. Datos de la estación meteorológica de Amieva. FUENTE: AEMET

2. CLIMATOLOGÍA DE ASTURIAS Y CANGAS DE ONÍS

Geográficamente Asturias está situada dentro de la franja más septentrional de la península ibérica, perteneciendo desde el punto de vista hidrográfico, a la vertiente cantábrica. El hecho de lidiar en toda su longitud con el mar cantábrico hace que goce del clima cantábrico. En el interior de la comunidad se diferencia por el relieve, en la que la Cordillera Cantábrica es determinante.

Desde el punto de vista climático, el Principado pertenece plenamente a la denominada “España húmeda”. Además, está incluida dentro de la llamada “zona verde”, dividiéndose en dos regiones climáticas diferentes: las regiones semimarítima y marítima.

La región semimarítima abarca la mitad meridional de Asturias. Las temperaturas acostumbran a ser alrededor de 2 °C más bajas en invierno y 2,5 °C más altas en verano

que en la región marítima. Asimismo, las variaciones diarias y anuales de temperatura son mayores, debido al relieve en las zonas de alta montaña. La región marítima ocupa la mitad norte del principado caracterizándose por un clima húmedo con una habitual nubosidad debida al efecto de “estancamiento” producido por la Cordillera Cantábrica, que se extiende aproximadamente paralela a la costa.

Cangas de Onís se puede considerar que forma parte de la variedad oceánica del clima cantábrico. En general, las temperaturas presentan menos extremos que las zonas montañosas del interior. Además, las precipitaciones son muy abundantes lo que permite unas condiciones óptimas para el crecimiento de la vegetación.

El clima húmedo y templado origina una vegetación con existencia de bosque mesófilo, de hoja caduca que, a pesar de la progresiva introducción de especies extranjeras, aún tiene una importancia muy relevante en el concejo. Así, en los bosques de Cangas de Onís abundan el castaño y los robles. Mientras que otras especies como el eucalipto supone un pequeño porcentaje de la superficie.

Por su parte, el río Sella presenta un bosque en la ribera con existencia de especies con un alto valor ecológico, como el Salmón Atlántico, por lo que ha sido merecedor de su inclusión en la red de áreas de conservación de la biodiversidad en la Unión Europea, la Red Natura 2000.

3. ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS

3.1 PRECIPITACIONES

Cangas de Onís es un concejo donde abundan las precipitaciones que se explican por su factor orográfico. Como se ha dicho anteriormente, su proximidad con el mar cantábrico y las grandes montañas próximas al concejo provocan que el clima sea húmedo.

Se encuentra en la vertiente norte de los Picos de Europa por lo que recibe anualmente un gran volumen de precipitaciones en forma de lluvia. Esto es provocado porque el frente montañoso supone una barrera para los frentes cargados de humedad que provienen del cantábrico. Estos frentes descargan en los Picos de Europa y en la zona situada entre éstos y el mar.

3.1.1 LLUVIAS

Los meses de julio y agosto son los más secos y los meses invernales los más húmedos. En algunos puntos del concejo las lluvias pueden rebasar los 2.000 mm. anuales. En la figura 2 se observan los datos de las lluvias medias de los últimos 30 años.

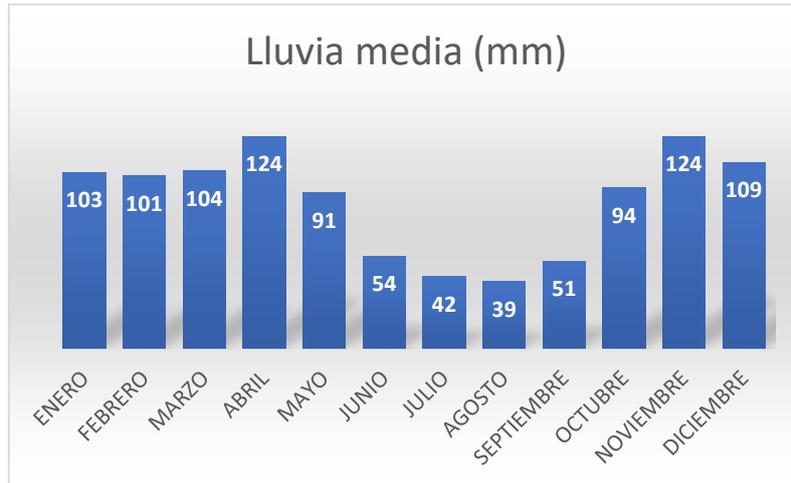


Figura 2. Lluvia media mensual en mm. FUENTE: meteoblue.com

Como se observa en la figura 2 abril es el mes con mayor media de lluvia, emparejado con noviembre. Asimismo, como se observa en la figura 3 abril también es el que tiene la media de días lluviosos más alta. Por otro lado, en la siguiente figura también se puede apreciar como julio y agosto son los meses con menor media de días con lluvia, como lo eran con la media de lluvia mensual.



Figura 3. Media mensual de días lluviosos. FUENTE: meteoblue.com

3.1.2 NIEVE

Por la proximidad de Cangas de Onís con el mar cantábrico y por la pequeña altitud del pueblo, son poco habituales los días de nieve. Como se puede observar en la figura 4, en los últimos 30 años no hay un mes donde haya habido de media 1 día en el que haya nevado, siendo lo más habitual que no haya nieve. Estos datos demuestran que hay muy poca probabilidad de que vaya a nevar.



Figura 4. Media mensual de días con nieve. FUENTE: meteoblue.com

3.2 VIENTO

En general, las costas asturianas, casi perpendiculares a los flujos de aire húmedos provenientes del mar y la gran regularidad y frecuencia con que ese aire llega, da lugar a una gran cantidad de nubes y nieblas. Las rachas de aire marítimas del Atlántico pueden tener distinto origen: aire polar de componentes norte, aire europeo continental del noreste, aire polar modificado del noroeste con largo recorrido por el mar y aire templado del oeste del área de Azores.

Asturias sufre de vez en cuando, especialmente en sus zonas costeras, la terrible actuación de los vientos del sur. Esos vientos “terrales” procedentes del interior de la península o de la Meseta superior, al encontrarse con la barrera de la Cordillera Cantábrica se ven obligados a superarla, llegando vientos resecos y recalentados a las zonas costeras. Debido a este fenómeno, la humedad del aire puede descender hasta alcanzar el 30%. Esos vientos del sur producen diferentes efectos: derretimiento precipitado de la nieve en zonas montañosas, se secan los prados y se debilitan los cultivos.

El relieve y el rozamiento con el terreno hace que el viento llegue con menor velocidad. En la figura 5 se observan las velocidades medias mensuales del viento en Cangas de Onís. La velocidad media anual oscila entre 10 y 16 km/h, habiendo picos de hasta 50-60 km/h especialmente en los meses de invierno, y de 20-30 km/h en verano.



Figura 5. Velocidad media mensual del viento. FUENTE: meteoblue.com

3.3 INSOLACIÓN Y NUBOSIDAD

El promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía durante el transcurso del año. En todo caso, la nubosidad es abundante durante el año. La elevada cantidad de nubosidad y la frecuencia de las nieblas hacen que, tanto en toda la región asturiana, como en el resto de regiones de la “España húmeda”, los índices de insolación sean especialmente bajos. Así, en el oriente del Principado, los promedios de insolación se sitúan entre 1.600 y 1.800 horas de sol anuales.

3.4 TEMPERATURA

En Cangas de Onís, los veranos son cortos, cómodos y secos; los inviernos largos, fríos y mojados. Las oscilaciones de las temperaturas entre los diferentes meses son muy relevantes y características. En verano pueden darse periodos cortos de días con calor intenso, pero por lo general las temperaturas son agradables a lo largo del año por la influencia del mar cantábrico. Las masas de aire, cuyas temperaturas se han suavizado al contacto con las templadas aguas oceánicas, llegan a la costa y hace que las variaciones de temperatura entre el día y la noche, y entre el invierno y el verano sean poco destacables.

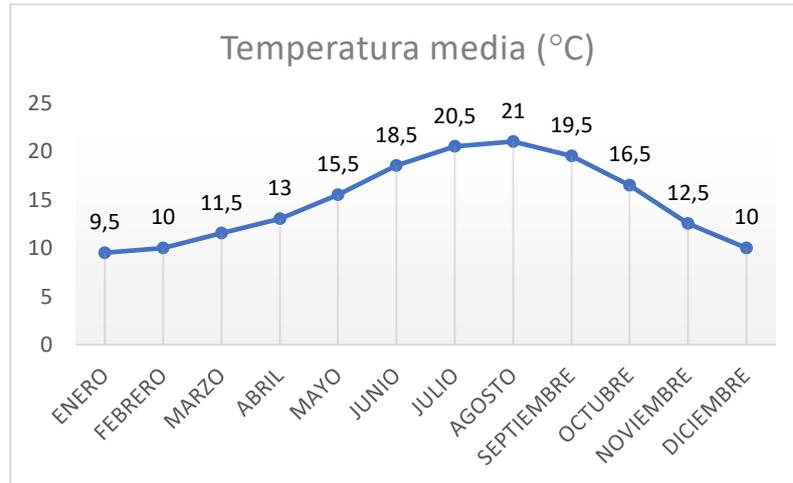


Figura 6. Temperatura media mensual. FUENTE: meteoblue.com

3.4.1 TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente oscila entre 6 °C y 26 °C. Analizando las figuras 6 y 7, se observa que la mejor época del año para visitar Cangas de Onís para actividades en las que sea necesario tener un tiempo con un mínimo nivel de calor es desde junio hasta septiembre. El fin de la nave proyectada, es tener asistencia para realizar el descenso del río Sella durante estos meses por ese motivo.

Las temperaturas máximas se dan a mitad del día, mientras que las mínimas se dan durante la noche. Por ello dan una información más relevante que la temperatura media. Por un lado, como se puede ver en la figura 7, el mes más caluroso es agosto con una temperatura media máxima de 26 °C, seguido de julio con 25 °C y ambos con una temperatura mínima de 16 °C. Por otro lado, el mes más frío es enero con una temperatura media máxima de 13 °C seguida de febrero y diciembre ambos con 14 °C y los tres meses con temperaturas medias mínimas de 6 °C.

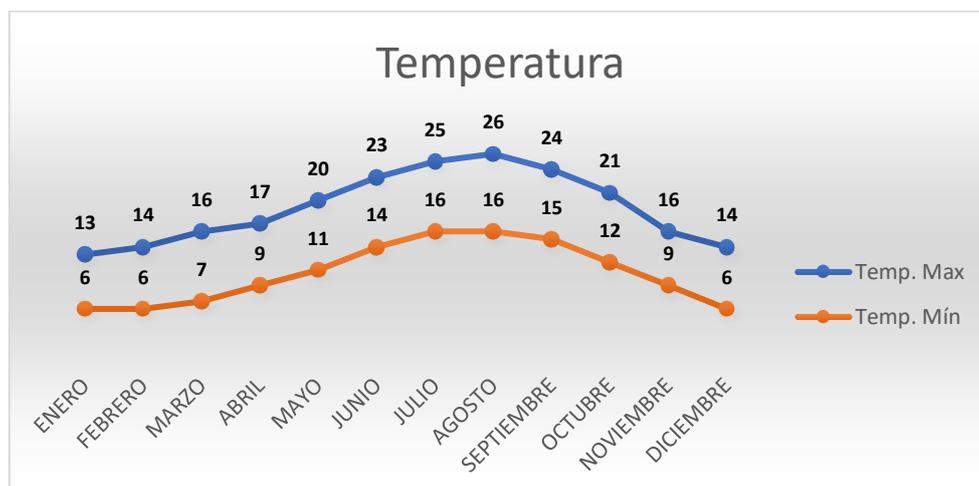


Figura 7. Temperatura máxima y mínima media mensual. FUENTE: meteoblue.com

3.4.2 HELADAS

La helada es un fenómeno meteorológico que consiste en un descenso de la temperatura hasta llegar a niveles inferiores a 0 °C. Es un dato interesante ya que quiere decir que se alcanza la temperatura de congelación del agua. El periodo de heladas presenta diferente duración en función de la localización dentro del concejo. Aunque Cangas de Onís se encuentre próxima al mar y hace que las temperaturas no sean tan extremas, el hecho de estar también cerca de los Picos de Europa hace que se superen los 20 días de heladas anuales. Como es lógico, los días con heladas se dan principalmente en los meses de invierno.



Figura 8. Media mensual de días con helada. FUENTE: meteoblue.com

4. ESTUDIO DE INUNDABILIDAD

La parcela donde irá ubicada la nave no se localiza en la categoría de zona de Interés de Vega, como se puede observar en el mapa de zonificación de suelos representado en la figura 10 de la memoria descriptiva. En esta categoría se incluyen aquellos que presentan riesgos frente a avenidas y crecidas de los ríos como manifiesta el PGOU de Cangas de Onís en el artículo 395. Por lo tanto, la parcela sobre la que se ejecutará la nave no tiene riesgos y no es necesario realizar un estudio de inundabilidad.

Subsección 2ª.c. SNU. DE INTERES DE VEGA (I.v).

Artículo 395. *DEFINICION.*

1. Se incluyen en esta categoría, las suertes de Suelo No Urbanizable de Interés que, teniendo una vocación claramente agropecuaria, mantienen un paisaje cultural formado por la imagen resultante de la explotación tradicional de las vegas, o aquellos otros que presentan una gran incidencia visual y riesgos frente a avenidas y crecidas de los ríos.

2. Estas zonas aparecen cartografiadas en en mapa de zonificación de Suelo No Urbanizable a escala 1:10.000 adjunto con las siglas I.v.

Figura 9. Definición de suelo no urbanizable de interés de vega. FUENTE: PGOU Cangas de Onís

Las zonas donde suele haber históricamente mayores inundaciones son los pueblos de Cangas de Onís y Arriondas. La razón es que tienen poca diferencia de cota entre la rasante de las carreteras más cercanas al Sella y el caudal del propio río, en algunos puntos inferior a 5 metros. No hay inundaciones frecuentemente, pero en épocas donde las lluvias son torrenciales, en más de una ocasión ha aparecido el desborde del río tocando las fachadas de las viviendas más próximas.

Hay un motivo fundamental por el cual las probabilidades de inundación de la nave son ínfimas: La nave se encuentra aproximadamente a unos 150 metros del río Sella en su parte más cercana. La altitud de la parcela en su punto más bajo es de 34 metros y la del río de 11 metros. Además, debe cruzar diferentes parcelas que tienen en algún punto una altitud de 42m. Para que el agua desbordada del Sella llegue a la ubicación de la nave, el agua debe subir 30 metros de nivel, lo cual tiene poca probabilidad de suceder. La ribera de la parcela más cercana tiene una diferencia de altura respecto al río de aproximadamente 10 metros, que ahí si hay posibilidades de desborde. Por esta razón, esa parcela está dentro de la zona de Interés de Vega.

ANEJO 03: GEOTÉCNICO

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	52
2.	OBJETO Y ALCANCE	52
2.1	PLANIFICACIÓN	52
	PRIMERA FASE	52
	SEGUNDA FASE	52
2.2	DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS	52
	SONDEOS	52
	PENETRÓMETROS.....	53
	AFLORAMIENTOS	53
3.	CONTEXTO GEOLÓGICO	60
	CÁMBRICO:	60
	CARBONÍFERO:	60
	PÉRMICO:.....	61
	TRIÁSICO:	61
	JURÁSICO:	61
4.	CONTEXTO GEOTÉCNICO.....	61
	NIVEL 1: ARCILLAS MARRONES DE COMPACIDAD MEDIA-BAJA.....	61
	NIVEL 2: ROCA CALIZA.....	62
	DATOS GEOTÉCNICOS	62
5.	NIVEL FREÁTICO	62
6.	EXCAVABILIDAD Y TALUDES.....	63
6.1	EXCAVABILIDAD	63
6.2	TALUDES	63
7.	ESTABILIDAD DE LADERAS.....	64
8.	AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN	64
9.	RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN.....	64

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la dificultad de encontrar un estudio geotécnico en la zona del proyecto, se tomarán los datos de un estudio realizado en una parcela a una pequeña distancia que debido a su similitud orográfica resulta válido. Este estudio se ha realizado en una zona intermedia entre la ubicación de la nave y la localidad de Ribadesella. La ubicación del estudio tiene similitud con la ubicación del proyecto ya que también es próxima al río Sella en su desembocadura al mar cantábrico.

2. OBJETO Y ALCANCE

El estudio está encaminado a obtener la siguiente información:

- Condiciones de los diferentes niveles que constituyen el subsuelo de la zona.
- Determinación de las características geotécnicas de los diferentes niveles. Por ejemplo, la identificación, las propiedades de estado y los parámetros resistentes.
- Características hidrogeológicas

2.1 PLANIFICACIÓN

PRIMERA FASE

La primera fase consiste en la realización de una consulta sobre la información geológica y posibles antecedentes sobre la zona, y otra consulta posterior de las características del proyecto a desarrollar.

SEGUNDA FASE

La segunda fase consiste en la realización de 4 penetrómetros y 1 sondeo de recuperación continua de testigo.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

- SONDEOS

En el sondeo realizado se encuentra roca caliza desde la cota 0 a la cota -5 metros.

- PENETRÓMETROS

PENETRÓMETRO	PROFUNDIDAD (REBOTE)
P1	0.6 m
P2	0.4 m
P3	1 m
P4	0.8 m

- AFLORAMIENTOS

Afloramientos 1:

En el primer afloramiento analizado se encuentra roca caliza desde arriba

Afloramientos 2:

En el segundo afloramiento estudiado se encuentran diferentes capas:

- La primera capa de 20 centímetros está formada por tierra vegetal.
- La segunda capa de 30 centímetros por debajo de la primera está formada de arcilla de alteración.
- Por último, la tercera y última capa está formada por roca caliza, desde la cota -0,5 metros hasta el final.

- **Resultados de los ensayos penetrométricos**

Características Técnico-Instrumentales Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Ref. Norma	DIN 4094
Peso masa de golpeo	63,5 Kg
Altura de caída libre	0,75 m
Peso sistema de golpeo	8 Kg
Diámetro puntaza cónica	50,46 mm
Área de base puntaza	20 cm ²
Largo del varillaje	1 m
Peso varillaje al metro	6,3 Kg/m
Profundidad nipple primer varillaje	0,80 m
Avance puntaza	0,20 m
Número golpes por puntaza	N (20)
Coefficiente de correlación	1,504
Revestimiento/lodos	NO
Ángulo de apertura puntaza	90 °

ENSAYO P1

Equipo utilizado...

DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Ensayo realizado el

5/03/2013

Profundidad ensayo

0,60 metros

Nivel freático no encontrado

Profundidad (m)	N° de golpes	Cálculo coef. reducción del penetrómetro Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm ²)	Res. dinámica (Kg/cm ²)	Pres. admisible con reducción Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	14	0,801	108,94	136,05	5,45	6,80
0,60	100	0,647	628,75	971,78	31,44	48,59

ESTIMA PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ENSAYO P1**SUELOS COHESIVOS****Cohesión no drenada**

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Cu (Kg/cm ²)
Estrato 1	21,06	0,40	Terzaghi-Peck	1,42

Qc (resistencia puntaza penetrómetro estático)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Qc (Kg/cm ²)
Estrato 1	21,06	0,40	Robertson (1983)	42,12

Módulo edométrico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Eed (Kg/cm ²)
Estrato 1	21,06	0,40	Stroud e Butler (1975)	96,62

Módulo de Young

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Ey (Kg/cm ²)
Estrato 1	21,06	0,40	Apollonia	210,60

Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Clasificación
Estrato 1	21,06	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso específico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico (t/m ³)
Estrato 1	21,06	0,40	Meyerhof ed altri	2,10

Peso específico saturado

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico saturado (t/m ³)
Estrato 1	21,06	0,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	2,12

ENSAYO P2

Equipo utilizado... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Ensayo realizado el 5/03/2013
 Profundidad ensayo 0,40 metros
 Nivel freático no encontrado

Profundidad (m)	N° de golpes	Cálculo coef. reducción del penetrómetro Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm ²)	Res. dinámica (Kg/cm ²)	Pres. admisible con reducción Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	16	0,805	125,11	155,49	6,26	7,77
0,40	100	0,651	632,41	971,78	31,62	48,59

ESTIMA PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ENSAYO P2**SUELOS COHESIVOS****Cohesión no drenada**

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Cu (Kg/cm ²)
Estrato 1	150,4	0,20	Terzaghi-Peck	10,15

Qc (resistencia puntaza penetrómetro estático)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Qc (Kg/cm ²)
Estrato 1	150,4	0,20	Robertson (1983)	300,80

Módulo edométrico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Eed (Kg/cm ²)
Estrato 1	150,4	0,20	Stroud e Butler (1975)	690,04

Módulo de Young

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Ey (Kg/cm ²)
Estrato 1	150,4	0,20	Apollonia	1504,00

Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Clasificación
Estrato 1	150,4	0,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso específico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico (t/m ³)
Estrato 1	150,4	0,20	Meyerhof ed altri	134,15

Peso específico saturado

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico saturado (t/m ³)
Estrato 1	150,4	0,20	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

ENSAYO P3

Equipo utilizado...
 Ensayo realizado el
 Profundidad ensayo
 Nivel freático no encontrado

DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 5/03/2013
 1,00 metros

Profundidad (m)	N° de golpes	Cálculo coef. reducción del penetrómetro Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm ²)	Res. dinámica (Kg/cm ²)	Pres. admisible con reducción Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	8	0,851	66,14	77,74	3,31	3,89
0,60	28	0,747	203,26	272,10	10,16	13,60
0,80	36	0,693	242,56	349,84	12,13	17,49
1,00	100	0,640	575,13	898,99	28,76	44,95

ESTIMA PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ENSAYO P3**SUELOS COHESIVOS****Cohesión no drenada**

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Cu (Kg/cm ²)
Estrato 1	12,03	0,40	Terzaghi-Peck	0,81
Estrato 2	48,13	0,80	Terzaghi-Peck	3,25

Qc (resistencia puntaza penetrómetro estático)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Qc (Kg/cm ²)
Estrato 1	12,03	0,40	Robertson (1983)	24,06
Estrato 2	48,13	0,80	Robertson (1983)	96,26

Módulo edométrico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Eed (Kg/cm ²)
Estrato 1	12,03	0,40	Stroud e Butler (1975)	55,19
Estrato 2	48,13	0,80	Stroud e Butler (1975)	220,82

Módulo de Young

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Ey (Kg/cm ²)
Estrato 1	12,03	0,40	Apollonia	120,30
Estrato 2	48,13	0,80	Apollonia	481,30

Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Clasificación
Estrato 1	12,03	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Estrato 2	48,13	0,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso específico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico (t/m ³)
Estrato 1	12,03	0,40	Meyerhof ed altri	2,02
Estrato 2	48,13	0,80	Meyerhof ed altri	3,31

Peso específico saturado

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico saturado (t/m ³)
Estrato 1	12,03	0,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Estrato 2	48,13	0,80	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

SUELOS SIN COHESIÓN**Densidad relativa**

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Densidad relativa (%)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Gibbs & Holtz 1957	100

Ángulo de rozamiento interno

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Ángulo de rozamiento (°)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Sowers (1961)	41,48

Módulo de Young

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Módulo de Young (Kg/cm ²)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Bowles (1982) Sabbia Media	315,65

Módulo edométrico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Módulo edométrico (Kg/cm ²)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	126,33

Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso específico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Peso específico (t/m ³)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Meyerhof ed altri	2,23

Peso específico saturado

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Peso específico saturado (t/m ³)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Terzaghi-Peck 1948-1967	---

Módulo de Poisson

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Poisson
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	(A.G.I.)	0,26

Módulo de deformación al corte

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	G (Kg/cm ²)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Ohsaki (Sabbie pulite)	2479,62

Velocidad ondas

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Velocidad onde (m/s)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13		381,57

Licuefacción

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Potencial Licuefacción
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0,35

Módulo de reacción Ko

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Ko
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Navfac 1971-1982	7,92

Qc (resistencia puntaza penetrómetro estático)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Qc (Kg/cm ²)
Estrato 2	48,13	0,80	48,13	Robertson 1983	96,26

ENSAYO P4

Equipo utilizado...
 Ensayo realizado el
 Profundidad ensayo
 Nivel freático no encontrado

DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 5/03/2013
 0,80 metros

Profundidad (m)	N° de golpes	Cálculo coef. reducción del penetrómetro Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm ²)	Res. dinámica (Kg/cm ²)	Pres. admisible con reducción Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	6	0,851	49,61	58,31	2,48	2,92
0,60	39	0,647	245,21	379,00	12,26	18,95
0,80	100	0,643	625,18	971,78	31,26	48,59

ESTIMA PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ENSAYO P4

SUELOS COHESIVOS

Cohesión no drenada

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Cu (Kg/cm ²)
Estrato 1	9,02	0,40	Terzaghi-Peck	0,61
Estrato 2	58,66	0,60	Terzaghi-Peck	3,96

Qc (resistencia puntaza penetrómetro estático)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Qc (Kg/cm ²)
Estrato 1	9,02	0,40	Robertson (1983)	18,04
Estrato 2	58,66	0,60	Robertson (1983)	117,32

Módulo edométrico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Eed (Kg/cm ²)
Estrato 1	9,02	0,40	Stroud e Butler (1975)	41,38
Estrato 2	58,66	0,60	Stroud e Butler (1975)	269,13

Módulo de Young

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Ey (Kg/cm ²)
Estrato 1	9,02	0,40	Apollonia	90,20
Estrato 2	58,66	0,60	Apollonia	586,60

Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Clasificación
Estrato 1	9,02	0,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
Estrato 2	58,66	0,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso específico

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico (t/m ³)
Estrato 1	9,02	0,40	Meyerhof ed altri	1,94
Estrato 2	58,66	0,60	Meyerhof ed altri	5,30

Peso específico saturado

	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico saturado (t/m ³)
Estrato 1	9,02	0,40	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---
Estrato 2	58,66	0,60	Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967	---

3. CONTEXTO GEOLÓGICO

Se trata de la formación “Picos de Europa” de edad Carbonífera:

En conjunto son calizas de color claro, a veces blanco y masivas en el afloramiento.

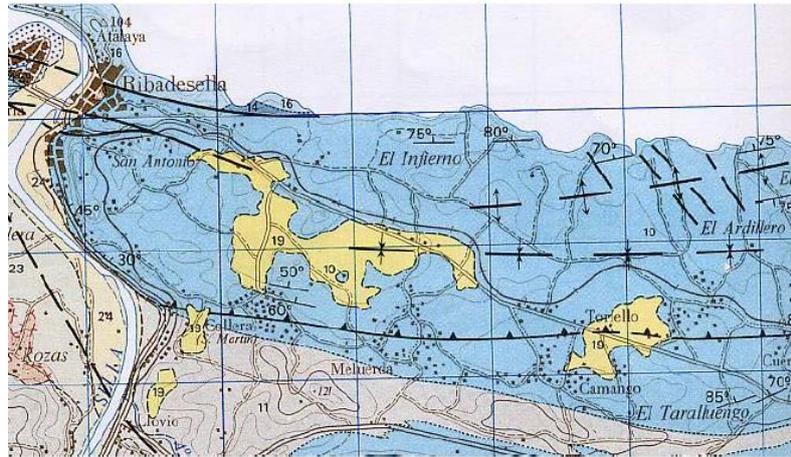


Figura 1. Mapa geológico de la zona. FUENTE: IGME

El Paleozoico está representado por el Cámbrico y el Ordovícico inferior y medio, y una serie Carbonífera que comprende desde el Viseense hasta el Westfaliense, donde queda interrumpida por los sedimentos Pérmicos. Por lo que al Mesozoico y al Terciario se refiere, se encuentran representados por el Triásico, Jurásico, Cretácico inferior, Paleoceno y Oligoceno. Del Cuaternario, los materiales más interesantes son los depósitos con relación a las rasas.

CÁMBRICO:

Pertencen a esta edad los materiales más antiguos que afloran dentro de la hoja. Fue Pello (1967) quien primero se percató claramente de la existencia de sedimentos cámbricos en la región. El nivel más bajo que se observa, corresponde a una caliza de 10-12 metros de potencia, de color gris-verdoso es la llamada Cuarcita armonicana. A continuación, existe un tramo de Pizarras verdes; Pizarras del Sueve

CARBONÍFERO:

La mayor parte de los terrenos paleozoicos de la Hoja pertenecen al Carbonífero: sus afloramientos se pueden agrupar en dos unidades estructuralmente diferentes. Los afloramientos de Libardón y Viñón forman la prolongación más septentrional de la Cuenca Carbonífera Central, y los que se disponen al Sur y Este de la Hoja formando bancos paralelos, pertenecen a la región de Mantos.

Desde el punto de vista Cartográfico se distinguen dos formaciones: una basal o improductiva y otra superior o productiva. La improductiva es de dominio calcáreo y comprende: el griotto, la Caliza de Montaña, el paquete Fresnedo y la Caliza Masiva o de Peña Redonda.

PÉRMICO:

La serie completa con una potencia máxima de 500 metros puede subdividirse en cuatro tramos principales, que son: Tramo inferior calizo margoso, tramo con efusiones lávicas y diques basálticos, tramo margoso-arenoso con intercalaciones calcáreas, y tramo superior detrítico con restos piroclásticos.

TRIÁSICO:

La serie completa puede ser dividida en tres tramos principales: tramo inferior con predominio de facies arenosas y conglomeráticas, tramo intermedio constituido por conglomerado calizo con tránsito lateral a calizas rosáceas, y tramo superior de arcillas y margas rojas con yesos y jacintos de Compostela.

JURÁSICO:

Los sedimentos del Jurásico afloran con continuidad y máximo espesor en la zona septentrional de la Hoja, mientras que, al Sur, el gran occidente que da lugar al hundimiento de la Franja móvil intermedia hace aparecer algunos retazos de Jurásico. Desde el punto de vista cartográfico se han distinguido como en las demás Hojas de la zona, un conjunto inferior calizo-dolomítico, que incluye al Hettangiense y Sinemuriense superior, Pliensbachiense y Toarciense, otro continental representado por el conglomerado del Dogger y finalmente la formación terrígeno-carbonatada superior, incluida en el Malm, que representa a la facies Pubeck.

4. CONTEXTO GEOTÉCNICO

El subsuelo de la parcela estudiada está formado por 2 niveles geotécnicos

NIVEL 1: ARCILLAS MARRONES DE COMPACIDAD MEDIA-BAJA.

Tiene un espesor de entre 0 y 0,4 metros. Estas arcillas se clasifican según el sistema unificado de Clasificación de suelos como CL, que son arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas y arcillas con grava.

- Resistencia en estado seco: Media-alta
- Dilatancia (reacción a la agitación): Nula a muy lenta.
- Tenacidad (Consistencia cerca del límite plástico): media.

Otra clasificación también utilizada: Según la norma UNE 013 p² estas arcillas se denominan E₃₆: Arcillas arenosas.

NIVEL 2: ROCA CALIZA

La roca caliza aflora en buena parte de la parcela.

La clasificación de este suelo según la norma UNE 013 p² es C₂₀: Caliza

Se trata de calizas y calizas margosas de grano fino perteneciente al carbonífero superior. En la parcela donde se ha realizado el estudio el macizo presenta las calizas en forma masiva, no se aprecian laminaciones y la alteración en la coronación del talud es muy somera. Esta roca, atendiendo a la clasificación geomecánica de Bieniaswski es de tipo II (buena). Para este tipo de macizos se les confiere las siguientes características mecánicas:

- Cohesión: 4 kg/cm²
- Ángulo de rozamiento interno: 35° - 45°

Se trata de rocas con un índice RQD mayor del 75% y con valores de resistencia a la compresión simple entorno a los 500 kg/cm².

No se descarta la posibilidad de que aparezcan cavidades kársticas en la caliza de diferentes tamaños.

DATOS GEOTÉCNICOS

NIVEL	Ángulo de rozamiento	Cohesión	Peso Específico	Capacidad portante
1- Arcillas	-	0,46 kg/cm ²	1,38 t/m ³	1 kg/cm ²
2- Calizas	35° - 45°	4 kg/cm ²	1,98 t/m ³	3 kg/cm ²

Asiento y módulo de balasto

- El asiento máximo para el nivel 2 de roca es despreciable
- El módulo de balasto es mayor que 30 kg/cm³

5. NIVEL FREÁTICO

El nivel freático no fue detectado durante la ejecución de los ensayos.

El coeficiente de permeabilidad estimado para las arcillas es de $K = 10^{-4} - 10^{-7}$ cm/s y tiene un drenaje escaso.

La roca, al contrario, tiene un buen drenaje y una buena permeabilidad. El coeficiente de permeabilidad estimado para la roca es de $K = 10^{-1} - 10^{-3}$ cm/s. Además, tiene un buen drenaje, aunque en general éste depende del grado de alteración de la roca. Por lo tanto,

se recomienda tomar las debidas medidas de drenaje y canalización de aguas de escorrentía superficial.

6. EXCAVABILIDAD Y TALUDES

6.1 EXCAVABILIDAD

Las arcillas del nivel 1 son susceptibles de ser excavadas mediante métodos mecánicos convencionales y se trata, por tanto, de suelos de excavabilidad fácil. Para la roca caliza del nivel 2, se requiere el empleo de un martillo rompedor, por tanto, se trata de suelos de excavabilidad difícil.

En el caso de la obra a ejecutar, se realizará la excavación hasta el segundo nivel del terreno, hasta la roca caliza para un mayor soporte. Por lo tanto, se requerirá un martillo rompedor para poder llevar a cabo la extracción del terreno.

6.2 TALUDES

Las paredes de las excavaciones se modifican por acción del agua, con el subsiguiente paso a estado “pastoso” de los materiales, produciendo desprendimientos instantáneos o coladas. Por esta razón, se preverá la necesidad de establecer sobre los taludes perimetrales protección mediante láminas de plástico para evitar la acción de las aguas meteóricas.

Por la naturaleza de estos materiales, se producen corrimientos de los mismos descalzándose los tramos superiores que se desprenden de manera instantánea sobre el fondo de la excavación. Ello determina que excavaciones de dimensiones reducidas se vean notablemente incrementadas por dichos desprendimientos, por lo que deben adoptarse las precauciones precisas para evitar consecuencias negativas a la hora de ejecutar estos trabajos.

Hay que tener en cuenta que la roca en determinadas zonas se encuentra altamente fracturada por lo que hay que prever posibles caídas de bloques sueltos. Por lo tanto, habrá que tomar medidas de protección. Se recomienda realizar taludes de excavación 3H:2V, aunque para la roca sana podrían ser taludes 1H:1V, manteniendo una separación suficiente por las posibles caídas de bloques.

En el caso de la construcción de la nave, se ejecutará una excavación amplia, pero de pequeña profundidad por lo que no hay peligro de derrumbamiento de taludes. La excavación se realizará hasta la roca para tener una capacidad portante elevada que soporte de manera adecuada la cimentación de la nave.

7. ESTABILIDAD DE LADERAS

La parcela estudiada se encuentra en una zona llana sin encontrar signos de inestabilidad de ladera. Lo mismo ocurre con el solar donde irá la nave, por lo tanto, no hay peligro de inestabilidad de laderas.

8. AGRESIVIDAD AL HORMIGÓN

La roca caliza no es agresiva ni en estado natural ni en disolución, de tal manera que las características del hormigón utilizado para las cimentaciones no se verán atacadas por el terreno que las soporta.

9. RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

Se recomienda cimentar directamente sobre la roca caliza del nivel 2, con una carga admisible de 3 kg/cm^2 , a una cota de -0,6 metros.

También hay que tener en cuenta que la roca caliza, dependiendo de la zona, se encuentra altamente fracturada y alterada en forma de bloques de diferente tamaño y arcilla entre estos bloques. Por ello, tiene elevada importancia de la supervisión del vaciado de la parcela a cota de cimentación para verificar que la cimentación está apoyada sobre el mismo nivel geotécnico, para evitar así la aparición de posibles asientos diferenciales y distorsiones angulares inadmisibles, además de observar que la roca no presente cavidades kársticas relevantes, etc.

ANEJO 04: REPLANTEO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	65
2. VÉRTICES GEODÉSICOS	65
3. BASES DE REPLANTEO	72
4. PUNTOS DE REPLANTEO	72

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es explicar el método a utilizar para realizar el replanteo adecuado de los puntos principales de la nave proyectada. El replanteo topográfico es una operación mediante la cual se marcan sobre el terreno a edificar los puntos más importantes que conforman la obra.

Siempre que se realice un replanteo topográfico es necesario contar con diferentes coordenadas distinguidas. Éstos son conocidos como puntos de referencia y permiten al técnico que está desarrollando la obra ubicar su posición y a partir de ahí marcar los puntos de replanteo.

Se deben tener por lo menos dos puntos de referencia que tengan la posibilidad de ser vistos desde el solar donde se ejecutará la obra y así poder marcar los diferentes puntos de la nave para una correcta localización.

2. VÉRTICES GEODÉSICOS

Un vértice geodésico es un punto señalado que indica una posición geográfica exacta. El replanteo de la obra se va a realizar a partir de los vértices geodésicos obtenidos del Instituto Nacional de Geografía.

El concejo de Cangas de Onís tiene 3 vértices geodésicos de los cuales se utiliza uno ya que los otros dos no pueden ser utilizados por la lejanía con la ubicación de la obra. Se utilizan dos vértices geodésicos más del municipio de Ribadesella ya que su proximidad hace que sean los más factibles de que puedan ser visualizados desde la parcela que los otros dos pertenecientes a Cangas de Onís.

Estos vértices geodésicos reciben los nombres de Faes, Mofrecho y Baua, y próximamente se describen en ese mismo orden.

A continuación, se exponen las fichas técnicas de los vértices geodésicos utilizados para el replanteo de la obra, en ellas se especifican las coordenadas exactas, la situación y el acceso a los mismos.



Área de Geodesia

Subdirección General de Geodesia y Cartografía

Reseña Vértice Geodésico

1-abr-2019

Número.....: 3103
Nombre.....: Faes
Municipios: Cangas de Onís
Provincias: Asturias
Fecha de Construcción.....: 27 de julio de 1983
Pilar sin centrado forzado..: 1,20 m **de alto**, 0,30 m **de diámetro**.
Último cuerpo.....: 0,20 m **de alto**, 1,00 m **de ancho**.
Total cuerpos.....: 1 de 0,20 m **de alto**.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 5° 09' 36,1354"	- 5° 09' 41,16343" ±0.104 m
Latitud.....:	43° 23' 15,1618"	43° 23' 11,25301" ±0.104 m
Alt. Elipsoidal...:		457,083 m ±0.1 (BP)
Compensación...:	01 de febrero de 1988	01 de noviembre de 2009 Elipse de error al 95% de confianza.

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	325038,99 m	324930,795 m
Y.....:	4806205,58 m	4806000,753 m
Factor escala....:	0,999976530	0,999977025
Convergencia...:	- 1° 29' 03"	- 1° 29' 06"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		403,966 m. (BP)

Situación:

Situado en la cumbre más al O. del cerro del mismo nombre, a unos 2 Km. al E. de Arriondas.

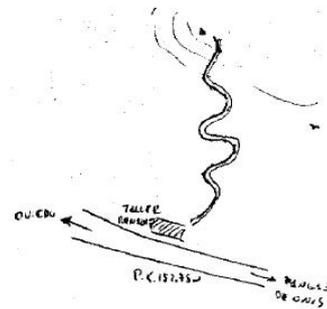
Acceso:

Desde Cangas de Onís, por la C-637 hacia Arriondas, en el Km. 152,750 se encuentra un taller de Renault, al pie de un monte donde se deja el vehículo. Desde aquí, a pie, se toma un camino que va faldeando el monte hasta llegar casi a la cumbre, siguiendo campo a través hasta la señal, empleándose en el recorrido 1 hora y 15 minutos. No se puede utilizar T.T. porque los caminos están cortados por el agua.

Horizonte GPS:

Despejado

NO EXISTE FOTOGRAFÍA



Observaciones:

CF: Centrado Forzado. CP: Cabeza Pilar. BP: Base Pilar. CN: Clavo Nivelado. CS: Clavo Suelo.
 @ anulado, © no pertenece a bloque de compensación, ® recrecido, reparado o reconstruido.

Informe del estado del Vértice: <ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/InfoRG.pdf>



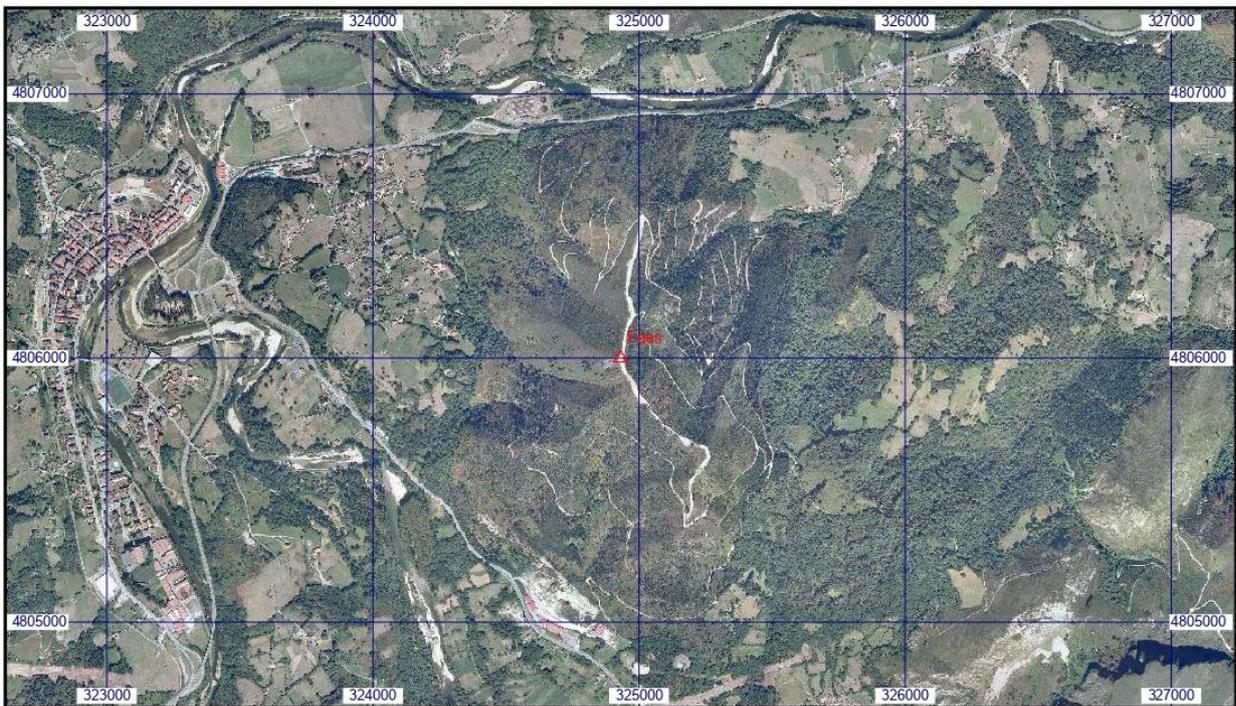
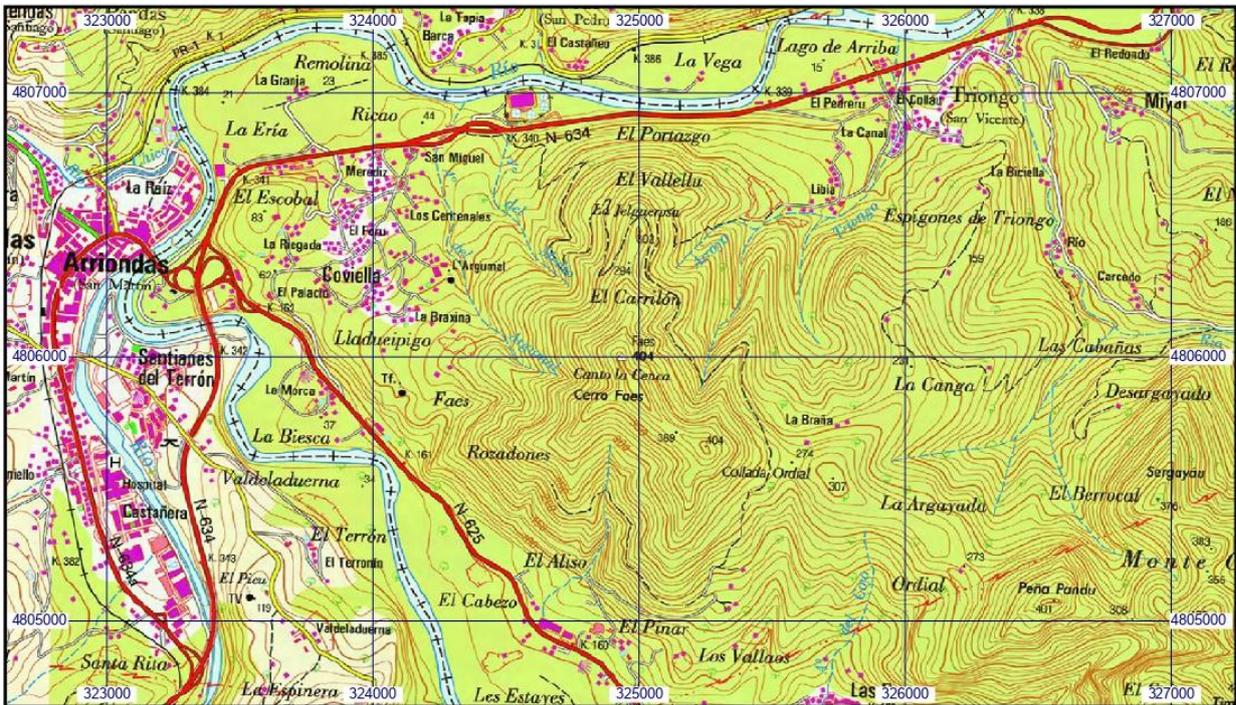
Área de Geodesia
Subdirección General de Geodesia y Cartografía

Cartografía de situación 1-abr-2019

Escala 1:25.000

03103 Faes

Coordenadas ETRS89. Huso 30





Área de Geodesia

Subdirección General de Geodesia y Cartografía

Reseña Vértice Geodésico

1-abr-2019

Número.....: **3144**
 Nombre.....: **Mofrecho**
 Municipios: Ribadesella
 Provincias: Asturias
 Fecha de Construcción.....: 22 de julio de 1983
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 0,20 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 0,20 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	-5° 02' 23,5665"	-5° 02' 28,57589" ±0.094 m
Latitud.....:	43° 24' 31,0706"	43° 24' 27,16989" ±0.08 m
Alt. Elipsoidal...:		952,447 m ±0.117 (BP)
Compensación...:	01 de febrero de 1988	01 de noviembre de 2009 Elipse de error al 95% de confianza.

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	334829,23 m	334721,224 m
Y.....:	4808302,29 m	4808097,474 m
Factor escala....:	0,999935567	0,999936032
Convergencia...:	-1° 24' 08"	-1° 24' 11"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		899,603 m. (BP)

Situación:

Situado en lo más alto de la Sierra de la Escapada, en la línea límite de los términos municipales de Ribadesella y Cangas de Onís.

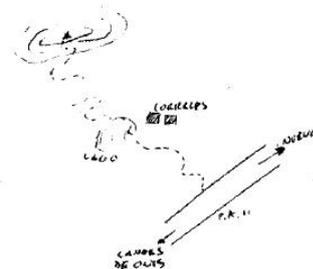
Acceso:

Desde Nueva, por la carretera local hacia Cangas de Onís, en el Km. 11 aproximadamente, se llega a la Collada de Igena, donde se deja el vehículo. Desde aquí, a pie, se toma un camino que sale hacia la derecha, que lleva a las cabañas del Collado de Tresjuncalar y luego a un pequeño lago, de donde arranca una senda empinada que conduce a los riscos en donde se encuentra situada la señal. En el recorrido, a pie, se tarda 1 hora y 30 minutos.

Horizonte GPS:

Despejado

Mofrecho (jul-05)



Observaciones:

Estado: 23 de julio de 2005

Pilar: No estacionable

Base: Desperfectos

Informe del estado del Vértice: <http://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/infoRG.pdf>



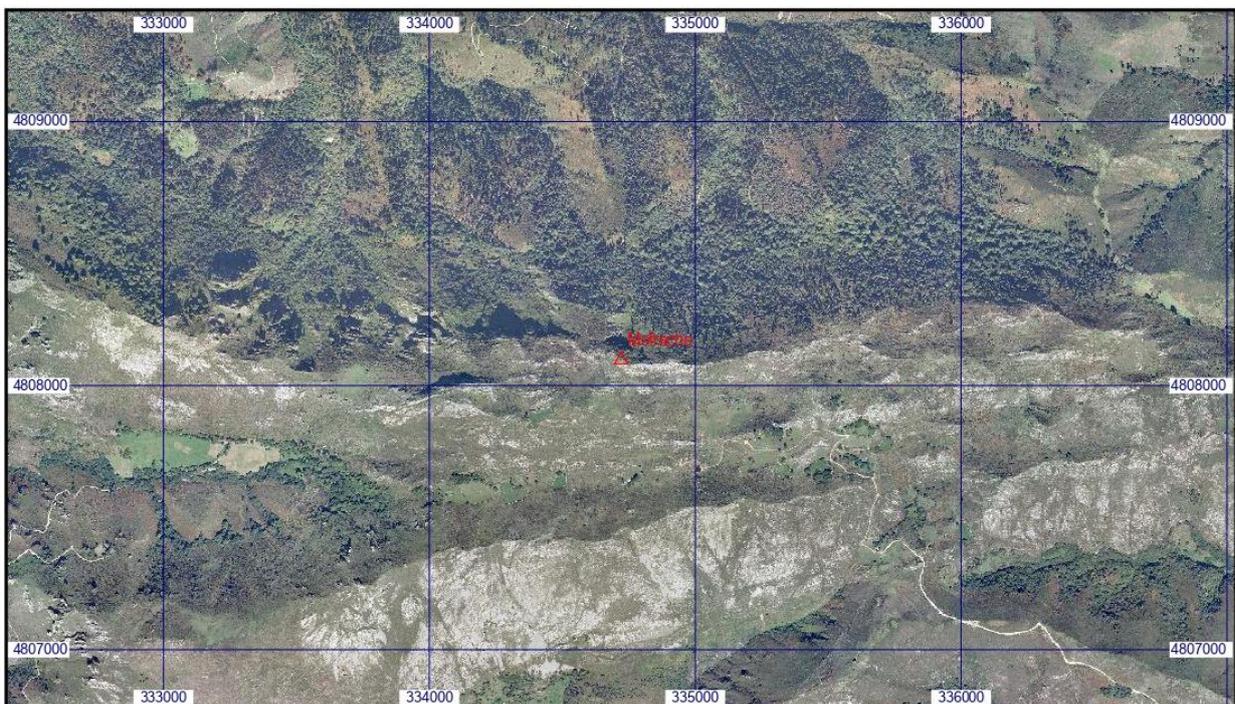
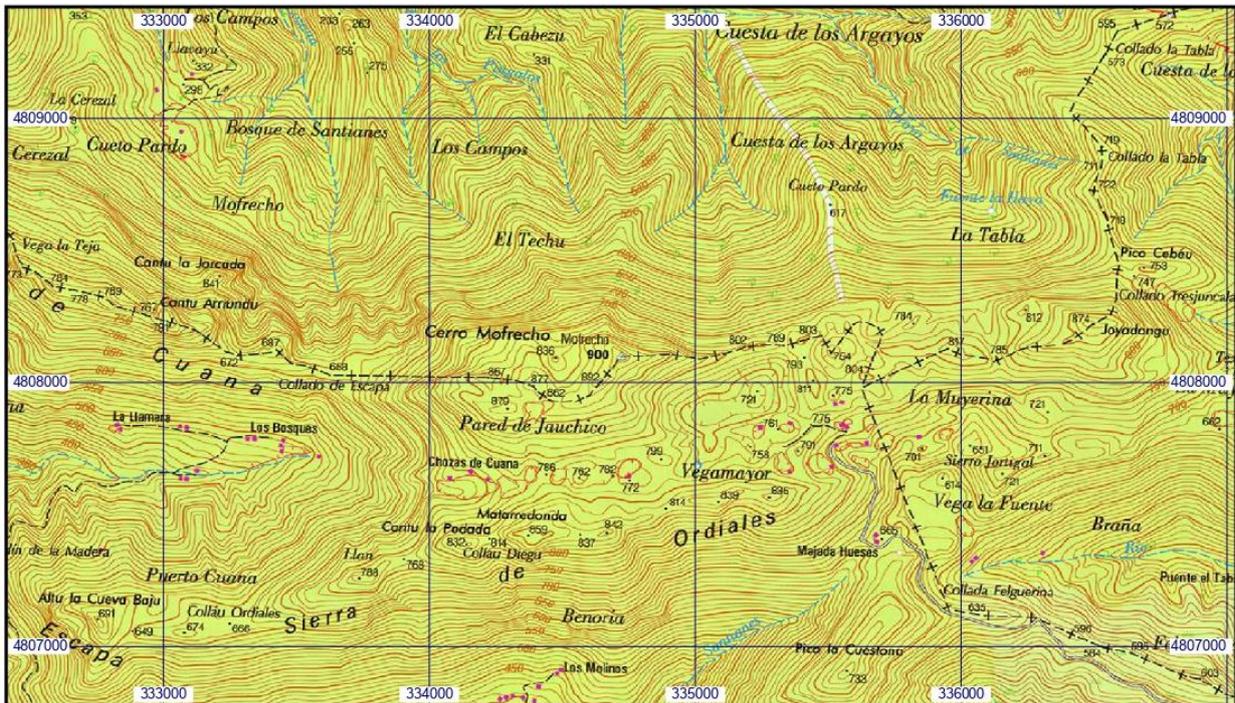
Área de Geodesia
Subdirección General de Geodesia y Cartografía

Cartografía de situación 1-abr-2019

Escala 1:25.000

03144 Mofrecho

Coordenadas ETRS89. Huso 30





Área de Geodesia

Subdirección General de Geodesia y Cartografía

Reseña Vértice Geodésico

1-abr-2019

Número.....: **3155**
 Nombre.....: **Baua**
 Municipios: Ribadesella
 Provincias: Asturias
 Fecha de Construcción.....: 29 de julio de 1983
 Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.
 Último cuerpo.....: 0,20 m de alto, 1,00 m de ancho.
 Total cuerpos.....: 1 de 0,20 m de alto.

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 4° 59' 43,5374"	- 4° 59' 48,54162" ±0.111 m
Latitud.....:	43° 25' 40,4817"	43° 25' 36,58514" ±0.09 m
Alt. Elipsoidal...:		618,258 m ±0.157 (BP)
Compensación...:	01 de febrero de 1988	01 de noviembre de 2009 Elipse de error al 95% de confianza.

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	338479,95 m	338371,997 m
Y.....:	4810356,55 m	4810151,740 m
Factor escala....:	0,999920894	0,999921348
Convergencia...:	- 1° 22' 19"	- 1° 22' 23"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 565,644 m. (BP)

Situación:

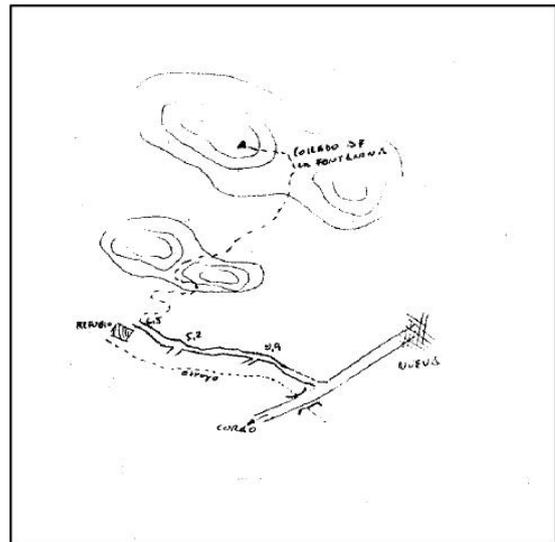
Situado en lo alto del primer cerro al O. del collado de la Fontamina. No es el punto más alto de la sierra.

Acceso:

Desde el pueblo de Nueva, por la carretera local a Corao y justo antes de llegar a un puente sobre el río de Nueva, sale una pista hacia la derecha que se toma y que va siguiendo el río. A los 900 m. y 5.200 m. se dejan dos pistas hacia la izquierda y a los 6.500 m. se llega a un refugio abandonado, donde se deja el vehículo. Desde aquí, a pie, por una senda de caballerías, se sube a lo alto de una primera sierra, desde donde se ve hacia el N. el collado de la Fontamina y el cerro donde está la señal, pudiendo ir por senda, o campo a través hasta ella. Desde el refugio hasta el vértice se tarda 1 hora y 30 minutos.

Horizonte GPS:

Despejado



Observaciones:

Estado: 24 de febrero de 2012

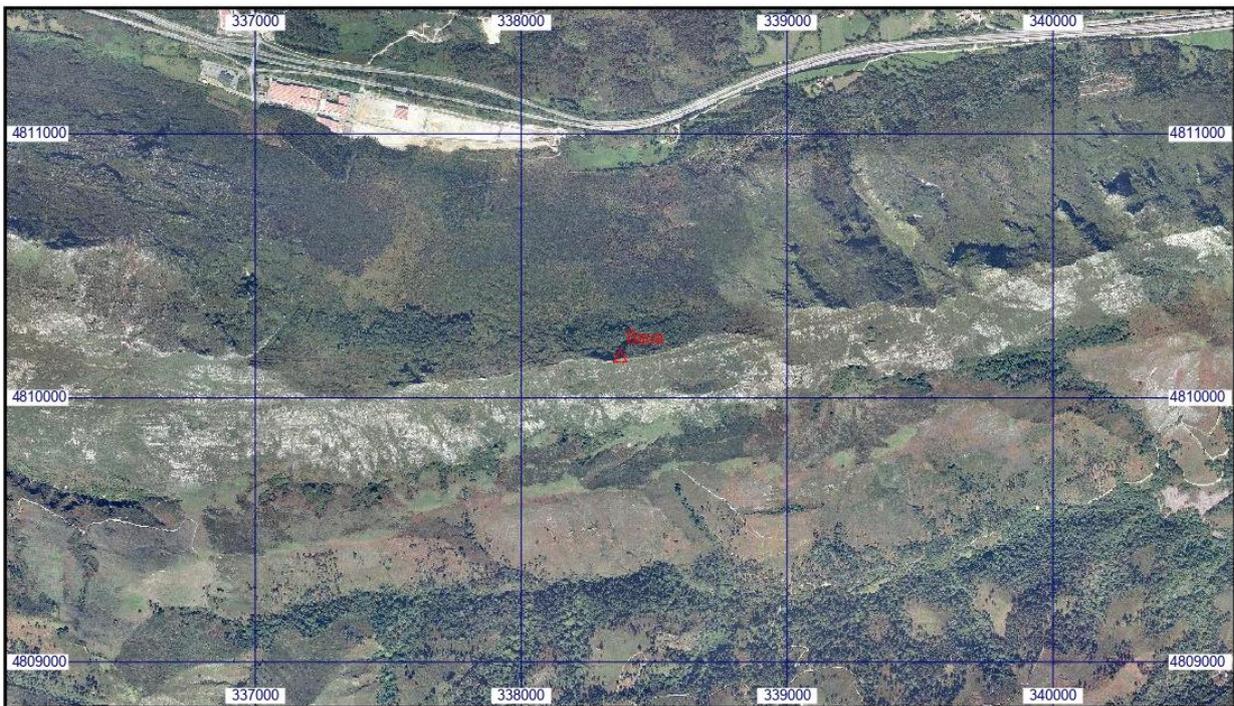
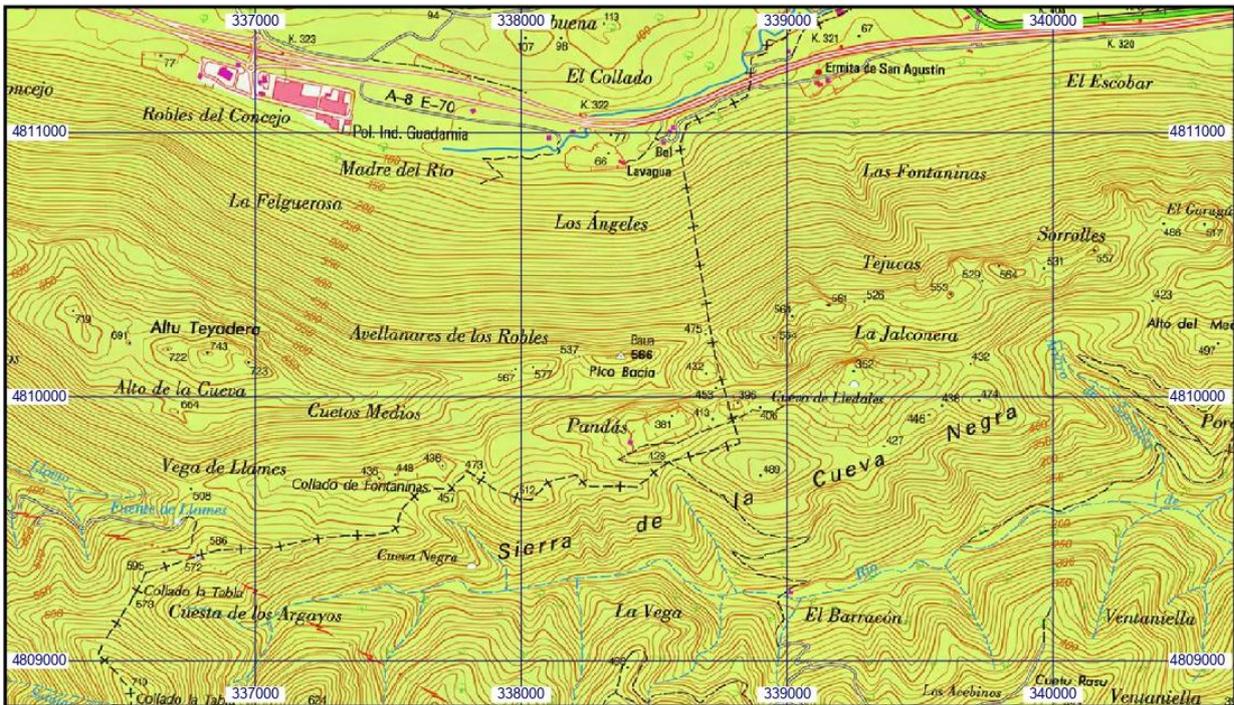
Pilar: Deteriorado Base: Desperfectos.
 Informe del estado del Vértice: <ftp://ftp.geodesia.ign.es/utilidades/infoRG.pdf>



Área de Geodesia
Subdirección General de Geodesia y Cartografía

Cartografía de situación 1-abr-2019

Escala 1:25.000 03155 Baua Coordenadas ETRS89. Huso 30



3. BASES DE REPLANTEO

Como se ha dicho en apartados anteriores del proyecto, la ubicación de la obra estará situada en una zona llana rodeada de grandes montañas, lo que implica que no sea posible visualizar los vértices geodésicos empleados. No es un problema que impida realizar el replanteo, siempre y cuando la estación utilizada tenga un sistema de posicionamiento GPS.

Si la estación dispone de un sistema de posicionamiento GPS, no hace falta ningún vértice geodésico ya que este sistema hace uso de los satélites para posicionarse. Si la estación no dispone de este sistema, el técnico que realice el replanteo debe tener unos puntos de referencia para poder ubicarse correctamente.

Se han elegido puntos inamovibles, que no vayan a moverse antes de que se realice el replanteo de la obra. Para ello se han escogido tres puntos de las esquinas de tres edificios contiguos a la parcela.

A continuación, se exponen las coordenadas de los puntos de referencia:

REFERENCIAS DE REPLANTEO			
Nombre	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud
A	328501.10 m E	4808151.18 m N	34 m
B	328510.83 m E	4808136.45 m N	34 m
C	328556.23 m E	4808207.31 m N	37 m

Tabla 1. Referencias de replanteo

4. PUNTOS DE REPLANTEO

A partir de las referencias expuestas en la tabla 1, se realiza el replanteo de la nave utilizando los puntos que se muestran a continuación en la tabla 2:

PUNTOS DE REPLANTEO			
Nombre	Coordenada X	Coordenada Y	Altitud
1	328492.00 m E	4808184.25 m N	33 m
2	328509.40 m E	4808194.10 m N	33 m
3	328514.33 m E	4808185.39 m N	33 m
4	328496.92 m E	4808175.55 m N	33 m

Tabla 2. Puntos de replanteo

La altitud de los puntos de replanteo pertenece al terreno una vez excavado y nivelado, preparado para la ejecución de la cimentación.

ANEJO 05: MOVIMIENTO DE TIERRAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	73
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	73
2.1 TRABAJOS PREVIOS.....	73
2.2 DESBROCE.....	73
2.3 EXCAVACIÓN	73
2.3.1 RESUMEN DEL VOLUMEN DE TIERRAS EXCAVADO.....	74
2.4 RELLENO DE LA EXCAVACIÓN	74
2.5 RETIRADA A VERTEDERO.....	75

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo es especificar y definir las actuaciones a realizar sobre el terreno para acondicionarlo a las características necesarias para la ejecución de la nave.

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

La situación de la parcela donde irá situada la nave no requerirá una actuación previa compleja para acondicionar el terreno.

2.1 TRABAJOS PREVIOS

En primer lugar, se procederá a la limpieza y retirada de escombros y obstáculos que puedan entorpecer labores futuras. La parcela no dispone de grandes obstáculos, como árboles, que puedan entorpecer los trabajos, por lo que la limpieza de la parcela será relativamente sencilla.

2.2 DESBROCE

Después se retirará la capa de tierra vegetal en la superficie necesaria para la realización de la obra. Esta capa tendrá un espesor aproximado de 20 centímetros y la superficie total de desbroce será de 40 x 32 metros más el acceso de la carretera al aparcamiento que tendrá unas medidas aproximadas de 9 x 7,6 metros. Dando lugar a una superficie de desbroce de 1349,16 m².

La capa de tierra vegetal se reutilizará en zonas que lo requieran una vez finalizada la obra, siempre que ésta esté en buenas condiciones.

2.3 EXCAVACIÓN

La parte del aparcamiento no requerirá de excavación de la roca ya que se encuentra en una cota inferior a la carretera de acceso, por lo que simplemente se alcanzará la roca para tener mayor capacidad portante, excepto la zona más cercana a la nave que se excavará a la misma cota que la superficie donde irá ubicada la nave para poder colocar las instalaciones que quedan en el exterior de la misma. Como la totalidad de la parcela se encuentra en una cota aproximada de 0,5 metros por debajo de la carretera de acceso, después del desbroce de la tierra vegetal se realizará la respectiva labor de relleno y asfaltado con sus diferentes capas hasta alcanzar la cota de la vía.

La excavación más profunda se ejecutará en una superficie de 330,75 m² que es la superficie que ocupará la nave y las instalaciones que quedarán en el exterior de ella. Después del desbroce de la tierra vegetal, será necesario realizar una excavación de 65 centímetros para una vez vertido el hormigón de limpieza, ejecutada la cimentación, posterior relleno y realización de la solera, la nave quede a la misma cota que el

aparcamiento y así permitir no disponer de barreras arquitectónicas. Antes de instalar las arquetas, se verterá una cantidad de relleno en el lugar donde irán ubicadas para que, una vez terminada la obra, se encuentren a nivel con el resto de la superficie. Los 65 centímetros de excavación se dividirán en 30 centímetros de terreno arcilloso y 35 centímetros de roca.

El resto de la parcela, donde se realizará la excavación de la tierra vegetal y la arcilla tendrá una superficie de aproximadamente 965 m². Se excavarán 20 centímetros de tierra vegetal y posteriormente 30 centímetros de terreno arcilloso.

2.3.1 RESUMEN DEL VOLUMEN DE TIERRAS EXCAVADO

A continuación, se especifica el volumen de terreno que será necesario excavar:

	VOLUMEN
CAPA VEGETAL EXCAVADA	269,83 m ³
MATERIAL ARCILLOSO EXCAVADO	404,75 m ³
MATERIAL ROCOSO EXCAVADO	115,76 m ³
TOTAL	790,34 m ³

Tabla 1. Volumen de tierras excavado

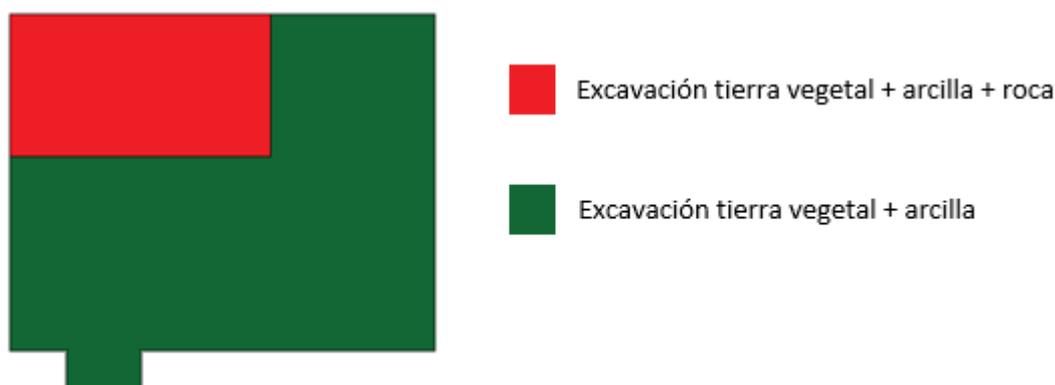


Figura 1. Distribución de la excavación

2.4 RELLENO DE LA EXCAVACIÓN

En primer lugar, se verterá una capa de 10 centímetros de hormigón de limpieza para separar el hormigón estructural del terreno que está bajo la ubicación de la nave y las instalaciones. Este hormigón tendrá las características expuestas en el anejo 6. Una vez ejecutada la cimentación se rellenará la excavación mediante zahorra para una correcta compactación y nivelación del terreno. Antes de rellenar el volumen excavado, se dejará marcado el recorrido de las instalaciones para su posterior ejecución. En la zona de la nave y las instalaciones habrá dos niveles diferentes de relleno. Por un lado, se rellenará la parte inferior de la nave hasta 15 centímetros por debajo de la cota deseada para que sean completados cuando se ejecute la solera. Por otro lado, la superficie restante se

rellenará hasta una cota -0,05 metros para que se complete con la mezcla bituminosa ya que esta parte pertenecerá al aparcamiento. El resto de superficie donde irá el aparcamiento y toda la zona asfaltada, se realizará el relleno en dos partes. Por un lado, desde la cota excavada -1 metro hasta la cota -0,30 metros se realizará un encachado de roca para elevar el espesor de la roca, permitiendo tener la misma capacidad portante y no realizar un relleno muy grueso de zahorra. Para la realización de este encachado se podrá aprovechar la roca excavada en la excavación más profunda bajo la nave. Por otro lado, desde la cota -0,30 metros hasta -0,05 metros, se rellenará de zahorra como se especifica en el anejo 14 donde una vez vertida la mezcla bituminosa, la superficie quedará nivelada con la carretera de acceso a ella.

El volumen de relleno será el siguiente:

		VOLUMEN
RELLENO HORMIGÓN LIMPIEZA		33,075 m ³
RELLENO ZAHORRA BAJO NAVE		220 m ³
RELLENO ZAHORRA BAJO ZONA ASFALTADA		287,29 m ³
ENCACHADO	APROVECHADO	115,76 m ³
	PRÉSTAMO	688,65 m ³
TOTAL		1.344,78 m ³

Tabla 2. Volumen de relleno

2.5 RETIRADA A VERTEDERO

El material excavado se transportará a un vertedero ubicado en Serín, perteneciente al concejo de Gijón. Está ubicado a una distancia de 80 Km desde la ubicación de la obra, pero es el vertedero más cercano autorizado a recibir residuos inertes, según el Principado de Asturias.

ANEJO 06: CÁLCULO ESTRUCTURAL

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	76
2.	DATOS DE LA OBRA.....	76
2.1	DESCRIPCIÓN DE LA NAVE.....	76
2.2	LEGISLACIÓN APLICABLE	77
2.3	ESTADOS LÍMITE	78
2.3.1	SITUACIONES DE PROYECTO.....	78
2.3.2	COMBINACIONES	80
3.	ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN.....	81
3.1	ACCIONES PERMANENTES	81
3.1.1	CERRAMIENTO	81
3.1.2	CORREAS.....	82
3.2	SOBRECARGA DE USO	82
3.3	SOBRECARGA DE NIEVE	83
3.4	SOBRECARGA DE VIENTO	84
3.4.1	PRESIÓN DINÁMICA	84
3.4.2	COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN	85
3.4.3	COEFICIENTE EÓLICO O DE PRESIÓN	86
3.4.4	RESUMEN DE HIPÓTESIS.....	94
3.4.5	CONCLUSIÓN DE RESULTADOS	104
4.	MATERIALES.....	106
4.1	ACERO ESTRUCTURAL	106
4.2	ACERO EN BARRAS.....	106
4.3	HORMIGÓN ESTRUCTURAL.....	106
4.4	HORMIGÓN DE LIMPIEZA.....	107
5.	ESTRUCTURA.....	107
5.1	CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA	107
5.2	BARRAS.....	108
5.2.1	CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS	108
5.3	RESUMEN DE LA MEDICIÓN.....	109
5.4	COMPROBACIÓN DE LAS BARRAS A E.L.U.....	110
5.4.1	COMPROBACIÓN MANUAL A ELU	170
	CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL	170

CLASE DEL PERFIL	170
COMPROBACIÓN DEL PERFIL A COMPRESIÓN	171
5.5 UNIONES	173
5.5.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	173
5.5.2 REFERENCIAS Y SIMBOLOGÍA	175
5.5.3 COMPROBACIÓN EN PLACAS DE ANCLAJE	176
HORMIGÓN SOBRE EL QUE APOYA LA PLACA.....	176
PERNOS DE ANCLAJE	176
PLACA DE ANCLAJE.....	177
5.5.4 MEMORIA DE CÁLCULO.....	178
5.5.5 COMPROBACIÓN MANUAL A ELU	230
DETALLE 1. UNIÓN DE PILAR HE 140 B Y DOS VIGAS IPE 160	230
UNIÓN ENTRE VIGAS	231
UNIÓN DE LAS VIGAS AL PILAR	234
DETALLE 2. UNIÓN DE IPE 120 CON IPE 160 MEDIANTE PLACA DE UNIÓN	236
UNIÓN DEL PERFIL IPE 120 A LA PLACA DE UNIÓN	237
UNIÓN DEL LA PLACA DE UNIÓN AL PERFIL IPE 160.....	239
6. CIMENTACIONES	242
6.1 UNIONES	243
6.2 ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN	243
6.2.1 ARMADO	244
6.3 CÁLCULOS	245
6.3.1 CÁLCULO MANUAL DE LAS ZAPATAS.....	245

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anejo es exponer los cálculos estructurales de la nave. Los cálculos para la estructura se han realizado bajo la normativa del Código Técnico de la Edificación y los de la cimentación siguiendo la instrucción EHE-08 de hormigón estructural.

2. DATOS DE LA OBRA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA NAVE

La nave se ejecutará por medio de 5 pórticos biempotrados, separados 5 metros y con luces de 10 metros entre los pilares de los pórticos. Estos pórticos serán a dos aguas con una altura de 4 metros hasta el alero y 5 metros hasta la cumbrera. La cubierta de la nave estará resuelta por una celosía de tipo americana para reducir el peso de la cubierta con una rigidez y estabilidad similar o superior a la de un pórtico rígido. En función de la localización de los perfiles en la nave y de las cargas que debe soportar, se han utilizado diferentes tipos de perfiles laminados. La unión de los pilares a la cimentación se realizará a través de placas soldadas. Las uniones de toda la nave serán soldadas y articuladas.

En lo que respecta al cerramiento, la cubierta estará formada por un panel sándwich atornillado a las correas que irán sobre la estructura. Estas correas serán perfiles en Z de tipo ZF-140x3.0 de acero S235 y estarán separadas 1,2 metros. La envolvente lateral estará formada por bloques de hormigón hasta el alero, ya que no se le ha dado importancia a la estética exterior de la nave debido a la finalidad de la misma.

La nave se distribuirá interiormente en 3 zonas diferenciadas notablemente: Por un lado, dos vestuarios con los aseos en su interior, incluido el aseo y la ducha accesible. Por otro, la zona de despacho y el espacio para guardar el material y preparar el aperitivo entregado para la realización de la actividad. Y, por último, la zona de recepción y espera.

La entrada a la nave solo se podrá realizar por una vía de acceso, que se compone de una puerta abatible doble en la fachada de entrada que está orientada hacia la entrada al aparcamiento y junto a la plaza accesible de éste.

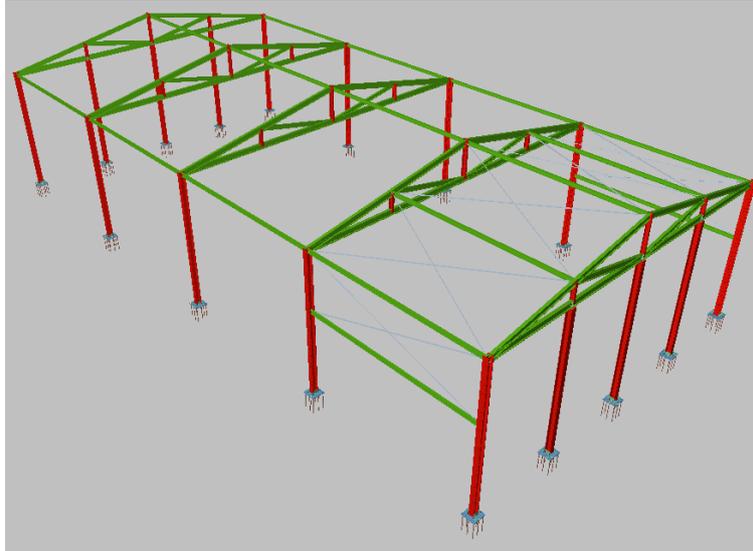


Figura 1. Vista 3D de la estructura metálica de la nave

Las dimensiones de la nave serán las expuestas en la tabla 1.

Número de pórticos	5
Separación entre pórticos	5 metros
Longitud de la nave	20 metros
Luz entre pilares del pórtico	10 metros
Altura de cumbrera	5 metros
Altura del alero	4 metros
Pendiente de la cubierta	11°
Superficie de la nave	200 m ²

Tabla 1. Características de la estructura de la nave

2.2 LEGISLACIÓN APLICABLE

Para la realización de los cálculos estructurales y el diseño de la estructura de la nave se han seguido las siguientes normativas:

- Acero: CTE DB-SE-A
- Hormigón: EHE 08
- Cimientos: EHE 08 y CTE DB-SE-A

2.3 ESTADOS LÍMITE

2.3.1 SITUACIONES DE PROYECTO

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

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{k=1} \gamma_{Gk} G_{k1} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{k=1} \gamma_{Gk} G_{k1} + \gamma_P P_k + \sum_{i=1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

Donde sus parámetros son los siguientes:

- G_k Acción permanente
- Q_k Acción variable
- γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
- $\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
- $\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
- $\Psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
- $\Psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

Tabla 2. E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones. FUENTE: EHE-08 / CTE DB-SE C

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000

Tabla 3. E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones. FUENTE: EHE-08 / CTE DB-SE C

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Tabla 4. E.L.U. de rotura. Acero laminado. FUENTE: CTE DB SE-A

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Tabla 5. E.L.U. de rotura. Acero laminado. FUENTE: CTE DB SE-A

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 6. Tensiones sobre el terreno. FUENTE: CTE DB SE-A

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 7. Tensiones sobre el terreno. FUENTE: CTE DB SE-A

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 8. Desplazamientos. FUENTE: CTE DB SE-A

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Tabla 9. Desplazamientos. FUENTE: CTE DB SE-A

2.3.2 COMBINACIONES

Las combinaciones utilizadas para los cálculos de la nave son las siguientes:

- **PP** Peso propio
- **Q** Sobrecarga de uso
- **V(0°) H1** Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Presión interior
- **V(0°) H2** Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- **V(0°) H3** Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Presión interior
- **V(0°) H4** Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior
- **V(90°) H1** Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- **V(90°) H2** Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- **V(180°) H1** Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Presión interior
- **V(180°) H2** Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- **V(180°) H3** Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Presión interior
- **V(180°) H4** Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior
- **V(270°) H1** Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- **V(270°) H2** Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- **N(EI)** Nieve (estado inicial)
- **N(R) 1** Nieve (redistribución) 1
- **N(R) 2** Nieve (redistribución) 2

Se han realizado todas las combinaciones posibles entre los distintos tipos de esfuerzos. Además, se han hecho todas las comprobaciones de ELU tanto del hormigón como del acero.

3. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

Las acciones que se han considerado para el cálculo de la nave son los siguientes:

- Cargas permanentes del peso propio de los elementos que componen la nave.
- Cargas variables de sobrecarga de uso
- Acción del viento
- Acción de la nieve

No se han tenido en cuenta las acciones sísmicas debido a que es una zona de reducido riesgo sísmico.

Para el cálculo de las diferentes acciones se ha tenido en cuenta el DB SE-A perteneciente al Código Técnico de la Edificación.

3.1 ACCIONES PERMANENTES

Las acciones permanentes que influyen sobre la estructura serán las correspondientes a las correas, el panel sándwich que compone la cubierta y los propios perfiles estructurales.

ACCION PERMANENTE	CARGA SUPERFICIAL
Correas ZF-140x3.0	0,052 KN/m ²
Panel Sándwich	0,11 KN/m ²
Perfiles estructurales	En función del perfil

Tabla 10. Carga de las acciones permanentes

3.1.1 CERRAMIENTO

La cubierta estará formada por paneles sándwich de 50 milímetros de espesor, cuya carga superficial será 0,11 KN/m². Por otro lado, el cerramiento lateral estará constituido en su totalidad por bloque de hormigón de 15 kg de masa por bloque. Como irán apoyados directamente sobre la solera, no se tendrá en cuenta para el cálculo estructural de la nave.

$$G_{K \text{ CERRA}} = 0,11 \text{ KN/m}^2$$

3.1.2 CORREAS

Las correas serán perfiles ZF-140x3.0 con una carga lineal de 0,06 KN/ml. Teniendo en cuenta que cada correa tendrá una zona de influencia de 1,2 metros, se obtiene la siguiente carga superficial de las correas:

$$G_{K \text{ CORREA}} = 0,06 / 1,2 = 0,052 \text{ KN/m}^2$$

3.2 SOBRECARGA DE USO

La sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. El CTE no puede recoger la sobrecarga de todos los elementos que puede haber en la nave, para ello se debería solicitar al proveedor de cada elemento. El CTE simplifica los datos y los expone como una carga uniformemente distribuida como aparece en la tabla 11:

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 11. Valores característicos de las sobrecargas de uso. FUENTE: CTE DB SE-AE

La cubierta de la nave será de categoría G1 con una cubierta ligera anclada a las correas sin forjado. Por lo tanto, se considerará como una carga uniforme de 0,4 KN/m².

$$Q_{K \text{ CERRA}} = 0,4 \text{ KN/m}^2$$

3.3 SOBRECARGA DE NIEVE

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

La carga de la nieve por unidad de superficie se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

siendo:

- μ coeficiente de forma de la cubierta. Para cubiertas con pendiente menor a 30° sin impedimentos ante la nieve, el coeficiente de forma toma 1 de valor.

$$\mu = 1$$

- S_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

Como la ubicación de la nave no se encuentra en una capital de provincia, se utilizará el plano de la figura 2. Para saber la zona a la que corresponde. En este caso, la nave estará ubicada en la zona 1.



Figura 2. Zonas climáticas de invierno. FUENTE: CTE-DB-SE-AE

Para sacar el valor característico de la carga de nieve se tomarán los datos de la tabla 12. La altitud de la parcela es menor a 200 metros. Por lo tanto, el valor característico de la carga de nieve será 0,3 KN/m².

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla 12. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (KN/m²)

$$q_n = \mu \cdot S_k = 1 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ KN/m}^2$$

3.4 SOBRECARGA DE VIENTO

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

La acción de viento es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática. Puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

siendo:

q_b la presión dinámica del viento.

c_e el coeficiente de exposición

c_p el coeficiente eólico o de presión

3.4.1 PRESIÓN DINÁMICA

El valor básico de la velocidad del viento varía en cada localidad, diferenciándose tres zonas en el mapa: A, B y C. Siendo la presión dinámica de 0,42 kN/m², 0,45 kN/m² y 0,52 kN/m².

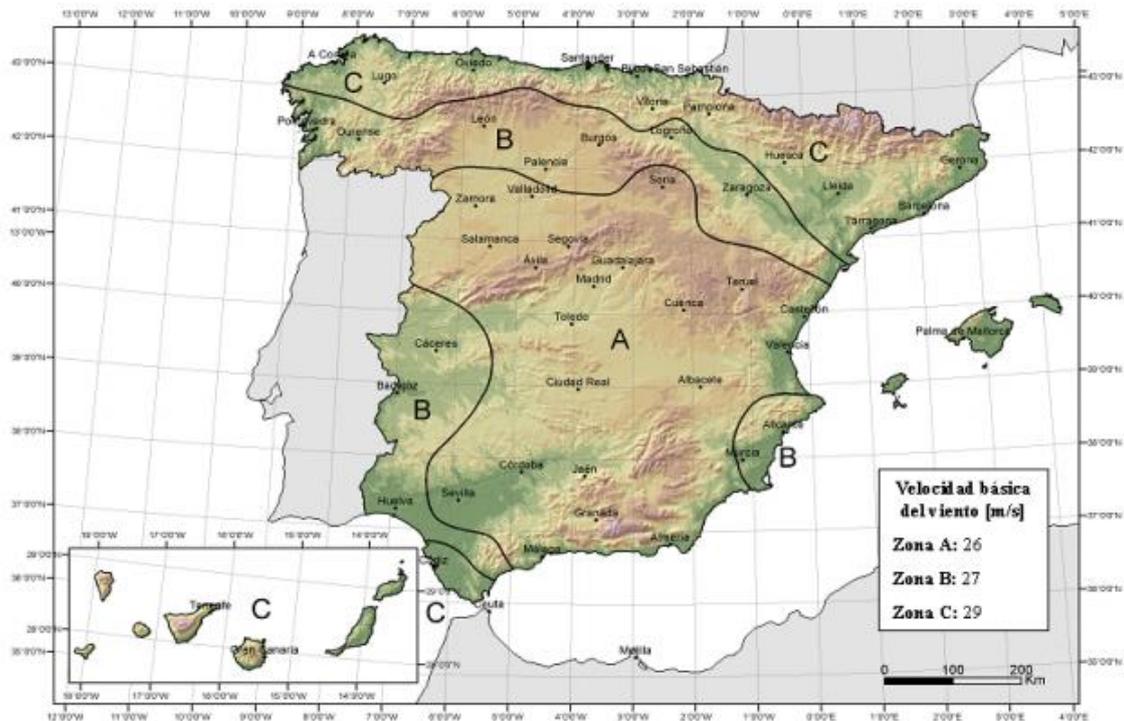


Figura 3. Valor básico de la velocidad del viento, V_b . FUENTE: CTE-DB-SE-AE

La nave se encuentra en La Granda, en la provincia de Asturias, siendo la presión dinámica la correspondiente a la zona C. Por lo tanto:

$$q_b = 0,52 \text{ kN/m}^2$$

3.4.2 COEFICIENTE DE EXPOSICIÓN

Tiene en cuenta los efectos de las turbulencias causadas por el relieve y la topografía del terreno teniendo en cuenta el grado de aspereza del entorno. El valor del coeficiente de exposición se calculará mediante la siguiente tabla:

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Tabla 13. Valores del coeficiente de exposición c_e . FUENTE: CTE-DB-SE-AE

Como la nave está ubicada en una zona llana, pero entre montañas con mucha flora alrededor, con pequeñas edificaciones y algunos árboles, se considera el grado de aspereza III.

Utilizando la tabla 13 y la altura del centro de gravedad de los huecos, la cubierta y los paramentos verticales, calculamos el coeficiente de exposición de cada elemento.

	Altura del punto (m)	c_e
Paramentos verticales	2	1,6
Huecos (fachada de entrada)	1,5	1,6
Huecos (fachada trasera)	2,3	1,6
Cubierta	4,5	1,8

Tabla 14. Altura del punto y coeficiente de exposición C_e

El coeficiente de exposición correspondiente a la cubierta, se ha calculado mediante el método de interpolación para obtener los resultados con mayor precisión. Por otro lado, como las alturas de los centros de gravedad de los paramentos verticales y los huecos tanto de la fachada de la entrada como la trasera son inferiores al valor mínimo de la tabla, se considera el coeficiente de exposición mínimo para su grado de aspereza.

3.4.3 COEFICIENTE EÓLICO O DE PRESIÓN

Depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie.

Coeficiente eólico interno

Como el edificio presenta algunos huecos, el viento genera presiones interiores que una vez calculadas, se sumaran con la presión exterior obteniendo el valor total.

Se calculan las dos situaciones más desfavorables para cada sentido del viento. Es decir, que haya la mayor presión y la mayor succión interior posible.

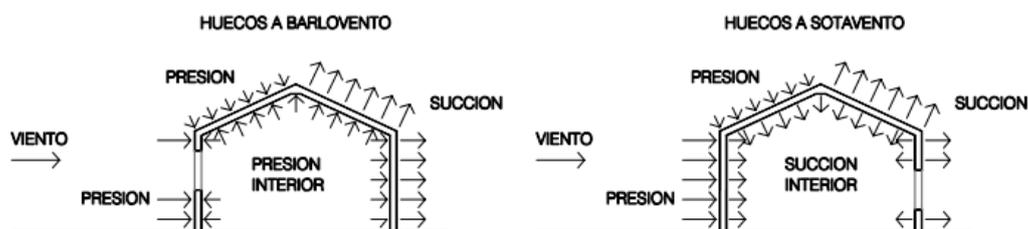
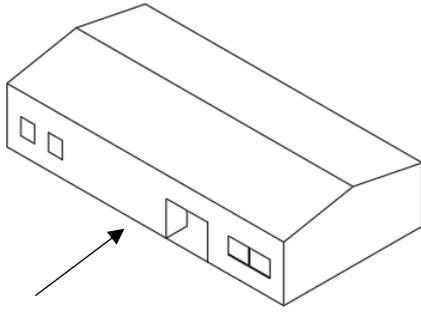
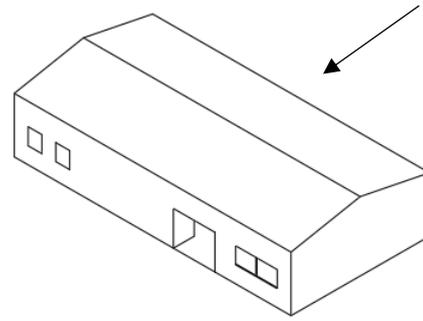


Figura 4. Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana.

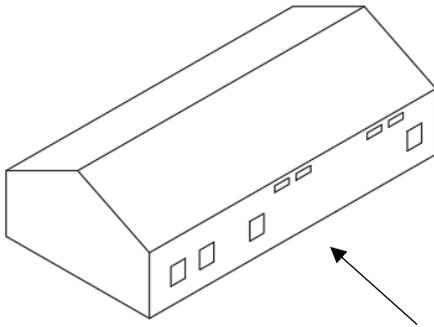
Al haber huecos en dos caras paralelas, se debe calcular la presión o succión interior con viento transversal en los dos sentidos, y con viento longitudinal teniendo en cuenta que el coeficiente de exposición será el de los huecos abiertos en cada caso, como se observa en los casos siguientes.



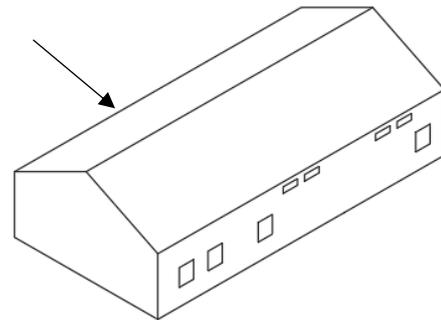
Caso 1. Viento a barlovento en fachada de entrada.



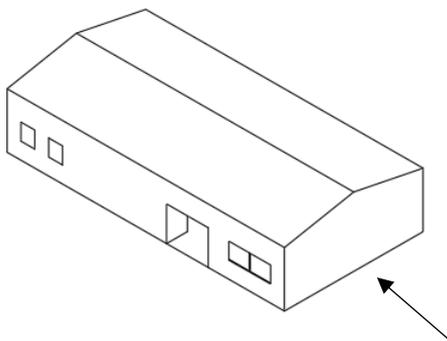
Caso 2. Viento a sotavento en fachada de entrada.



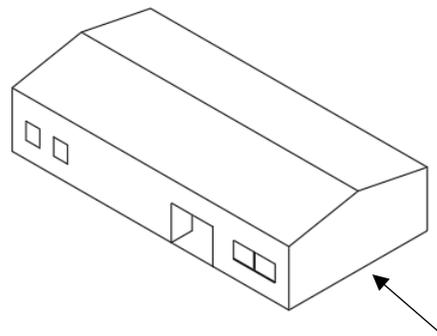
Caso 3. Viento a barlovento en fachada trasera.



Caso 4. Viento a sotavento en fachada trasera.



Caso 5. Viento longitudinal con huecos abiertos.



Caso 6. Viento longitudinal con huecos cerrados.

En primer lugar, se calcula la esbeltez en el plano de la nave paralelo al viento en cada caso mediante la siguiente tabla. Para ello, se divide la altura máxima que debe superar el viento, entre la longitud de la nave en esa dirección.

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤ 1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥ 4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

Tabla 15. Coeficientes de presión interior

Por lo tanto, si el viento sopla longitudinalmente (caso 5) el viento tendrá que superar una altura de 5 metros y recorrer 20 metros de longitud, siendo la esbeltez $5/20=0,25 \leq 1$. Por el contrario, si el viento sopla transversalmente (casos 1, 2, 3 y 4) el viento tendrá que superar una altura de 5 metros y recorrer 10 metros de longitud, siendo la esbeltez $5/10=0,5 \leq 1$.

La presión máxima se produce cuando todos los huecos a barlovento están abiertos y los huecos a sotavento cerrados. El área en zonas de succión en este caso es 0,0. Cogiendo el dato de la tabla 15 el coeficiente de presión interior es:

$$c_p \text{ presión} = 0,7$$

La succión máxima se produce cuando todos los huecos a barlovento están cerrados y los huecos a sotavento abiertos. El área en zonas de succión en este caso es 1. Cogiendo el dato de la tabla 15 el coeficiente de succión interior es:

$$c_p \text{ succión} = -0,5$$

Realizados los cálculos de las cargas debidas al viento, se obtienen los siguientes resultados:

$$\text{Caso 1: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 = 0,5824 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Caso 2: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,5) = -0,416 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Caso 3: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 = 0,5824 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Caso 4: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,5) = -0,416 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Caso 5: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,5) = -0,416 \text{ KN/m}^2$$

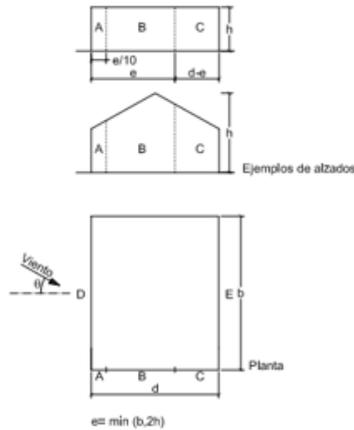
$$\text{Caso 6: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2$$

Coeficiente eólico externo

Depende de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición de elemento considerado y de su área de influencia. Para el cálculo se estudiarán diferentes casos, con viento transversal y longitudinal, y diferentes puntos de la nave como los paramentos verticales y la cubierta.

1. Paramentos verticales

- Viento transversal ($-45^\circ < \theta < 45^\circ$)



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Figura 5. Coeficiente eólico externo en paramentos verticales

Valores:

- $e = e_{\min}(20, 2 \times 5) = 10$
- $h/d = 5/10 = 0,5$
- $A = (10/10) \times 4 = 4 \text{ m}^2$
- $B = [10 - (10/10)] \times 4 = 36 \text{ m}^2$
- $C = (10 - 10) \times 4 = 0 \text{ m}^2$
- $D = E = 20 \times 4 = 80 \text{ m}^2$

Coeficiente de cada zona, calculando los de las D y E mediante interpolación.

A	B	C	D	E
-1,3	-0,8	0	0,73	-0,36

Tabla 16. Valor del coeficiente para cada zona.

Para obtener el valor del coeficiente para la fachada ABC, se ponderan los valores de la tabla.

$$c_{p \text{ ABC}} = \frac{(-1,3 \times 4) + (-0,8 \times 36)}{40} = -0,85$$

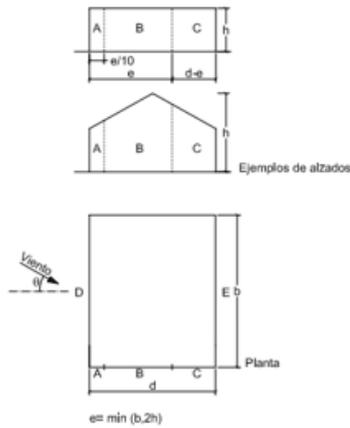
Las cargas con viento transversal en los paramentos verticales serán:

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) = -0,7072 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 = 0,607 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) = -0,3 \text{ KN/m}^2$$

• **Viento longitudinal ($-45^\circ < \theta < 45^\circ$)**



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Figura 6. Coeficiente eólico externo en paramentos verticales.

Valores:

- $e = e_{\min}(10, 2 \times 4) = 8$
- $h/d = 4/20 = 0,2$
- $A = (8/10) \times 4 = 3,2 \text{ m}^2$
- $B = [8 - (8/10)] \times 4 = 28,8 \text{ m}^2$
- $C = (20 - 8) \times 4 = 48 \text{ m}^2$
- $D = E = 10 \times 4 = 40 \text{ m}^2$

A	B	C	D	E
-1,3	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Tabla 17. Valor del coeficiente para cada zona.

Para obtener el valor del coeficiente para la fachada ABC, se ponderan los valores de la tabla.

$$C_{p\text{ABC}} = \frac{(-1,3 \times 3,2) + (-0,8 \times 28,8) + (-0,5 \times 48)}{80} = -0,64$$

Las cargas con viento transversal en los paramentos verticales serán:

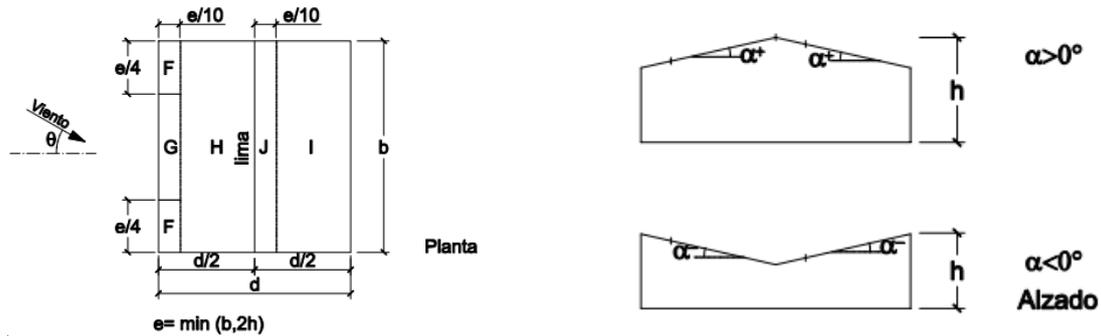
$$\text{Fachada entrada/trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,64) = -0,532 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada lateral izquierda: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,3) = -0,25 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada lateral derecha: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 = 0,582 \text{ KN/m}^2$$

2. Cubierta

- Viento transversal ($-45^\circ < \theta < 45^\circ$)



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	-0,6	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
45°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Figura 7. Coeficiente eólico externo con viento transversal en cubiertas a dos aguas

Valores:

- $e = e_{\min}(20, 2 \times 5) = 10$
- $\alpha = \arctg(1/5) = 11^\circ$
- $F = 2 \times (10/10) \times (10/4) = 5 \text{ m}^2$
- $G = [20 - 2 \times (10/4)] \times (10/10) = 15 \text{ m}^2$
- $H = I = [(10/2) - (10/10)] \times 20 = 80 \text{ m}^2$
- $J = (10/10) \times 20 = 20 \text{ m}^2$

Coefficiente de cada zona, calculando todos los valores mediante interpolación.

F	G	H	I	J
-1,762	-0,96	-0,42	-0,48	-0,52
0,12	0,12	0,12	-0,24	-0,24

Tabla 18. Valor del coeficiente para cada zona

Para obtener el valor del coeficiente para la cubierta FGH y para la cubierta IJ, se ponderan los valores de la tabla.

Hipótesis 1

$$C_{p\text{ FGH}} = \frac{(-1,762 \times 5) + (-0,96 \times 15) + (-0,42 \times 80)}{100} = -0,568$$

$$C_{p\text{ IJ}} = \frac{(-0,48 \times 80) + (-0,52 \times 20)}{100} = -0,488$$

Hipótesis 2

$$C_{p\text{ FGH}} = \frac{(0,12 \times 5) + (0,12 \times 15) + (0,12 \times 80)}{100} = 0,12$$

$$C_{p\text{ IJ}} = \frac{(-0,24 \times 80) + (-0,24 \times 20)}{100} = -0,24$$

Las cargas con viento transversal en la cubierta serán:

Hipótesis 1

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,568) = -0,532 \text{ KN/m}^2$$

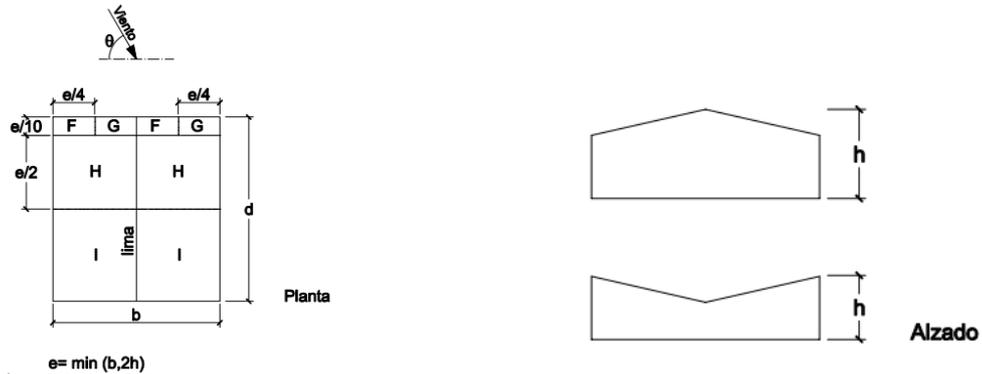
$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,488) = -0,457 \text{ KN/m}^2$$

Hipótesis 2

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (0,12) = 0,11 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,24) = -0,225 \text{ KN/m}^2$$

• Viento longitudinal ($45^\circ < \theta < 135^\circ$)



Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Figura 8. Coeficiente eólico externo con viento longitudinal en cubiertas a dos aguas

Valores:

- $e = e_{\min} (10, 2 \times 5) = 10$
- $\alpha = \arctg (1/5) = 11^\circ$
- $F = 2 \times (10/4) \times (10/10) = 5 \text{ m}^2$
- $G = [10 - (10/4) - (10/4)] \times (10/10) = 5 \text{ m}^2$
- $H = (10/2) \times 10 = 50 \text{ m}^2$
- $I = [20 - (10/10) - (10/2)] \times 10 = 140 \text{ m}^2$

Coeficiente de cada zona, calculando todos los valores mediante interpolación.

F	G	H	I
-1,785	-1,689	-0,64	-0,54

Tabla 19. Valor del coeficiente para cada zona

Para obtener el valor del coeficiente de un alero de la cubierta, se ponderan los valores de la tabla 19.

$$C_{p\text{FGHI}} = \frac{(-1,785 \times 2,5) + (-1,689 \times 2,5) + (-0,64 \times 25) + (-0,54 \times 70)}{100} = -0,625$$

Las cargas con viento longitudinal en la cubierta serán:

$$\text{Cubierta FGHI: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,625) = -0,585 \text{ KN/m}^2$$

3.4.4 RESUMEN DE HIPÓTESIS

Caso 1

HIPOTESIS 1

Presión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 \times 5 = 2,912 \text{ KN/m}$$

Paramentos verticales

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) \times 5 = -3,536 \text{ KN/m}$$

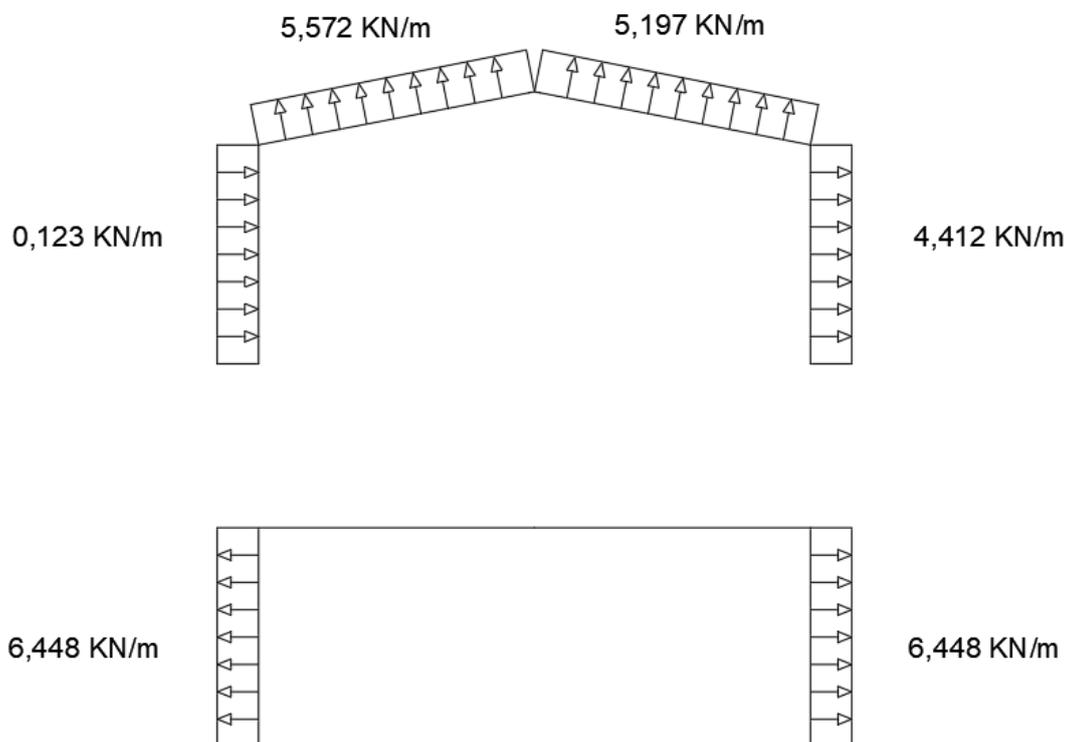
$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 \times 5 = 3,035 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) \times 5 = -1,5 \text{ KN/m}$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,568) \times 5 = -2,66 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,488) \times 5 = -2,285 \text{ KN/m}$$



HIPOTESIS 2Presión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 \times 5 = 2,912 \text{ KN/m}$$

Paramentos verticales

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) \times 5 = -3,536 \text{ KN/m}$$

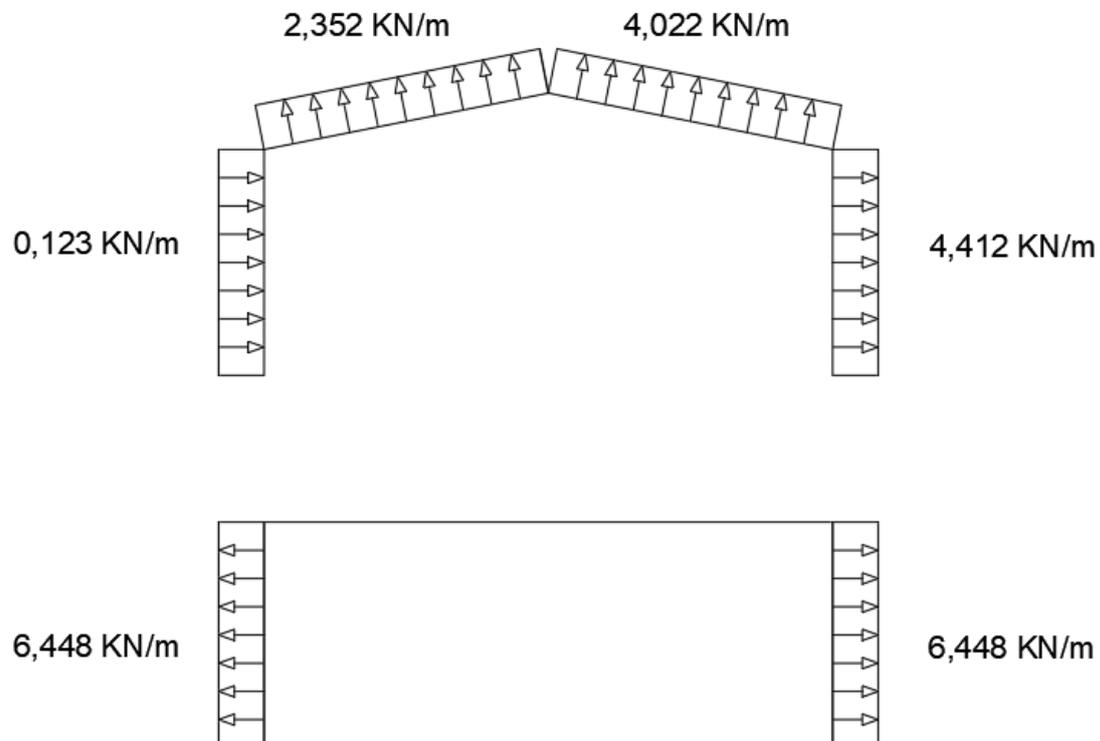
$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 \times 5 = 3,035 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) \times 5 = -1,5 \text{ KN/m}$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (0,12) \times 5 = 0,56 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,24) \times 5 = -1,12 \text{ KN/m}$$



Caso 2HIPOTESIS 1Succión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,5 \times 5 = 2,08 \text{ KN/m}^2$$

Paramentos verticales

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) \times 5 = -3,536 \text{ KN/m}$$

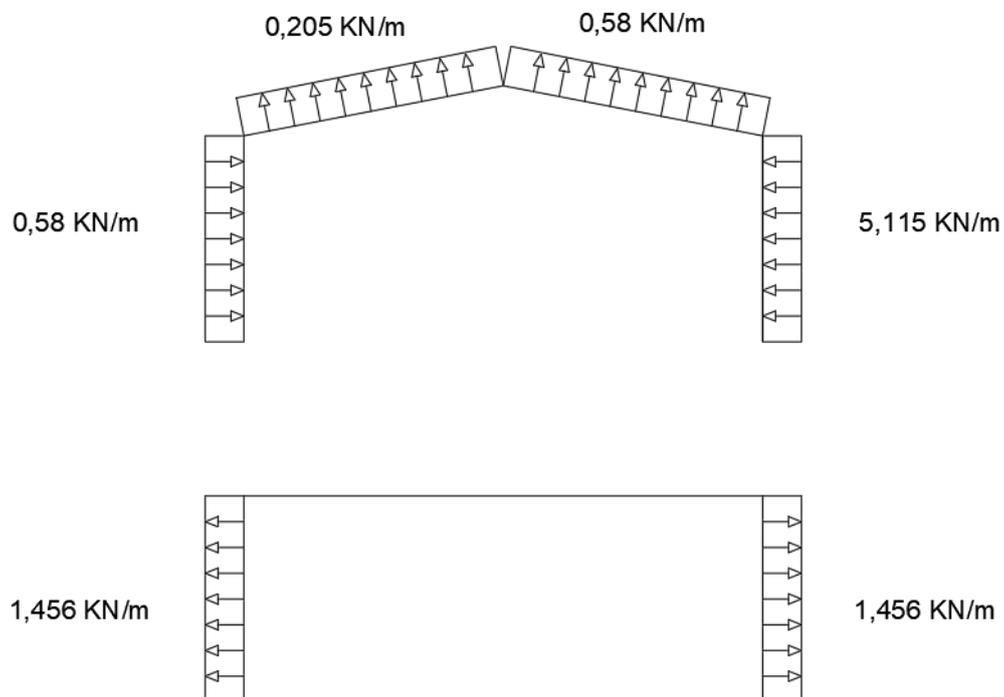
$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) \times 5 = -1,5 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 \times 5 = 3,035 \text{ KN/m}$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,488) \times 5 = -2,285 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,568) \times 5 = -2,66 \text{ KN/m}$$



HIPOTESIS 2

Succión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,5 \times 5 = 2,08 \text{ KN/m}^2$$

Paramentos verticales

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) \times 5 = -3,536 \text{ KN/m}$$

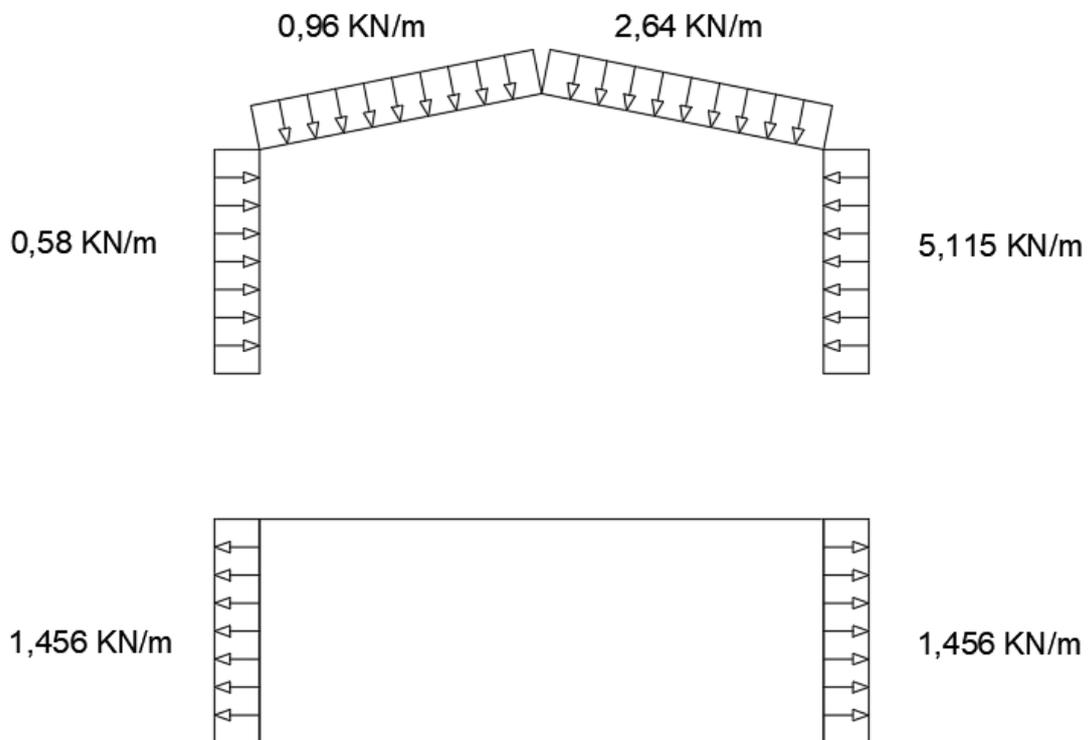
$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) \times 5 = -1,5 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 \times 5 = 3,035 \text{ KN/m}$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,24) \times 5 = -1,12 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (0,12) \times 5 = 0,56 \text{ KN/m}$$



Caso 3**HIPOTESIS 1****Presión interior**

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 \times 5 = 2,912 \text{ KN/m}$$

Paramentos verticales

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) \times 5 = -3,536 \text{ KN/m}$$

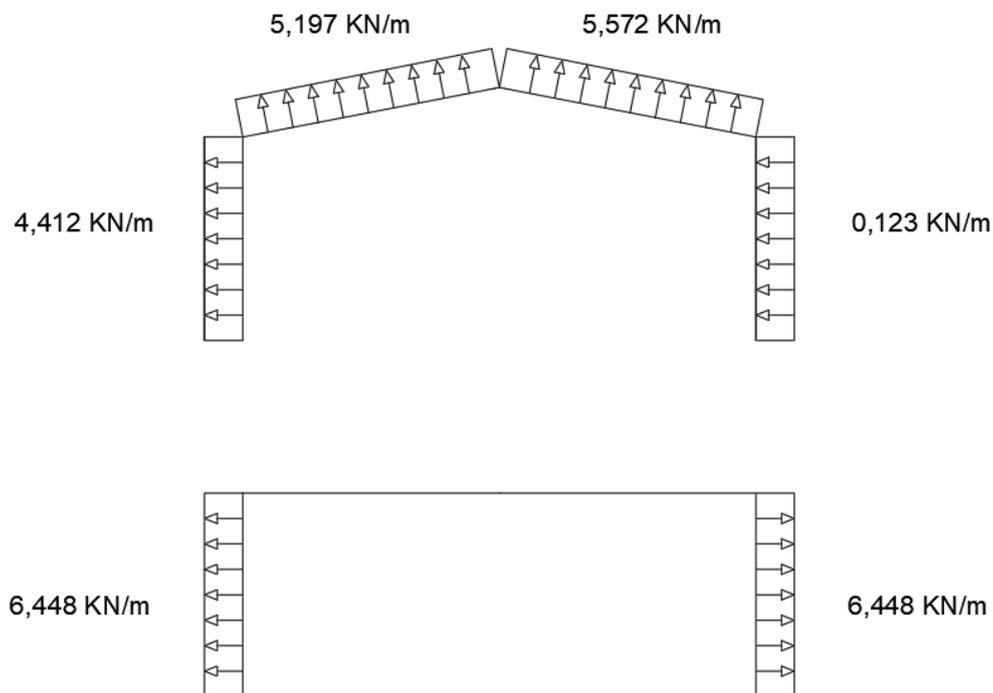
$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) \times 5 = -1,5 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 \times 5 = 3,035 \text{ KN/m}$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,488) \times 5 = -2,285 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,568) \times 5 = -2,66 \text{ KN/m}$$



HIPOTESIS 2Presión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 \times 5 = 2,912 \text{ KN/m}$$

Paramentos verticales

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) \times 5 = -3,536 \text{ KN/m}$$

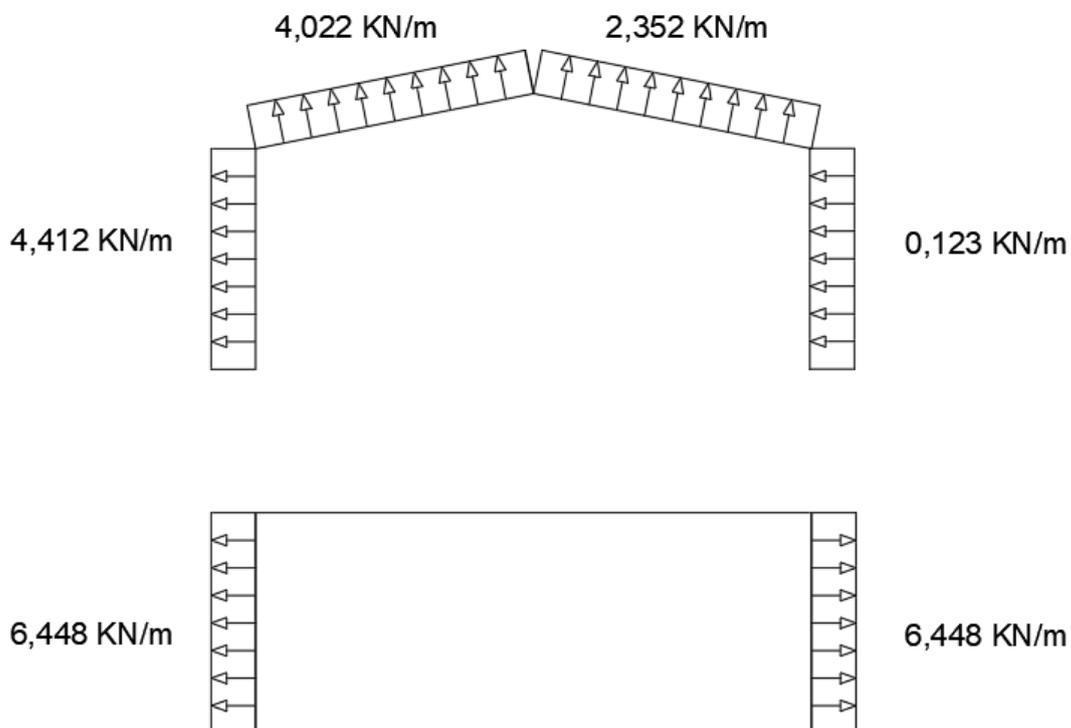
$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) \times 5 = -1,5 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 \times 5 = 3,035 \text{ KN/m}$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,24) \times 5 = -1,12 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (0,12) \times 5 = 0,56 \text{ KN/m}$$



Caso 4HIPOTESIS 1Succión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,5 \times 5 = 2,08 \text{ KN/m}^2$$

Paramentos verticales

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) \times 5 = -3,536 \text{ KN/m}$$

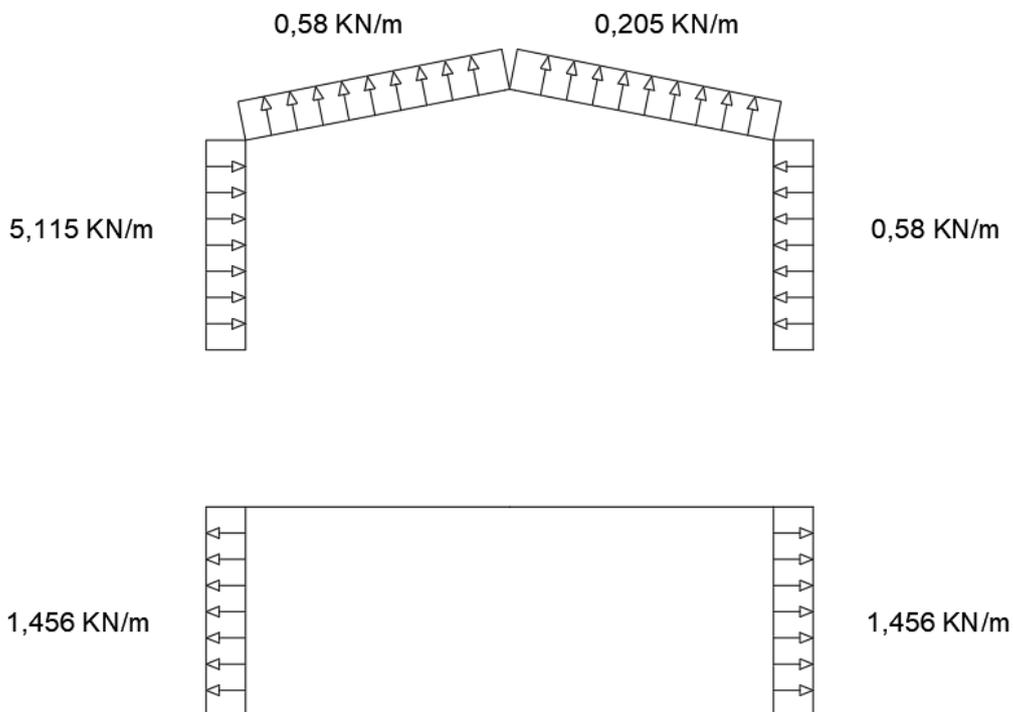
$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 \times 5 = 3,035 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) \times 5 = -1,5 \text{ KN/m}$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,568) \times 5 = -2,66 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,488) \times 5 = -2,285 \text{ KN/m}$$



HIPOTESIS 2

Succión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,5 \times 5 = 2,08 \text{ KN/m}^2$$

Paramentos verticales

$$\text{Fachadas laterales: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,85) \times 5 = -3,536 \text{ KN/m}$$

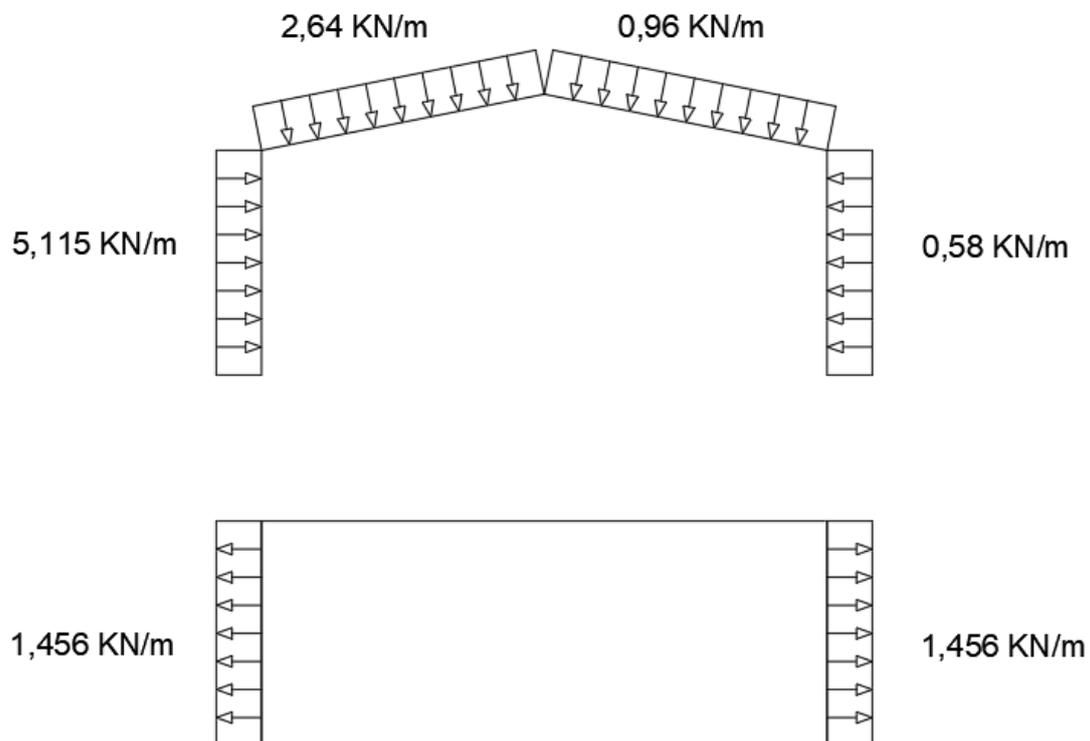
$$\text{Fachada entrada: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,73 \times 5 = 3,035 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,36) \times 5 = -1,5 \text{ KN/m}$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGH: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (0,12) \times 5 = 0,56 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta IJ: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,24) \times 5 = -1,12 \text{ KN/m}$$



Caso 5Succión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,5 \times 5 = 2,08 \text{ KN/m}^2$$

Paramentos verticales

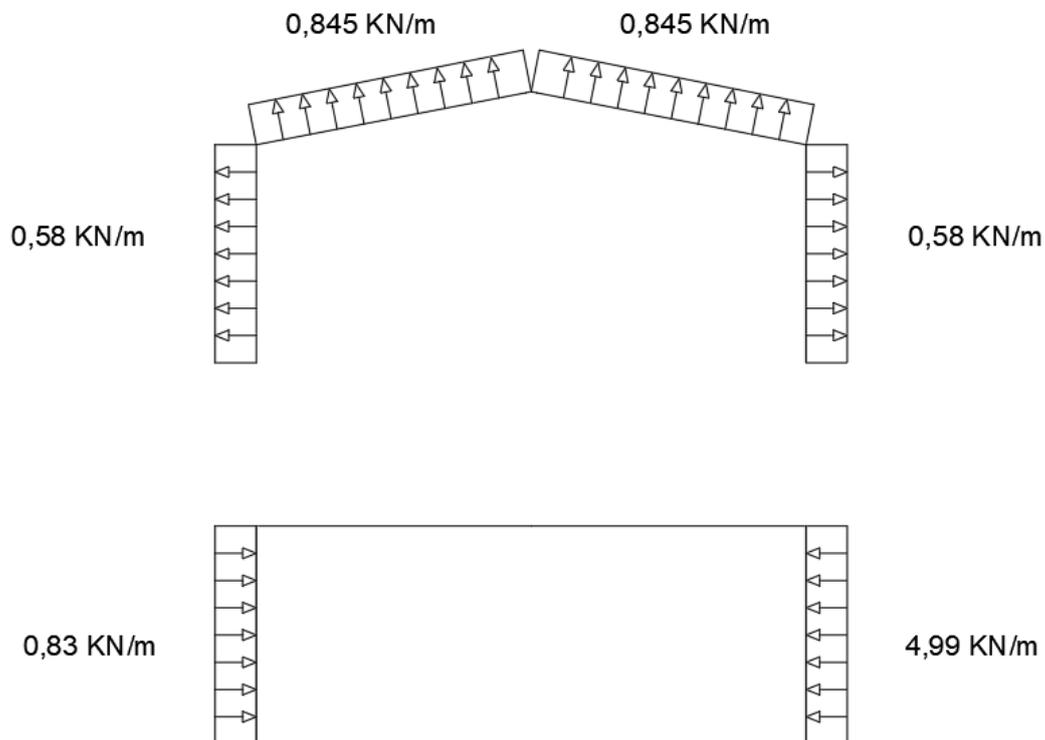
$$\text{Fachada entrada/trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,64) \times 5 = -2,66 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada lateral izquierda: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,3) \times 5 = -1,25 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada lateral derecha: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 \times 5 = 2,91 \text{ KN/m}^2$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGHI: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,625) \times 5 = -2,925 \text{ KN/m}^2$$



Caso 6Succión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0 = 0 \text{ KN/m}^2$$

Paramentos verticales

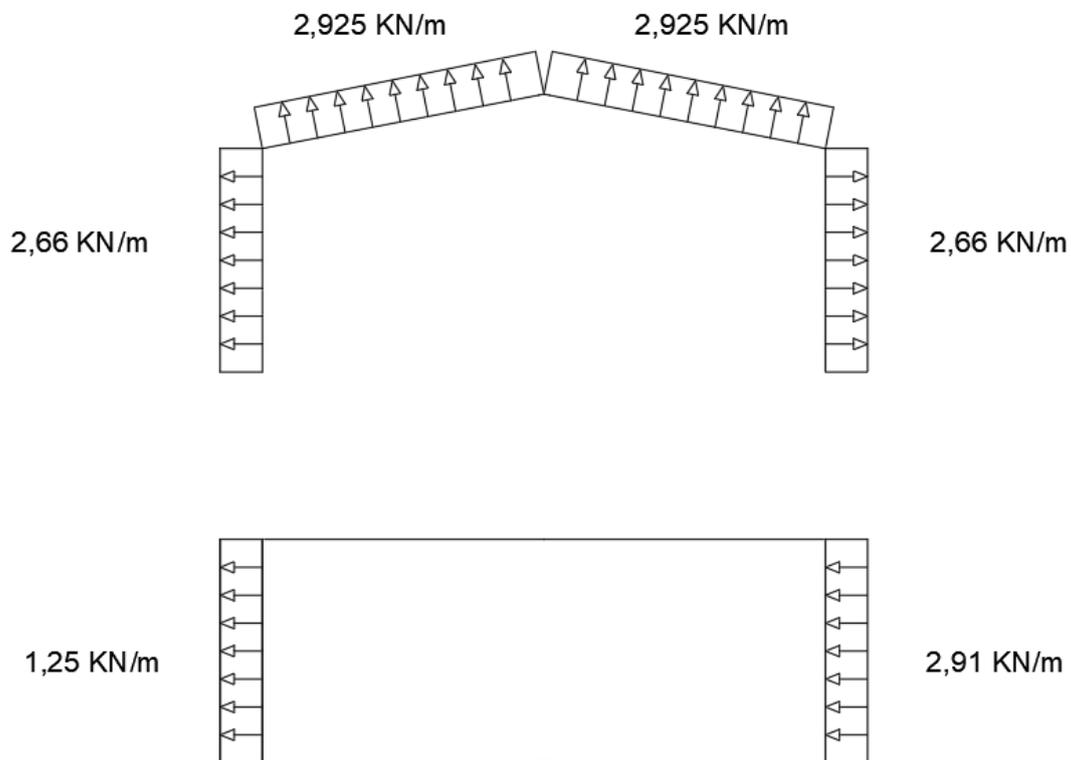
$$\text{Fachada entrada/trasera: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,64) \times 5 = -2,66 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada lateral izquierda: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times (-0,3) \times 5 = -1,25 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada lateral derecha: } q_e = 0,52 \times 1,6 \times 0,7 \times 5 = 2,91 \text{ KN/m}^2$$

Cubierta

$$\text{Cubierta FGHI: } q_e = 0,52 \times 1,8 \times (-0,625) \times 5 = -2,925 \text{ KN/m}^2$$



3.4.5 CONCLUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se comparan los resultados de los cálculos realizados a mano del caso 1 que es el que tiene los valores más desfavorables. Estos se comparan con los extraídos del programa CYPE:

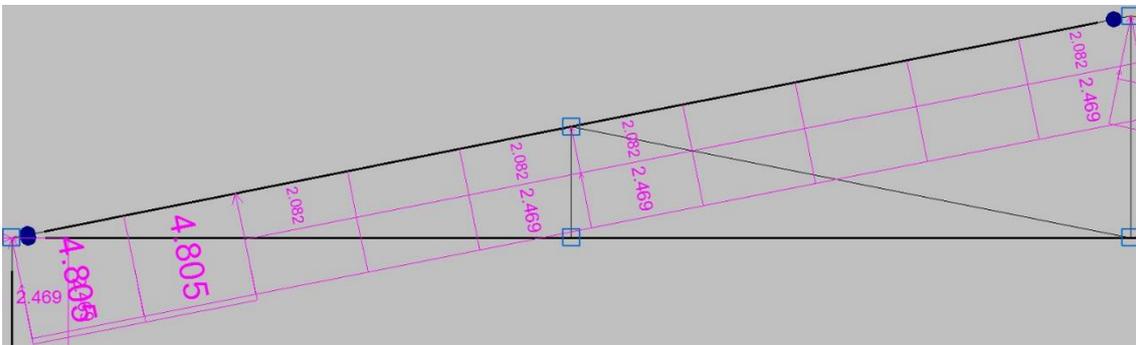
	Resultado manual	Resultado CYPE	Error
Cubierta 1	5,572 KN/m	5,096 KN/m	8,5%
Cubierta 2	5,197 KN/m	4,956 KN/m	4,6%
Paramento vertical	4,412 KN/m	4,328 KN/m	1,9%

Tabla 20. Comparativa resultados: Manuales-Cype

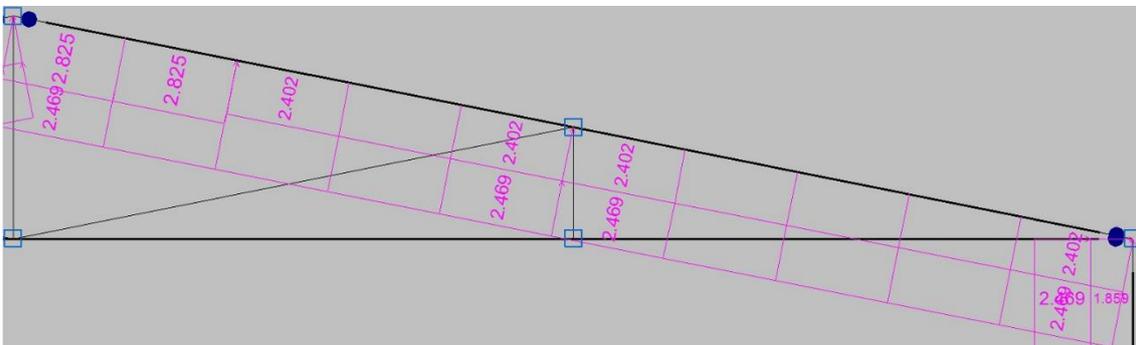
El error obtenido entre los cálculos realizados manualmente y los otorgados por Cype está por debajo del 15 %. Esto quiere decir que son resultados muy aceptables ya que Cype trabaja con mayor exactitud.

A continuación, se pueden observar los resultados obtenidos de Cype.

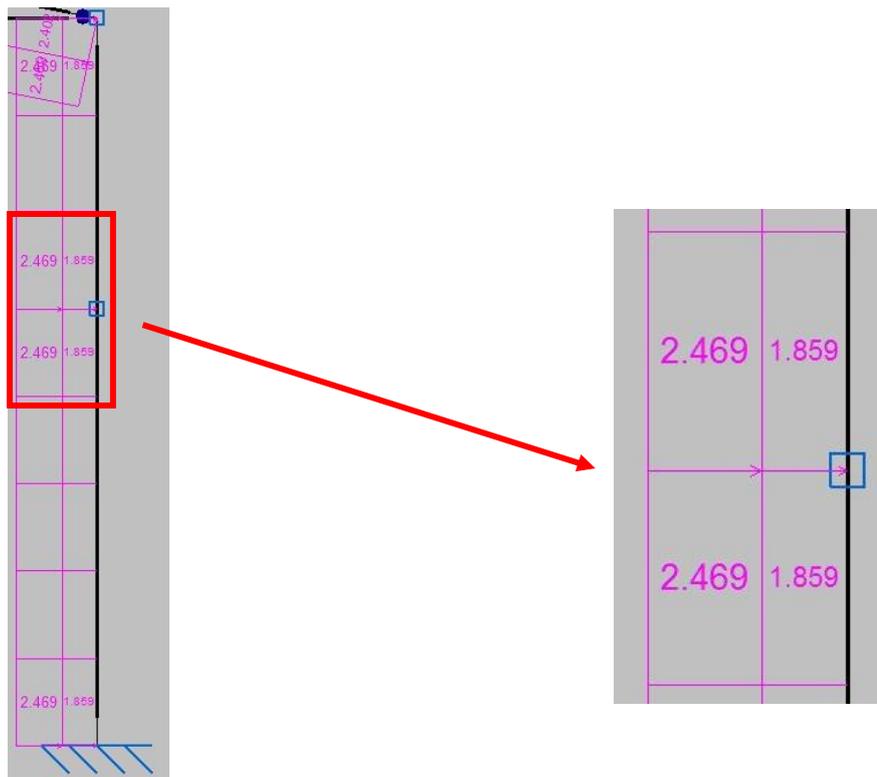
Cubierta 1



Cubierta 2



Paramento vertical



4. MATERIALES

4.1 ACERO ESTRUCTURAL

Los perfiles laminados en caliente estarán ejecutados mediante acero estructural S275 que ofrece una resistencia característica $f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$. Para obtener la resistencia de cálculo hay que aplicar el coeficiente de seguridad que se extrae del DB SE-A del CTE:

$$f_{yd} = \frac{275}{1,05} = 261,9 \text{ N/mm}^2 = 261,9 \text{ MPa}$$

Los perfiles de las correas serán de acero conformado en frío y estarán ejecutados mediante acero estructural S235 que ofrece una resistencia característica $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$. La resistencia de cálculo se calcula de la misma manera que para los perfiles laminados:

$$f_{yd} = \frac{235}{1,05} = 223,8 \text{ N/mm}^2 = 223,8 \text{ MPa}$$

El módulo de elasticidad para los dos tipos de acero estructural que se utilizarán es:

$$E = 2,1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$$

4.2 ACERO EN BARRAS

Las barras de acero que se utilizarán para la armadura del hormigón de las zapatas serán acero B500S que ofrece una resistencia característica $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$. Para obtener la resistencia de cálculo se aplica el coeficiente de seguridad que se extrae del EHE-08:

$$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 434,78 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 434,78 \text{ MPa}$$

El módulo de elasticidad para los el acero que se utilizará para la armadura de las zapatas de hormigón es:

$$E = 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$$

4.3 HORMIGÓN ESTRUCTURAL

La cimentación se ejecutará con un hormigón armado que sea resistente a la agresividad química del terreno y a otros agentes que favorezcan el deterioro del hormigón.

De acuerdo con el EHE 08 la exposición relativa a la corrosión de las armaduras se clasificará como IIa (humedad alta).

Según los requisitos de durabilidad, estas son las resistencias mínimas recomendadas por el EHE 08:

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	Ila	Ilb	IIla	IIlb	IIlc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
resistencia	masa	20	-	-	-	-	-	-	30	30	35	30	30	30
Mínima	armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
(N/mm ²)	pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Tabla 21. Resistencia mínima recomendada según los requisitos de durabilidad. FUENTE: EHE 08

La resistencia mínima para la ejecución de la cimentación es de 25 N/mm². Para la nave se ha utilizado hormigón HA-25, con una resistencia característica de 25 N/mm² cumpliendo lo establecido en el EHE 08. La resistencia de cálculo de este hormigón será:

$$f_{cd} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \frac{N}{mm^2} = 16,67 MPa$$

El bloque de hormigón y la solera serán ejecutados con hormigón HA-25 igual que la cimentación.

4.4 HORMIGÓN DE LIMPIEZA

Antes de ejecutar la cimentación de la nave, se deberá disponer de una solera para separar el terreno de las zapatas evitando la desecación del hormigón de las zapatas durante su vertido, así como una posible contaminación de éste durante las primeras horas de su hormigonado.

Esta solera será de 10 centímetros, el mínimo para cumplir con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación ya que el terreno que habrá bajo este hormigón de limpieza será roca que no es un material muy dañino para el hormigón.

El Código Técnico de la Edificación permite únicamente que el hormigón utilizable para esta aplicación sea el HL-150/C/30.

5. ESTRUCTURA

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

La nave estará compuesta por una estructura metálica basada en 5 pórticos con celosía americana, separados 5 metros entre ellos y 10 metros de luz. La altura del alero será de 4 metros, con una altura máxima en cumbre de 5 metros.

Las características del acero que se utilizará se recogen en la tabla 22.

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m ³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Notación: <i>E</i> : Módulo de elasticidad <i>ν</i> : Módulo de Poisson <i>G</i> : Módulo de cortadura <i>f_y</i> : Límite elástico <i>α_t</i> : Coeficiente de dilatación <i>γ</i> : Peso específico							

Tabla 22. Características de los materiales utilizados

5.2 BARRAS

5.2.1 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N2, N3/N4, N41/N42, N43/N44, N51/N46, N52/N49, N53/N6, N54/N9, N55/N48 y N56/N8
2	N2/N5, N4/N5, N42/N45 y N44/N45
3	N6/N7, N8/N7, N8/N5, N9/N10, N8/N10, N12/N15, N14/N15, N12/N14, N48/N47, N48/N50, N22/N25, N24/N25, N22/N24, N32/N35, N34/N35, N32/N34, N2/N4 y N42/N44
4	N11/N12, N13/N14, N21/N22, N23/N24, N31/N32 y N33/N34
5	N16/N17, N18/N17, N18/N15, N19/N20, N18/N20, N26/N27, N28/N27, N28/N25, N29/N30, N28/N30, N36/N37, N38/N37, N38/N35, N39/N40 y N38/N40
6	N46/N47, N48/N45, N49/N50, N2/N12, N12/N22, N32/N42, N22/N32, N5/N15, N15/N25, N35/N45, N25/N35, N4/N14, N14/N24, N34/N44, N24/N34, N37/N47, N40/N50, N59/N60 y N63/N64
7	N42/N37, N32/N47, N47/N35, N37/N45, N40/N45, N50/N35, N34/N50, N44/N40, N60/N32, N59/N42, N64/N34 y N63/N44

Tabla 23. Referencia de cada nudo

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm ²)	A_{xy} (cm ²)	A_{xz} (cm ²)	I_{yy} (cm ⁴)	I_{zz} (cm ⁴)	I_t (cm ⁴)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	HE 160 B, (HEB)	54.30	31.20	9.65	2492.00	889.20	31.24
		2	IPE 140, (IPE)	16.40	7.56	5.34	541.00	44.90	2.45
		3	IPE 160, (IPE)	20.10	9.10	6.53	869.00	68.30	3.60
		4	HE 140 B, (HEB)	43.00	25.20	7.31	1509.00	549.70	20.06
		5	IPE 120, (IPE)	13.20	6.05	4.25	318.00	27.70	1.74
		6	IPE 100, (IPE)	10.30	4.70	3.27	171.00	15.90	1.20
		7	L 20 x 20 x 3, (L)	1.12	0.51	0.51	0.39	0.39	0.03
Notación: <i>Ref.</i> : Referencia <i>A</i> : Área de la sección transversal <i>A_{xy}</i> : Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' <i>A_{xz}</i> : Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' <i>I_{yy}</i> : Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' <i>I_{zz}</i> : Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' <i>I_t</i> : Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

Tabla 24. Características mecánicas de los perfiles utilizados

5.3 RESUMEN DE LA MEDICIÓN

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	HEB	HE 160 B	40.000	64.000	346.384	0.217	0.320	0.660	1705.02	2515.14	5183.47
			HE 140 B	24.000			0.103			810.12		
			IPE 140	20.396			0.033			262.58		
			IPE 160	92.792			0.187			1464.12		
			IPE 120	21.297			0.028			220.68		
		IPE	IPE 100	82.000	0.084		663.01					
			L 20 x 20 x 3	216.485	0.333		2610.39					
				65.899	0.007		57.94					
		L	65.899	0.007	57.94							

Tabla 25. Resumen de medición de los perfiles

5.4 COMPROBACIÓN DE LAS BARRAS A E.L.U

A continuación, se muestran las comprobaciones para cada tipo de perfil con mayor sollicitación utilizado.

Barra N22/N32

Perfil: IPE 100 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N22	N32	5.000	10.30	171.00	15.90	1.20
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	5.000	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N22/N32	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.313 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 2.5$	$\eta = 3.2$	x: 2.5 m $\eta = 3.2$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\eta = 0.3$	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m $\eta = 6.5$	x: 0.313 m $\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 6.5$
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.41} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A : 10.30 cm²
f_y : 275.00 MPa
N_{cr} : 141.77 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

N_{cr,y} : 141.77 kN

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

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

N_{cr,T} : ∞

Donde:

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

I_y : 171.00 cm⁴

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

I_z : 15.90 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 1.20 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 350.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

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

L_{ky} : 5.000 m

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

L_{kz} : 0.000 m

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

L_{kt} : 0.000 m

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

i₀ : 4.26 cm

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

i_y : 4.07 cm

i_z : 1.24 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$21.61 \leq 246.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{88.60} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{3.63} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{3.14} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

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

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

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.025} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{6.68} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.032} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{3.52} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{110.97} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.41}$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_y : \underline{1.63}$$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : \underline{0.21}$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{1.41}$$

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

$N_{cr} : \underline{141.77} \text{ kN}$

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

$N_{cr,y} : \underline{141.77} \text{ kN}$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.032} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$M_{Ed}^+ : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

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

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

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

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

$W_{pl,y} : \underline{39.40} \text{ cm}^3$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{0.27} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{76.54} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$\mathbf{A_v} : \underline{5.06} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$\mathbf{h} : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{4.10} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

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

$$\mathbf{18.20} < \mathbf{64.71} \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\mathbf{\lambda_w} : \underline{18.20}$$

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

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{\text{máx}} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

$$\lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$f_{\text{ref}} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

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

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

$$0.23 \text{ kN} \leq 38.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$V_{\text{Ed}} : \underline{0.23} \text{ kN}$$

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

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{76.54} \text{ kN}$$

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

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.045} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>3.52</u> kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : <u>0.33</u> kN·m M_{z,Ed}⁺ : <u>0.00</u> kN·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>269.76</u> kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : <u>10.32</u> kN·m M_{pl,Rd,z} : <u>2.41</u> kN·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : <u>10.30</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>39.40</u> cm ³ W_{pl,z} : <u>9.20</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.03}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.00}$$

C_{m,y}, C_{m,z} : Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>1.00</u> C_{m,z} : <u>1.00</u>
---	--

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>0.41</u> χ_z : <u>1.00</u>
---	--

λ̄_y, λ̄_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>1.41</u> λ̄_z : <u>0.00</u>
--	--

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u> α_z : <u>0.60</u>
--	--

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.23 \text{ kN} \leq 38.27 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{0.23}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{76.54}{\quad} \text{ kN}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N28/N30

Perfil: IPE 120		Material: Acero (S275)					
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)	
N28	N30	2.550	13.20	318.00	27.70	1.74	
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00		
L_k	1.275	2.550	2.550	2.550	2.550		
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000		
C_1	-		1.000				
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t		M_yV_z	M_zV_y
N28/N30	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.34 m $\eta = 8.7$	x: 0.408 m $\eta = 14.8$	x: 2.342 m $\eta = 23.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 2.342 m $\eta = 1.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	x: 2.342 m $\eta = 33.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 33.2$
<p>Notación:</p> <p>$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados $NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión M_yV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_zV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>																

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

$$\text{A} : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

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

$$\text{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{353.30} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{1013.99} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{353.30} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{646.52} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$\text{I}_y : \underline{318.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_z : \underline{27.70} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\text{I}_t : \underline{1.74} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$\text{I}_w : \underline{890.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>2.550</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>1.275</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>2.550</u> m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o : <u>5.12</u> cm

$$i_o = (i_y^2 + i_z^2 + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>4.91</u> cm
y_o , z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	i_z : <u>1.45</u> cm
	y_o : <u>0.00</u> mm
	z_o : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$24.41 \leq 248.01 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>107.40</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>4.40</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>4.73</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>4.03</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.087} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.340 m del nudo N28, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$N_{t,Ed}$: 30.17 kN

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

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

$N_{t,Rd}$: 345.71 kN

Donde:

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

A : 13.20 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.087 ✓

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

η : 0.148 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.408 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

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

$N_{c,Ed}$: 30.15 kN

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

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

$N_{c,Rd}$: 345.71 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 : 13.20 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{203.42} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.59}$$

$$\chi_T : \underline{0.76}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.72}$$

$$\phi_z : \underline{1.15}$$

$$\phi_T : \underline{0.87}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

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

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

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

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.01}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.75}$$

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

$$N_{cr} : \underline{353.30} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1013.99} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{353.30} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{646.52} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.126} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.230} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.342 m del nudo N28, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.342 m del nudo N28, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{2.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{15.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd} : \underline{8.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT} : \underline{0.55}$$

Siendo:

$$\Phi_{LT} = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] \quad \Phi_{LT} : \underline{1.29}$$

$$\alpha_{LT} : \text{Coeficiente de imperfección elástica.} \quad \alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_{LT} : \underline{1.17}$$

$$M_{cr} : \text{Momento crítico elástico de pandeo lateral.} \quad M_{cr} : \underline{12.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z} \quad M_{LTV} : \underline{11.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2 \quad M_{LTw} : \underline{4.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida. $W_{el,y} : \underline{53.00} \text{ cm}^3$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $I_z : \underline{27.70} \text{ cm}^4$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme. $I_t : \underline{1.74} \text{ cm}^4$

E : Módulo de elasticidad. $E : \underline{210000} \text{ MPa}$

G : Módulo de elasticidad transversal. $G : \underline{81000} \text{ MPa}$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior. $L_c^+ : \underline{2.550} \text{ m}$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior. $L_c^- : \underline{2.550} \text{ m}$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra. $C_1 : \underline{1.00}$

$i_{f,z}^+$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. $i_{f,z}^+ : \underline{1.69} \text{ cm}$

$i_{f,z}^-$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida. $i_{f,z}^- : \underline{1.69} \text{ cm}$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.342 m del nudo N28, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{1.46} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{95.19} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$\mathbf{A_v} : \underline{6.30} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$\mathbf{h} : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{4.40} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

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

$$\mathbf{21.23} < \mathbf{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\mathbf{\lambda_w} : \underline{21.23}$$

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\mathbf{\lambda_{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

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 : 275.00 MPa

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

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

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

1.44 kN ≤ 47.60 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

V_{Ed} : 1.44 kN

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

$V_{c,Rd}$: 95.19 kN

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

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.189 ✓

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

η : 0.296 ✓

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

$$\eta : \underline{0.332} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.342 m del nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{27.89} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{1.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

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

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{345.71} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{15.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{3.56} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{13.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.04}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.19}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.98}$$

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

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

$$\chi_z : \underline{0.59}$$

χ_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.55}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.01}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$1.44 \text{ kN} \leq 47.60 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{1.44}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{95.19}{\quad} \text{ kN}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N10/N5

Perfil: IPE 140 Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud		Características mecánicas				
	Inicial	Final	(m)	Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
N10	N5	2.550	16.40	541.00	44.90	2.45	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00		0.47	1.00		
L_K	2.550	2.550		1.200	2.550		
C_m	1.000	1.000		1.000	1.000		
C_1	-			1.000			
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_y V_z$		$M_z V_y$
N10/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.208 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.55 m $\eta = 0.5$	x: 0.208 m $\eta = 1.1$	x: 0.208 m $\eta = 14.7$	x: 0.208 m $\eta = 24.9$	x: 0.208 m $\eta = 4.8$	x: 2.55 m $\eta = 0.5$	x: 0.208 m $\eta < 0.1$	x: 0.208 m $\eta < 0.1$	x: 0.208 m $\eta = 35.6$	x: 0.208 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽²⁾	CUMPLE $\eta = 35.6$
<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $NM_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $NM_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión $M_y V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_z V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>⁽²⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>																

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.77} \quad \checkmark$$

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 16.40 cm²

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

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 143.17 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 1725.06 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

N_{cr,z} : 143.17 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,t} : 732.21 kN

$$N_{cr,t} = \frac{1}{I_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

I_y : 541.00 cm⁴

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

I_z : 44.90 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 2.45 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 1980.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : 81000 MPa

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

L_{ky} : 2.550 m

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

$$L_{kz} : \underline{2.550} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{2.550} \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{5.98} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{5.74} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.65} \text{ cm}$$

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

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$26.85 \leq 248.60 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{126.20} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.70} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{5.93} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{5.04} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E : Módulo de elasticidad.

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

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

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.005} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{2.31} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{429.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.003} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.011} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)1.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{1.20} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{429.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{110.93} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

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

$$\chi_z : \underline{0.26}$$

$$\chi_T : \underline{0.73}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.66}$$

$$\phi_z : \underline{2.34}$$

$$\phi_T : \underline{0.91}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.77}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.78}$$

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

$$N_{cr} : \underline{143.17} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{1725.06} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{143.17} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{732.21} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.097} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.147} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{23.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{88.30} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{19.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{13.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{88.30} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^{-2}}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.86}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.58}$$

Siendo:

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

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}^+}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}^-}}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.77}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{1.23}$$

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.67}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.13}$$

$$M_{cr}^+ : \underline{54.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{19.18} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTW}^2}$$

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv}^+ : \underline{35.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{16.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{41.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{9.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{77.29} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{44.90} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{2.45} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.200} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{2.550} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{1.93} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{1.93} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.249} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{1.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

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

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.98} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{5.05} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

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

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

$$\mathbf{W_{pl,z}} : \underline{19.30} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.048} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{5.48} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{115.17} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{7.62} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. $h : \underline{140.00} \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : \underline{4.70} \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 23.87 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{23.87}$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción. $\varepsilon : \underline{0.92}$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.71 \text{ kN}$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : 158.30 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 10.47 \text{ cm}^2$

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : 16.40 \text{ cm}^2$

d : Altura del alma. $d : 126.20 \text{ mm}$

t_w : Espesor del alma. $t_w : 4.70 \text{ mm}$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.00 \text{ MPa}$

γ_{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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 5.48 \text{ kN} \leq 57.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 5.48 \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 115.17 \text{ kN}$

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.09 \text{ kN} \leq 79.15 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.09$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : 158.30$ kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : 0.346 \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : 0.356 \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed} : 1.00$ kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^+ : 2.18$ kN·m

$M_{z,Ed}^+ : 1.26$ 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 tracción.

$N_{pl,Rd} : 429.52$ 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.

$M_{pl,Rd,y} : 23.13$ kN·m

$M_{pl,Rd,z} : 5.05$ kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{ef,Ed} : 2.14$ kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed} : 24.19$ MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com} : 88.30$ cm³

A: Área de la sección bruta.

A : 16.40 cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y} : 19.96$ kN·m

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.208 m del nudo N10, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$5.48 \text{ kN} \leq 57.58 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{5.48}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{115.17}{\quad} \text{ kN}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N30/N25

Perfil: IPE 160

Material: Acero (S275)

Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N30	N25	2.550	20.10	869.00	68.30	3.60
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.47	1.00	0.47	1.00	
L_k		1.200	2.550	1.200	2.550	
C_m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C_1		-		1.000		
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_k : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t		$M_t V_z$	$M_t V_y$
N30/N25	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$x: 0.156 \text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$x: 2.55 \text{ m}$ $\eta = 16.4$	$x: 0.156 \text{ m}$ $\eta = 19.7$	$x: 1.353 \text{ m}$ $\eta = 21.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0.156 \text{ m}$ $\eta = 6.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0.156 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	N.P. ⁽³⁾	$x: 1.353 \text{ m}$ $\eta = 31.7$	$x: 0.156 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE $\eta = 31.7$
<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinados $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión $M_t V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <ul style="list-style-type: none"> ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. 																

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.79} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

$$\text{A} : \underline{20.10} \text{ cm}^2$$

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

$$\text{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{896.10} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{2770.93} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{983.05} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{896.10} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,T} = \frac{1}{I_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$\text{I}_y : \underline{869.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_z : \underline{68.30} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\text{I}_t : \underline{3.60} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\text{I}_w : \underline{3960.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	$L_{ky} : \underline{2.550}$ m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	$L_{kz} : \underline{1.200}$ m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	$L_{kt} : \underline{2.550}$ m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	$i_0 : \underline{6.83}$ cm
$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	$i_y : \underline{6.58}$ cm
y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	$i_z : \underline{1.84}$ cm
	$y_0 : \underline{0.00}$ mm
	$z_0 : \underline{0.00}$ 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:

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

$$29.04 \leq 250.58 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	$h_w : \underline{145.20}$ mm
t_w : Espesor del alma.	$t_w : \underline{5.00}$ mm
A_w : Área del alma.	$A_w : \underline{7.26}$ cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef} : \underline{6.07}$ cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	$k : \underline{0.30}$
E : Módulo de elasticidad.	$E : \underline{210000}$ MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	$f_{yf} : \underline{275.00}$ MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.164} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$N_{t,Ed}$: 86.35 kN

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

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

$N_{t,Rd}$: 526.43 kN

Donde:

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

A : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.145 ✓

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

η : 0.197 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.156 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

$N_{c,Ed}$: 76.15 kN

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

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

$N_{c,Rd}$: 526.43 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 : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{386.10} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{20.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.75}$$

$$\chi_T : \underline{0.73}$$

Siendo:

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

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

$$\phi_z : \underline{0.87}$$

$$\phi_T : \underline{0.91}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.75}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.79}$$

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

$$N_{cr} : \underline{896.10} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{2770.93} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{983.05} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{896.10} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.132} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.213} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.353 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.353 m del nudo N30, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{4.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{32.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{124.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{28.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{20.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{124.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : 0.88$$

$$\chi_{LT}^- : 0.62$$

Siendo:

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

$$\Phi_{LT}^+ : 0.73$$

$$\Phi_{LT}^- : 1.16$$

$$\alpha_{LT} : 0.21$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : 0.61$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : 1.07$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : 90.61 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : 29.95 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTv}^2 + M_{LTw}^2}$$

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTv}^+ : 53.54 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : 25.20 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTw} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot \bar{i}_{f,z}$$

$$M_{LTw}^+ : 73.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : 16.19 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 108.63 \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : 68.30 \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 3.60 \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 1.200 \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 2.550 \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$\bar{i}_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$\bar{i}_{f,z}^+ : 2.16 \text{ cm}$$

$$\bar{i}_{f,z}^- : 2.16 \text{ cm}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.065} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.156 m del nudo N30, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{9.46} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{146.16} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$\mathbf{A_v} : \underline{9.67} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$\mathbf{h} : \underline{160.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{5.00} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

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

$$\mathbf{25.44} < \mathbf{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\mathbf{\lambda_w} : \underline{25.44}$$

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\mathbf{\lambda_{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

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 : 275.00 MPa

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

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

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

9.46 kN ≤ 73.08 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.156 m del nudo N30, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

V_{Ed} : 9.46 kN

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

$V_{c,Rd}$: 146.16 kN

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

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.259 ✓

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

η : 0.288 ✓

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

$$\eta : \underline{0.317} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.353 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{74.12} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{3.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

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

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{526.43} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{32.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{6.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{20.10} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{124.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{26.10} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

k_y, k_z, k_{y,LT}: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_y : \underline{1.04}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_z : \underline{1.17}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\gamma_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.98}$$

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

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\chi_z : \underline{0.75}$$

χ_{LT}: Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.88}$$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.75}$$

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.156 m del nudo N30, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

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

$$9.46 \text{ kN} \leq 73.08 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{9.46}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{146.16}{\quad} \text{ kN}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N21/N58

Perfil: HE 140 B

Material: Acero (S275)

Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)	
N21	N58	2.400	43.00	1509.00	549.70	20.06
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	0.70	0.00	0.00	
L_K		0.000	1.680	0.000	0.000	
C_m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C_1		-		1.000		
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	Nt	Nc	My	Mz	Vz	Vy	MvVz	MzVy	NMvMz	NMvMzVvVz	Me	MeVz		MeVy
N21/N58	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.4 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 70.1$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 13.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 74.4$	$\eta < 0.1$	Me = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 74.4$
<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida Nt: Resistencia a tracción Nc: Resistencia a compresión My: Resistencia a flexión eje Y Mz: Resistencia a flexión eje Z Vz: Resistencia a corte Z Vy: Resistencia a corte Y MvVz: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados MzVy: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NMvMz: Resistencia a flexión y axil combinados NMvMzVvVz: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados Me: Resistencia a torsión MeVz: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados MeVy: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>(2) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>																

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.33} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

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

$$\text{A} : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

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

$$\text{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\text{N}_{cr} : \underline{11081.27} \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\text{N}_{cr,Y} : \underline{11081.27} \text{ kN}$$

$$\text{N}_{cr,Y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

$$\text{N}_{cr,Z} : \underline{\infty}$$

$$\text{N}_{cr,Z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$\text{N}_{cr,T} = \frac{1}{I_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

$$\text{I}_y : \underline{1509.00} \text{ cm}^4$$

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

$$\text{I}_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\text{I}_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\text{I}_w : \underline{22480.00} \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>1.680</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>0.000</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o : <u>6.92</u> cm
$i_o = (\overset{2}{i}_y + \overset{2}{i}_z + y_o^2 + z_o^2)^{0.5}$	
Siendo:	
i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>5.92</u> cm
y_o , z_o : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	i_z : <u>3.58</u> cm
	y_o : <u>0.00</u> mm
	z_o : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$16.57 \leq 159.27 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>116.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>8.12</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>16.80</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.029} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$N_{t,Ed}$: 33.17 kN

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

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

$N_{t,Rd}$: 1126.19 kN

Donde:

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

A : 43.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.028 ✓

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

η : 0.030 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

$N_{c,Ed}$: 32.01 kN

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

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

$N_{c,Rd}$: 1126.19 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 : 43.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{1074.66} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.95}$$

Siendo:

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

$$\Phi_y : \underline{0.57}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.33}$$

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

$$N_{cr} : \underline{11081.27} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{11081.27} \text{ kN}$$

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.701} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{45.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

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

$$M_{Ed}^- : 43.63 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 64.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 245.40 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.061 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$.

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

$$M_{Ed}^+ : 1.71 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^- : 1.90 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : 31.38 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,z} : 119.80 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.132 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 26.22 kN

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

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

$V_{c,Rd}$: 198.39 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 13.12 cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h : Canto de la sección. h : 140.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 7.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

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

13.14 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 13.14

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

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{\text{máx}} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

$$\lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

$$f_{\text{ref}} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot \text{PP} + 1.5 \cdot \text{V}(270^\circ)\text{H}2 + 0.75 \cdot \text{N}(\text{R})2$.

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

$$V_{\text{Ed}} : \underline{0.48} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{527.42} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{34.88} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{116.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

$$26.22 \text{ kN} \leq 99.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{26.22} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{198.39} \text{ kN}$

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

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

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

$$0.48 \text{ kN} \leq 263.71 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.48} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{527.42} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.744} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.715} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N21, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed} : \underline{18.05} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^- : \underline{43.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{z,Ed}^+ : \underline{1.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : $\underline{1}$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. $N_{pl,Rd} : \underline{1126.19} \text{ kN}$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{64.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{31.38} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-42.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{173.01} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{64.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8\cdot PP+1.5\cdot V(0^\circ)H4$.

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

$$26.22 \text{ kN} \leq 99.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{26.22} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{198.39} \text{ kN}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N55/N48

Perfil: HE 160 B Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N55	N48	4.000	54.30	2492.00	889.20	31.24
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	0.70	0.00	0.00	
L _K		0.000	2.800	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_{w}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N55/N48	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.245 m $\lambda_{w} \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.916 m η = 0.4	x: 0 m η = 0.7	x: 1.959 m η = 10.3	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 3.918 m η = 3.8	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.245 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 1.959 m η = 10.7	x: 0.245 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 10.7
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \quad \mathbf{0.48} \quad \checkmark$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 54.30 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr} :** 6587.96 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{6587.96} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

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

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

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

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

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

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

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

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

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

I_w : Constante de alabeo de la sección.

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

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \underline{2.800} \text{ m}$$

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

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

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

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

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

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

$$i_0 = (\overset{2}{i}_y + \overset{2}{i}_z + \overset{2}{y}_0 + \overset{2}{z}_0)^{0.5}$$

Siendo:

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

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

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

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

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$16.75 \leq 164.47 \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{134.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.00} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{10.72} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{20.80} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E : Módulo de elasticidad.

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

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

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.004} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.916 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{5.83} \text{ kN}$$

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

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

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

Donde:

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

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.006} \checkmark$$

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

$$N_{c,Ed} : \underline{9.08} \text{ kN}$$

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

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

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

Donde:

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

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

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

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

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

$$N_{b,Rd} : \underline{1272.33} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.89}$$

Siendo:

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

$$\phi_y : \underline{0.66}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.48}$$

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

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

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

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

$$N_{cr} : \underline{6587.96} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{6587.96} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.103} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.959 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{9.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.959 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{8.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{92.71} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{354.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.918 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{10.18} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{266.74} \text{ kN}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$\mathbf{A_v} : \underline{17.64} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección.

$$\mathbf{h} : \underline{160.00} \text{ mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{8.00} \text{ mm}$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

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

Siendo:

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

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

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

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

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

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

$$\mathbf{13.00} < \mathbf{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

$$\mathbf{\lambda_w} : \underline{13.00}$$

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

λ_{máx}: Esbeltez máxima.

$$\mathbf{\lambda_{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

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 : 275.00 MPa

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

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

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

8.55 kN ≤ 133.37 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.245 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

V_{Ed} : 8.55 kN

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

$V_{c,Rd}$: 266.74 kN

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

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.107 ✓

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

η : 0.100 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.959 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

N_{t,Ed} : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	N_{t,Ed} : $\frac{5.17}{1}$ kN
M_{y,Ed}, M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} ⁺ : $\frac{9.57}{1}$ kN·m
	M_{z,Ed} ⁺ : $\frac{0.00}{1}$ 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 : $\frac{1}{1}$
N_{pl,Rd} : Resistencia a tracción.	N_{pl,Rd} : $\frac{1422.14}{1}$ kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z} : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : $\frac{92.71}{1}$ kN·m
	M_{pl,Rd,z} : $\frac{44.52}{1}$ kN·m
Resistencia a pandeo : (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)	
M_{ef,Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.	M_{ef,Ed} : $\frac{9.30}{1}$ kN·m

Siendo:

σ_{com,Ed} : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	σ_{com,Ed} : $\frac{26.28}{1}$ MPa
W_{y,com} : Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	W_{y,com} : $\frac{354.00}{1}$ cm ³
A : Área de la sección bruta.	A : $\frac{54.30}{1}$ cm ²
M_{b,Rd,y} : Momento flector resistente de cálculo.	M_{b,Rd,y} : $\frac{92.71}{1}$ kN·m

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.245 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$8.55 \text{ kN} \leq 133.37 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

V_{Ed,z} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed,z} : $\frac{8.55}{1}$ kN
V_{c,Rd,z} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd,z} : $\frac{266.74}{1}$ kN

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N32/N47

Perfil: L 20 x 20 x 3 Material: Acero (S275)											
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas								
Inicia l	Final l		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
N32	N47	5.612	1.12	0.39	0.39	0.23	0.03	4.04	-4.04	-45.0	
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad ⁽⁴⁾ Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo			Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β	0.00		0.00	0.00	0.00						
L _K	0.000		0.000	0.000	0.000						
C _m	1.000		1.000	1.000	1.000						
C ₁	-			1.000							
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _Y	M _Z	V _Z	V _Y	M _Y V _Z	M _Z V _Y	NM _Y M _Z	NM _Y M _Z V _Y V _Z	M _t	M _t V _Z	M _t V _Y	
N32/N47	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	$\eta = 36.8$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE $\eta = 36.8$
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _Y : Resistencia a flexión eje Y M _Z : Resistencia a flexión eje Z V _Z : Resistencia a corte Z V _Y : Resistencia a corte Y M _Y V _Z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _Z V _Y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _Y M _Z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _Y M _Z V _Y V _Z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _Z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _Y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

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

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostamiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

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

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{1.12} \text{ cm}^2$$

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.368} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

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

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{10.79} \text{ kN}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{29.33} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{1.12} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

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

$$\mathbf{\gamma}_{M0} : \underline{1.05}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.4.1 COMPROBACIÓN MANUAL A ELU

A continuación, se exponen los cálculos realizados manualmente en diferentes nudos de la estructura. Los esfuerzos elegidos han sido extraídos de Cype escogiendo la hipótesis más desfavorable.

- CARACTERÍSTICAS DEL PERFIL

A continuación, se exponen las características del perfil con el que se desarrollarán los cálculos. En este caso es un perfil IPE 120.

Tipo de perfil	IPE 120
Altura	120 milímetros
Anchura	64 milímetros
Espesor del ala (t_f)	6,3 milímetros
Espesor del alma (t_w)	4,4 milímetros
Radio de unión ala-alma (r)	7 milímetros
Masa	10,4 Kg/m
Área de sección	1320 mm ²
I_y	3,18 x 10 ⁶ mm ⁴
$W_{el,y}$	53 x 10 ³ mm ³
$W_{pl,y}$	60,8 x 10 ³ mm ³
i_y	49 milímetros
I_z	0,277 x 10 ⁶ mm ⁴
$W_{el,z}$	8,65 x 10 ³ mm ³
$W_{pl,z}$	13,6 x 10 ³ mm ³
I_z	14,5 milímetros

Tabla 26. Características del perfil para los cálculos manuales

Los cálculos se realizarán en la hipótesis más desfavorable, en la que el esfuerzo del perfil es a compresión.

CLASE DEL PERFIL

ALAS

$$\frac{c}{t} < 9\varepsilon \rightarrow \frac{b - t_w - 2r}{t_f} < 9\varepsilon$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0,924$$

Por lo tanto,

$$\frac{64 - 4,4 - 2 \times 7}{6,3} < 9 \times 0,924 \rightarrow 6,76 < 8,32$$

Como se cumple la ecuación anterior, las alas del perfil son de clase 1.

ALMA

$$\frac{c}{t} < 33\varepsilon \rightarrow \frac{h - 2t_f}{t_w} < 33\varepsilon$$

Por lo tanto,

$$\frac{120 - 2 \times 6,3}{4,4} < 33 \times 0,924 \rightarrow 24,41 < 30,51$$

Como se cumple la ecuación anterior, el alma del perfil es de clase 1, y por tanto, el perfil es de clase 1.

COMPROBACIÓN DEL PERFIL A COMPRESIÓN

COMPROBACIÓN DE PIEZAS A RESISTENCIA EN COMPRESIÓN CENTRADA

$$N_{Ed} < N_{pl,Rd}$$

$$N_{Ed} = 30.570 \text{ N}$$

$$N_{pl,Rd} = A \times f_{yd} = 1320 \times \frac{275}{1,05} = 345.714,29 \text{ N}$$

$$30.570 \text{ N} < 345.714,29 \text{ N}$$

COMPROBACIÓN DE PIEZAS A PANDEO EN COMPRESIÓN CENTRADA

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

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

Para calcular el coeficiente de pandeo, habrá que calcular la esbeltez reducida en los dos planos.

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{\pi \times i_y} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{2.550}{\pi \times 49,08} \sqrt{\frac{275}{210.000}} = 0,6$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{3,18 \times 10^6 \text{ mm}^4}{1320 \text{ mm}^2}} = 49,08 \text{ mm}$$

El coeficiente de pandeo χ_y se extrae de la tabla 27 introduciendo el valor de la esbeltez reducida calculado anteriormente y mirando en la curva b:

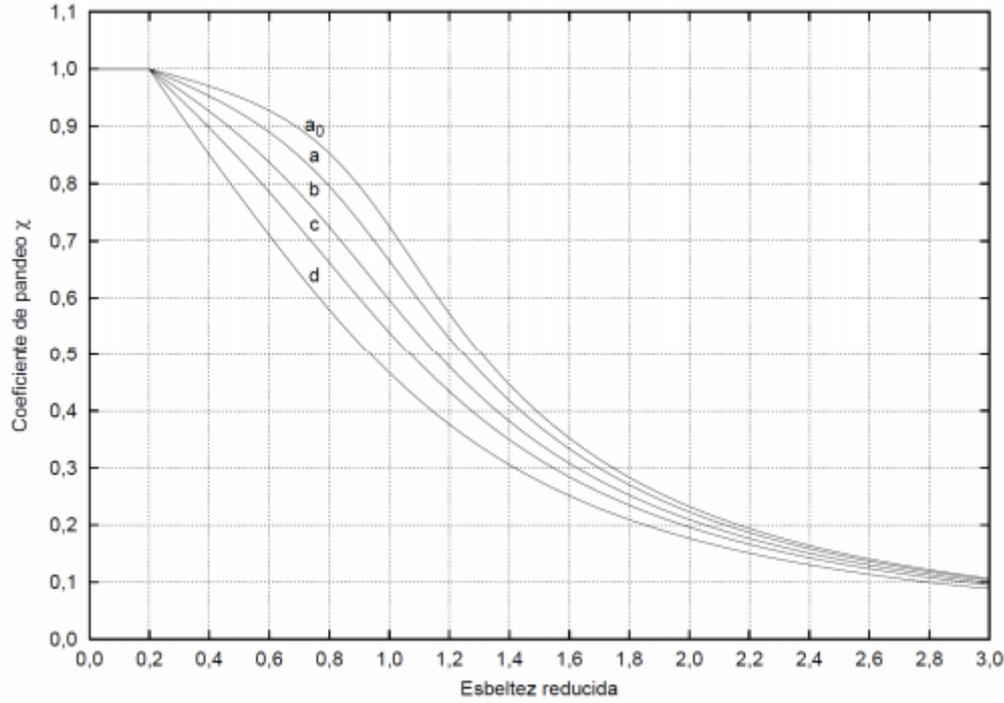


Tabla 27. Curvas de pandeo

De esta manera se obtiene un coeficiente de pandeo de valor $\chi_y = 0,84$.

$$\lambda_z = \frac{L_{kz}}{\pi \times i_z} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{2.550}{\pi \times 14,49} \sqrt{\frac{275}{210.000}} = 2,03$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{0,277 \times 10^6 \text{ mm}^4}{1320 \text{ mm}^2}} = 14,49 \text{ mm}$$

El coeficiente de pandeo χ_z se extrae de la tabla 27 introduciendo el valor de la esbeltez reducida calculado anteriormente y mirando en la curva c.

De esta manera se obtiene un coeficiente de pandeo de valor $\chi_z = 0,2$.

COMPROBACIÓN

Por lo tanto, se debe verificar si se cumple la ecuación definida anteriormente:

$$N_{b,Rd y} = \chi \times A \times f_{yd} = 0,84 \times 1320 \times \frac{275}{1,05} = 290.400 \text{ N}$$

$$N_{b,Rd y} = \chi \times A \times f_{yd} = 0,2 \times 1320 \times \frac{275}{1,05} = 69.142,86 \text{ N}$$

$$30.570 \text{ N} \leq 290.400 \text{ N}$$

$$30.570 \text{ N} \leq 69.142,86 \text{ N}$$

Se cumplen las comprobaciones luego el perfil es válido, se ratifican así los cálculos realizados en CYPE 3D.

5.5 UNIONES

Todas las uniones serán soldadas y articuladas. A continuación, se detallan las especificaciones técnicas basadas en la normativa del CTE DB SE-A, los materiales empleados y las soluciones que se ejecutarán con los respectivos detalles constructivos.

5.5.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

NORMA

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

MATERIALES

- Perfiles (Material base): S275.
- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)

DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS

- 1) Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.
- 2) Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.
- 3) Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.
- 4) En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud

efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.

5) Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo b deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:

- Si se cumple que $b > 120$ (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.
- Si se cumple que $b < 60$ (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.

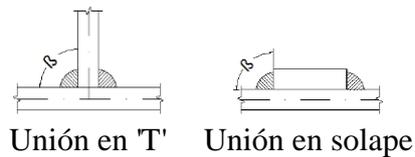


Figura 9. Soldadura en ángulo

COMPROBACIONES

- a) Cordones de soldadura a tope con penetración total: En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.
- b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes: Se comprueban como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A).
- c) Cordones de soldadura en ángulo: Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

Se comprueban los siguientes tipos de tensión:

$$\text{Tensión de Von Mises } \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

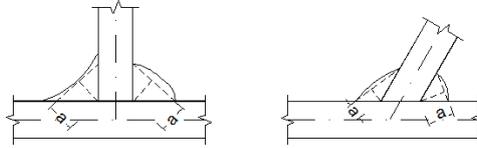
$$\text{Tensión normal } \sigma_{\perp} \leq K \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde $K = 1$.

Los valores que se muestran en las tablas de comprobación resultan de las combinaciones de esfuerzos que hacen máximo el aprovechamiento tensional para ambas comprobaciones, por lo que es posible que aparezcan dos valores distintos de la tensión normal si cada aprovechamiento máximo resulta en combinaciones distintas.

5.5.2 REFERENCIAS Y SIMBOLOGÍA

a[mm]: Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a la cara exterior, entre todos los triángulos que se pueden inscribir entre las superficies de las piezas que hayan alcanzado la fusión y la superficie exterior de las soldaduras. 8.6.2.a CTE DB SE-A



L[mm]: longitud efectiva del cordón de soldadura

MÉTODO DE REPRESENTACIÓN DE SOLDADURAS

Referencias:

1: línea de la flecha

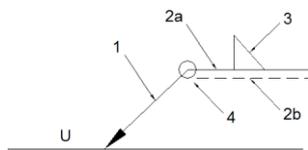
2a: línea de referencia (línea continua)

2b: línea de identificación (línea a trazos)

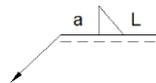
3: símbolo de soldadura

4: indicaciones complementarias

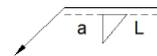
U: Unión



- Referencia 1, 2a y 2b



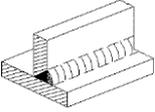
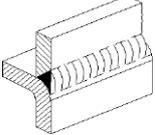
El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha.



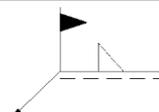
El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado opuesto al de la flecha.

- Referencia 3

Designación	Ilustración	Símbolo
Soldadura en ángulo		
Soldadura a tope en 'V' simple (con chaflán)		
Soldadura a tope en bisel simple		
Soldadura a tope en bisel doble		
Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio		

Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo		
Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo		

- Referencia 4

Representación	Descripción
	Soldadura realizada en todo el perímetro de la pieza
	Soldadura realizada en taller
	Soldadura realizada en el lugar de montaje

5.5.3 COMPROBACIÓN EN PLACAS DE ANCLAJE

En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):

- **HORMIGÓN SOBRE EL QUE APOYA LA PLACA**

Se comprueba que la tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje-hormigón es menor a la tensión admisible del hormigón según la naturaleza de cada combinación.

- **PERNOS DE ANCLAJE**

Resistencia del material de los pernos: Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiles y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.

Anclaje de los pernos: Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).

Aplastamiento: Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

- PLACA DE ANCLAJE

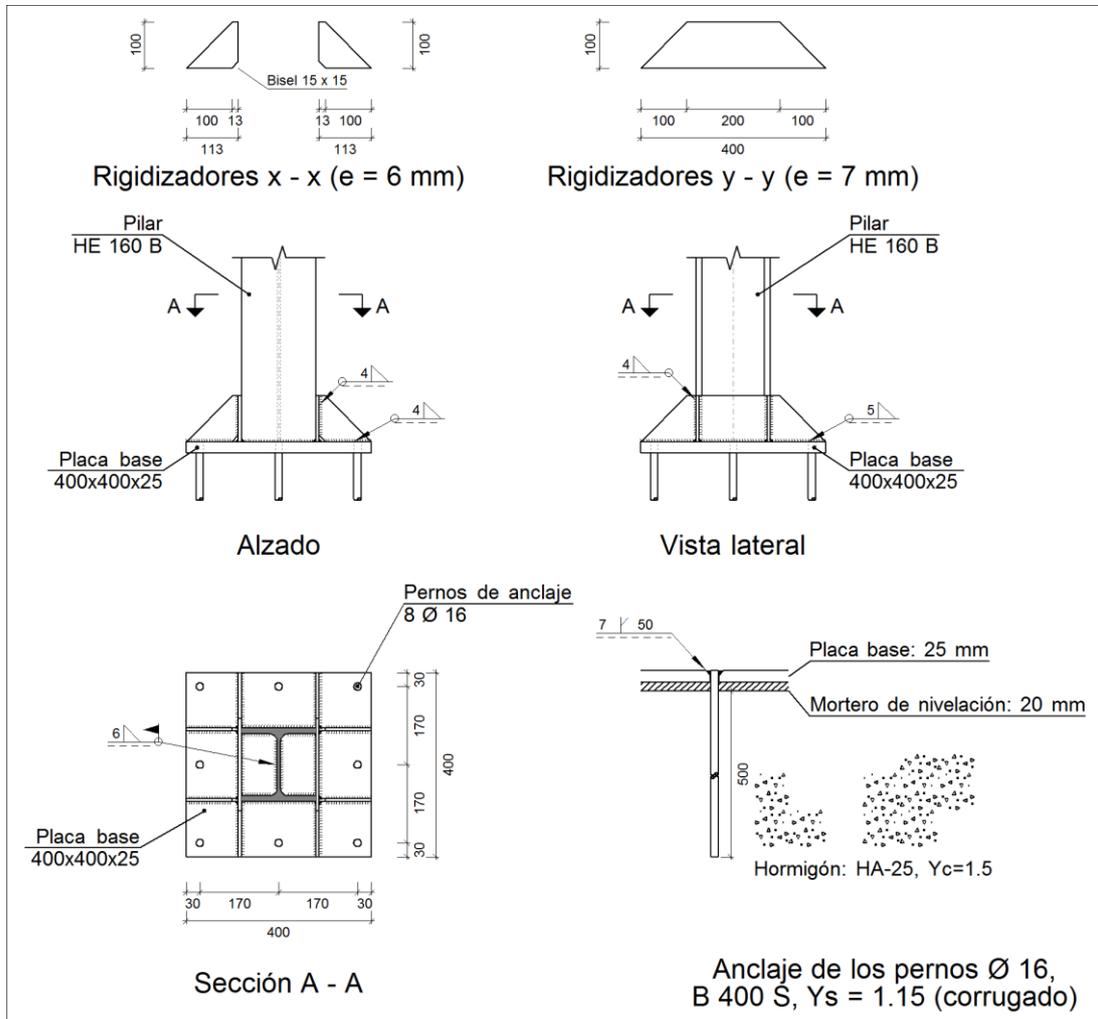
Tensiones globales: En placas con vuelo, se analizan cuatro secciones en el perímetro del perfil, y se comprueba en todas ellas que las tensiones de Von Mises sean menores que la tensión límite según la norma.

Flechas globales relativas: Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que $1/250$ del vuelo.

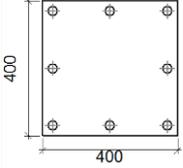
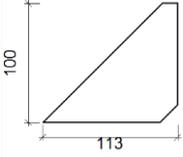
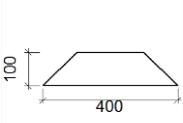
Tensiones locales: Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los esfuerzos en cada una de las subplacas se obtienen a partir de las tensiones de contacto con el hormigón y los axiles de los pernos. El modelo generado se resuelve por diferencias finitas.

5.5.4 MEMORIA DE CÁLCULO

• TIPO 1

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		400	400	25	8	30	18	7	S275	275.0	410.0
Rigidizador		113	100	6	-	-	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		400	100	7	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	772	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 170 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a X:	Calculado: 45.1	Cumple
- Paralelos a Y:	Calculado: 38.7	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 68.38 kN Calculado: 59.67 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 47.87 kN Calculado: 3.37 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 68.38 kN Calculado: 64.49 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 64.32 kN Calculado: 55.94 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 279.936 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 209.52 kN Calculado: 3.16 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 93.595 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 92.3135 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 244.673 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 231.431 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 6384.98	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 6469.38	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2950.39	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2819.67	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 217.612 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador x-x (y = -77): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	113	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -77): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	85	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -77): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	113	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -77): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	85	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 77): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	113	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 77): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	85	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 77): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	113	6.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 77): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	--	85	6.0	90.00
Rigidizador y-y (x = -84): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	400	7.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 84): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	400	7.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	7	50	16.0	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x (y = -77): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -77): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -77): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -77): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 77): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 77): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 77): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x ($y = 77$): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y ($x = -84$): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y ($x = 84$): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	222.6	385.5	99.90	0.0	0.00	410.0	0.85

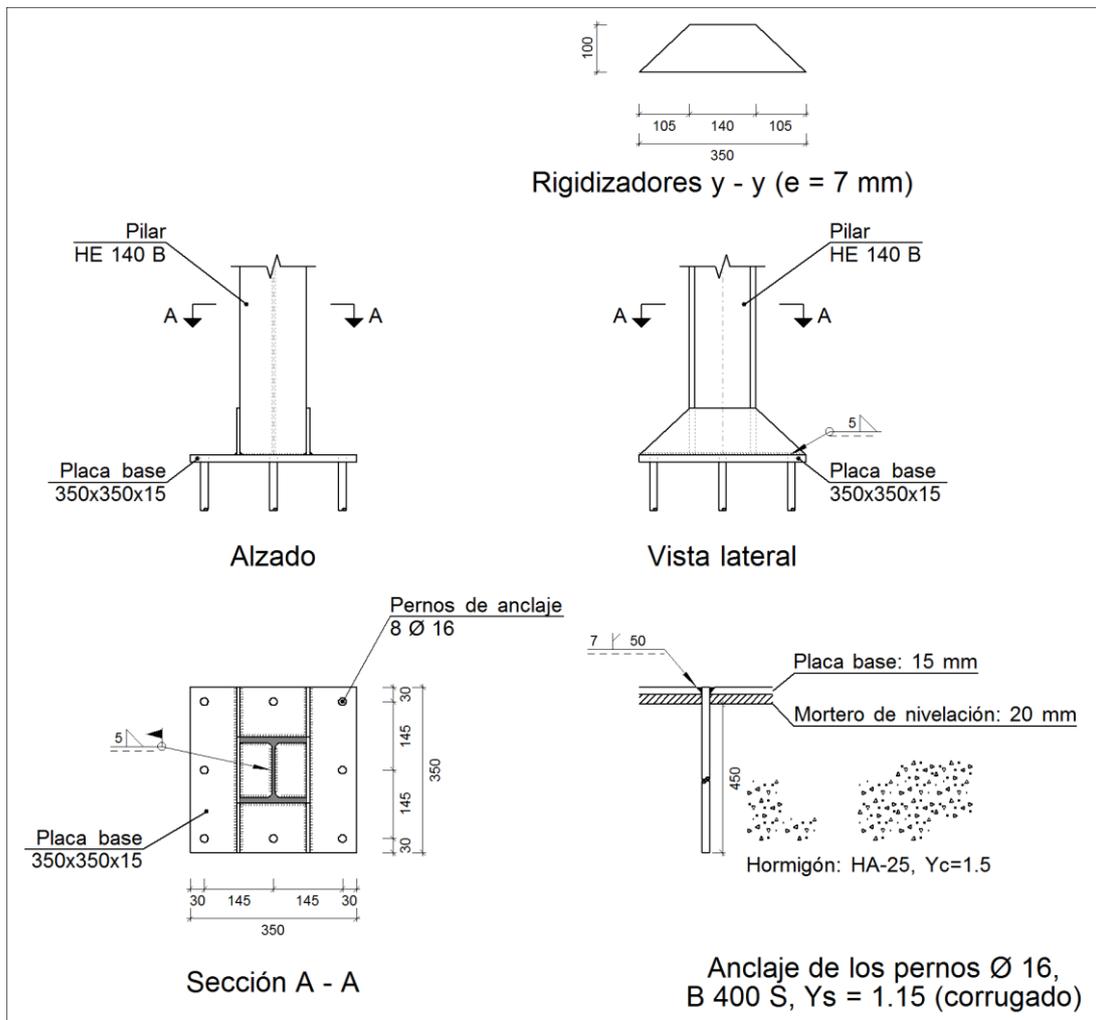
Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1124
			5	1548
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	402
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	772

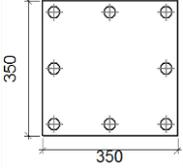
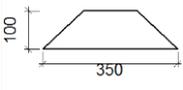
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	400x400x25	31.40
	Rigidizadores pasantes	2	400/200x100/0x7	3.30
	Rigidizadores no pasantes	4	113/13x100/0x6	1.19
	Total			
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 16 - L = 561$	7.08
	Total			

- TIPO 2

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		350	350	15	8	30	18	7	S275	275.0	410.0
Rigidizador		350	100	7	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar HE 140 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	682	7.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 146 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 35.9	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 61.54 kN Calculado: 52.99 kN Máximo: 43.08 kN Calculado: 3.49 kN Máximo: 61.54 kN Calculado: 57.99 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 64.32 kN Calculado: 49.74 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 249.124 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 3.28 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 161.602 MPa Calculado: 217.969 MPa Calculado: 238.158 MPa Calculado: 239.197 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 1415.98 Calculado: 930.076 Calculado: 3285.83 Calculado: 3251.84	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 211.384 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -74): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	350	7.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 74): Soldadura a la placa base	En ángulo	5	--	350	7.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	7	50	15.0	90.00
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -74): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 74): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	197.9	342.8	88.83	0.0	0.00	410.0	0.85

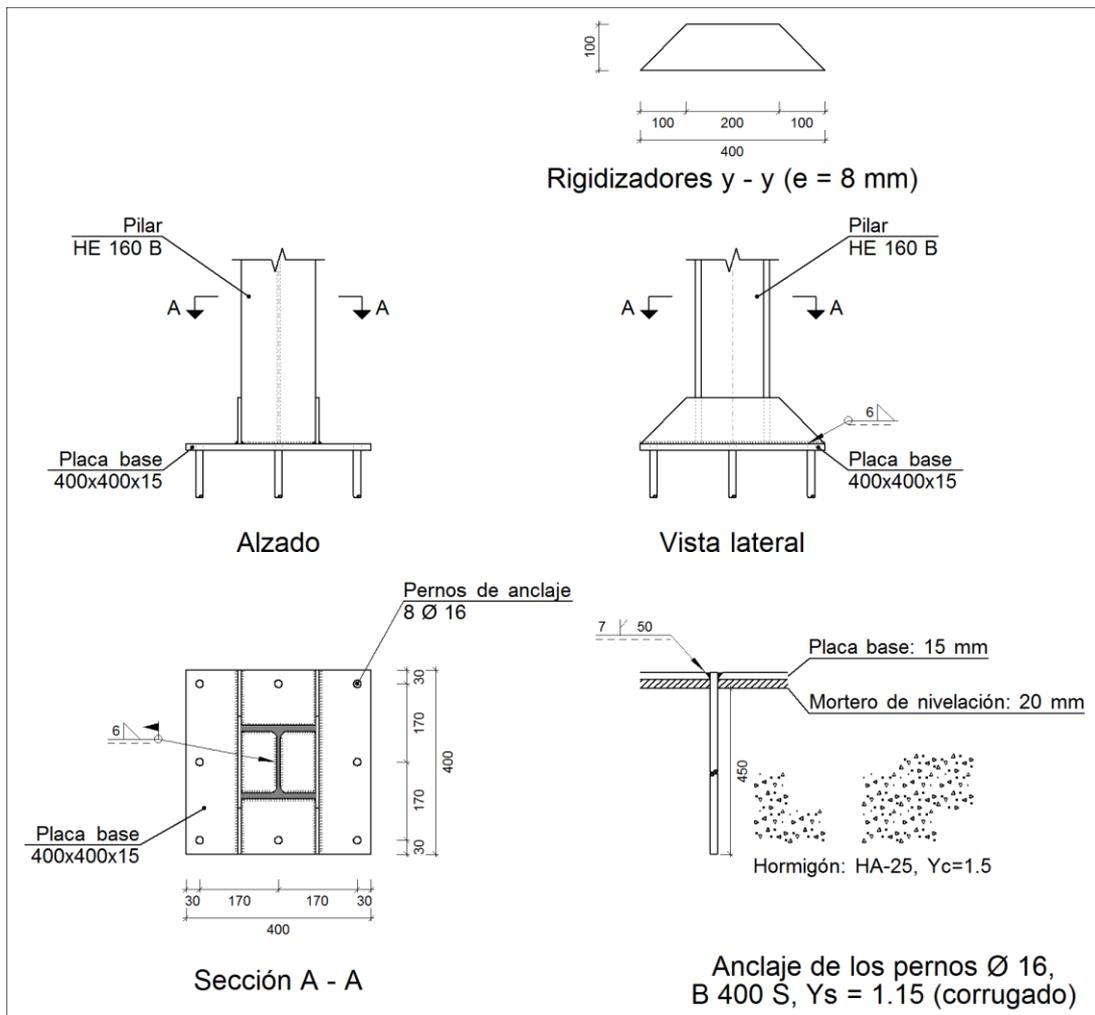
Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	1352
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	402
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	682

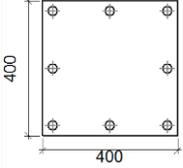
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x15	14.42
	Rigidizadores pasantes	2	350/140x100/0x7	2.69
	Total			17.12
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 16 - L = 501	6.33
	Total			6.33

- TIPO 3

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		400	400	15	8	30	18	7	S275	275.0	410.0
Rigidizador		400	100	8	-	-	-	-	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	772	8.0	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 170 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbitez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 33.8	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 61.54 kN Calculado: 53.25 kN Máximo: 43.08 kN Calculado: 3.1 kN Máximo: 61.54 kN Calculado: 57.68 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 64.32 kN Calculado: 49.94 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 250.005 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 2.91 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 244.513 MPa Calculado: 240.748 MPa Calculado: 225.458 MPa Calculado: 242.768 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 725.288 Calculado: 733.816 Calculado: 2641.47 Calculado: 2705.65	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 233.008 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -84): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	400	8.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 84): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	400	8.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	7	50	15.0	90.00
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>						

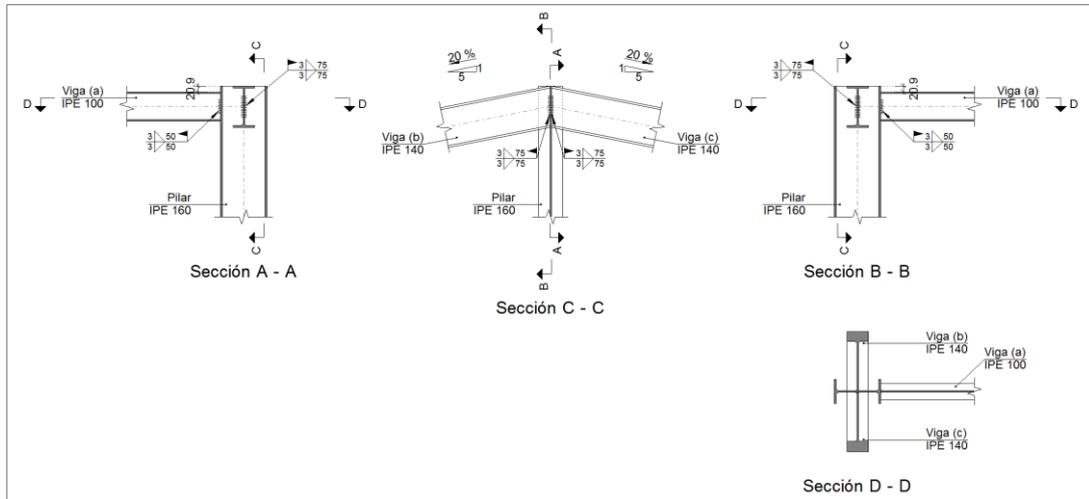
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -84): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 84): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	198.7	344.2	89.19	0.0	0.00	410.0	0.85

Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	1548
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	402
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	772

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	400x400x15	18.84
	Rigidizadores pasantes	2	400/200x100/0x8	3.77
	Total			22.61
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 16 - L = 501	6.33
	Total			6.33

- TIPO 4

DetalleDescripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar IPE 160

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga (c) IPE 140	Alma	Punzonamiento	kN	2.60	156.85	1.66
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.00	22.18	0.02
Viga (b) IPE 140	Alma	Punzonamiento	kN	2.60	156.85	1.66
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.00	22.18	0.02

2) Viga (a) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	17.99	261.90	6.87

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	8.6	8.6	0.9	17.3	4.49	8.6	2.63	410.0	0.85

3) Viga (c) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	15.38	261.90	5.87

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	75	4.7	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.6	3.8	6.4	13.0	3.37	4.6	1.41	410.0	0.85

4) Viga (b) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	14.97	261.90	5.72

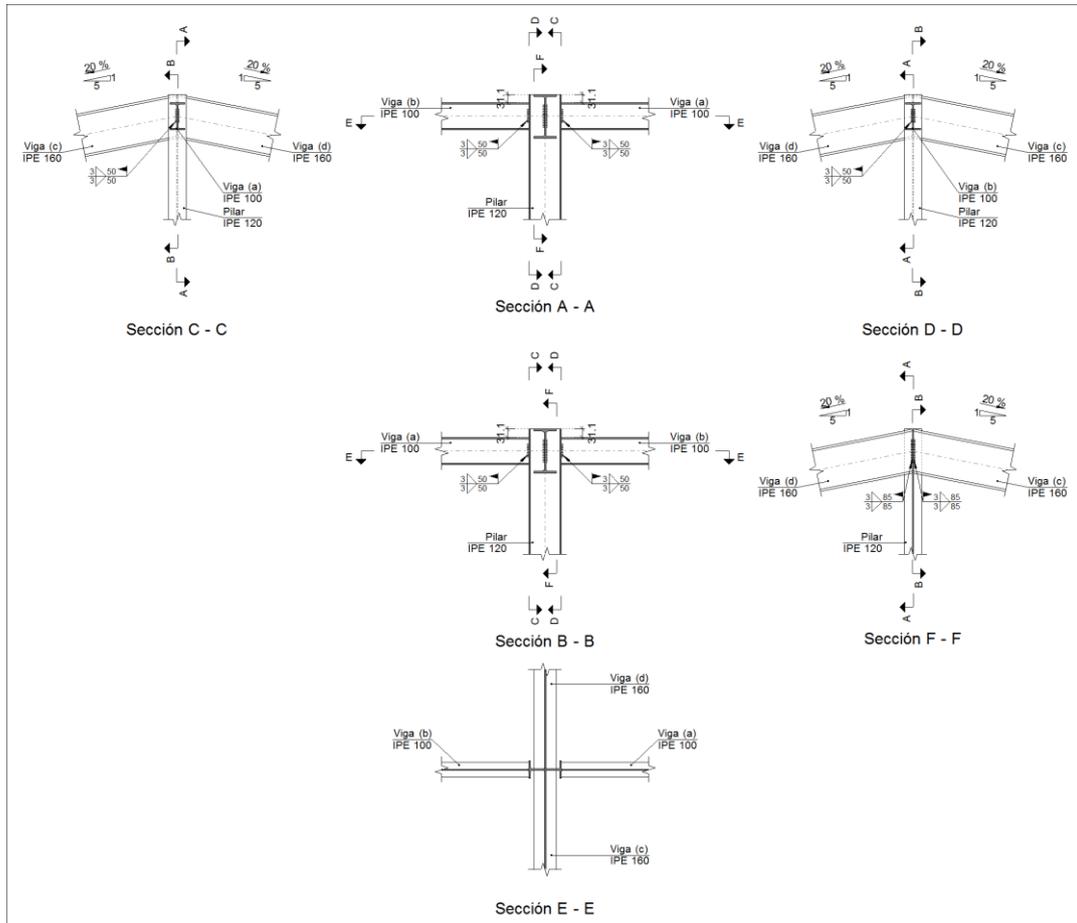
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	75	4.7	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	1.5	3.6	6.3	12.6	3.27	4.6	1.41	410.0	0.85

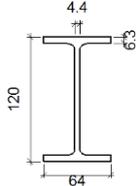
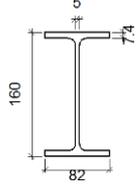
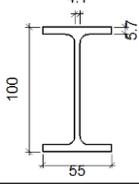
Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	400

• TIPO 5

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar IPE 120

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga (c) IPE 160	Alma	Punzonamiento	kN	84.44	155.87	54.17
	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	2.81	20.86	13.45
Viga (d) IPE 160	Alma	Punzonamiento	kN	82.01	155.87	52.62
	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	2.79	20.86	13.37

2) Viga (a) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	15.98	261.90	6.10

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura del alma	En ángulo		3	50	4.1	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	7.6	7.6	0.9	15.4	3.98	7.7	2.33	410.0	0.85

3) Viga (b) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	17.99	261.90	6.87

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura del alma	En ángulo		3	50	4.1	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	8.6	8.6	0.9	17.3	4.49	8.6	2.63	410.0	0.85

4) Viga (c) IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	201.73	261.90	77.02

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	3	85	4.4	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	117.1	117.1	16.8	236.0	61.15	117.1	35.70	410.0	0.85

5) Viga (d) IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	196.51	261.90	75.03

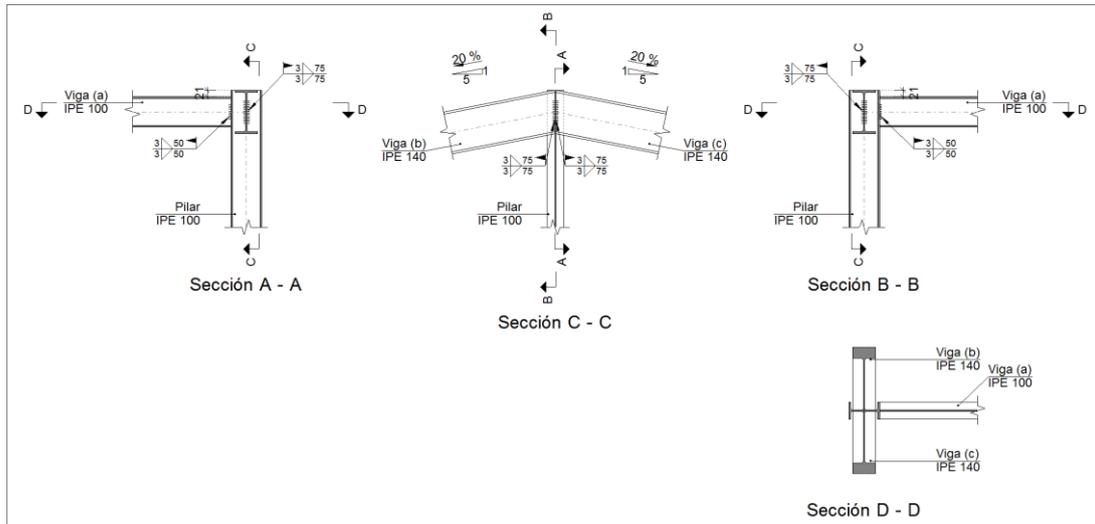
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	85	4.4	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	113.7	113.7	17.9	229.5	59.48	113.7	34.67	410.0	0.85

Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	540

- TIPO 6

DetalleDescripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar IPE 100

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga (c) IPE 140	Alma	Punzonamiento	kN	2.21	128.62	1.72
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.45	19.08	7.57
Viga (b) IPE 140	Alma	Punzonamiento	kN	2.13	128.62	1.66
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.44	19.08	7.53

2) Viga (a) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	15.98	261.90	6.10

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	7.6	7.6	0.9	15.4	3.98	7.7	2.33	410.0	0.85

3) Viga (c) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	15.54	261.90	5.93

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	75	4.1	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.6	4.2	6.3	13.0	3.38	5.3	1.62	410.0	0.85

4) Viga (b) IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	15.95	261.90	6.09

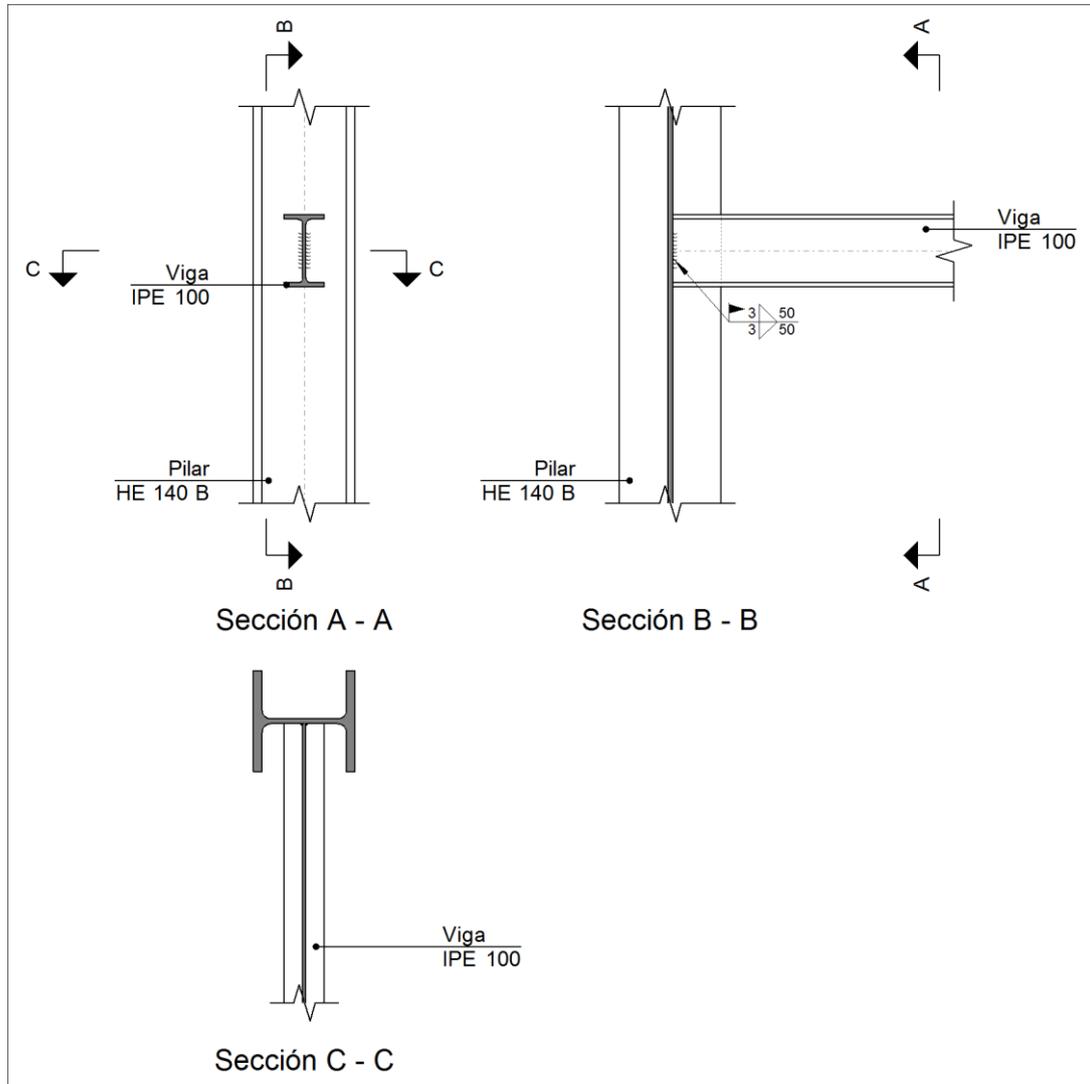
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	75	4.1	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.7	4.3	6.4	13.4	3.48	5.2	1.58	410.0	0.85

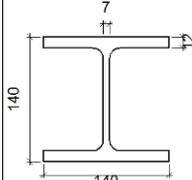
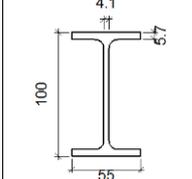
Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	400

• TIPO 7

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (Mpa)
Pilar	HE 140 B		140	140	12	7	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Comprobación

90) Pilar HE 140 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	5.21	149.06	3.50
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	5.21	69.62	7.49

2) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	25.56	261.90	9.76

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00	

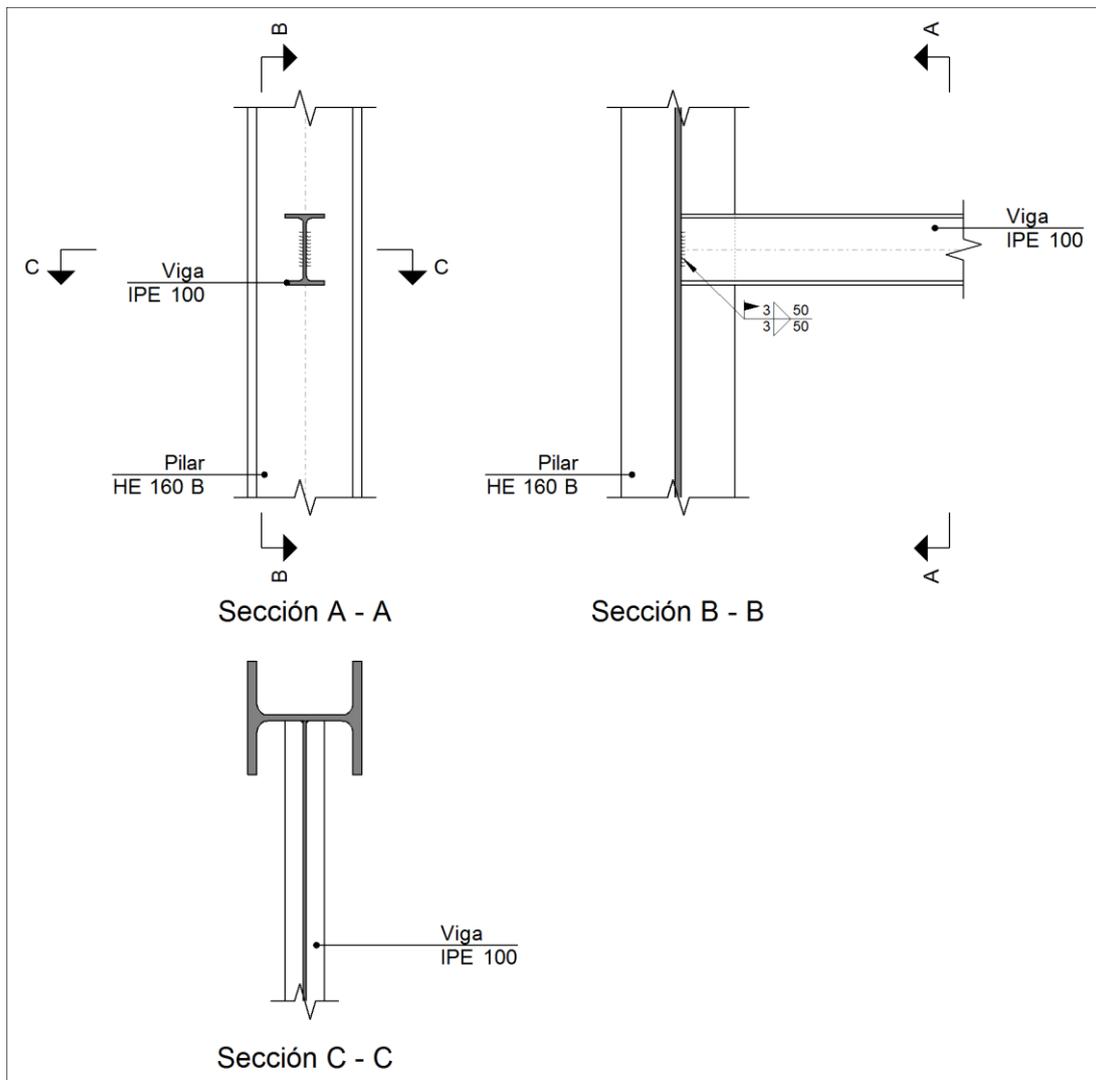
*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	12.3	12.3	0.9	24.7	6.39	12.3	3.75	410.0	0.85

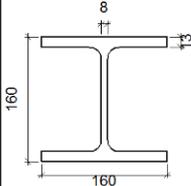
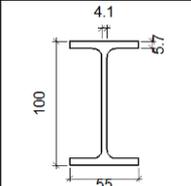
Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	100

• TIPO 8

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (Mpa)
Pilar	HE 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Comprobación

90) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	5.21	170.35	3.06
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	5.21	88.37	5.90

2) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	25.56	261.90	9.76

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00	

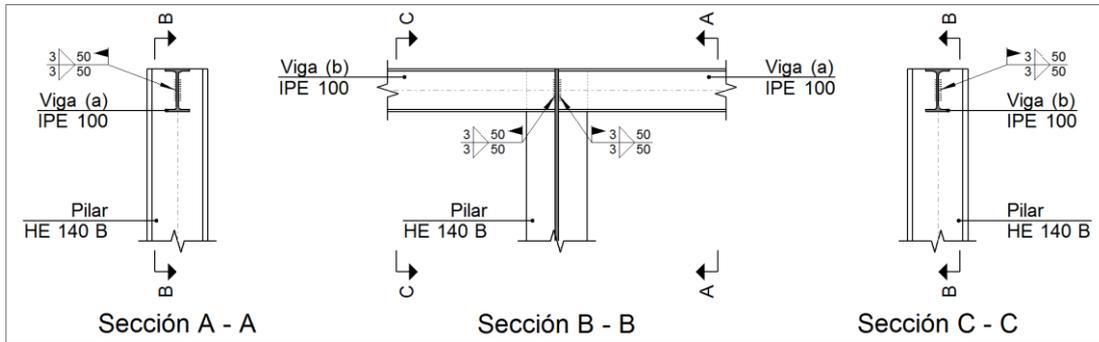
*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	12.3	12.3	0.9	24.7	6.39	12.3	3.75	410.0	0.85

Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	100

- TIPO 9

Detalle

b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 140 B		140	140	12	7	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar HE 140 B

		Comprobaciones de resistencia				
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga (a) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	6.45	149.06	4.32
	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.39	42.08	0.92
Viga (b) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	6.56	149.06	4.40
	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.47	42.08	1.12

2) Viga (a) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	31.52	261.90	12.03

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	15.2	15.2	0.9	30.4	7.88	15.2	4.63	410.0	0.85

3) Viga (b) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	32.05	261.90	12.24

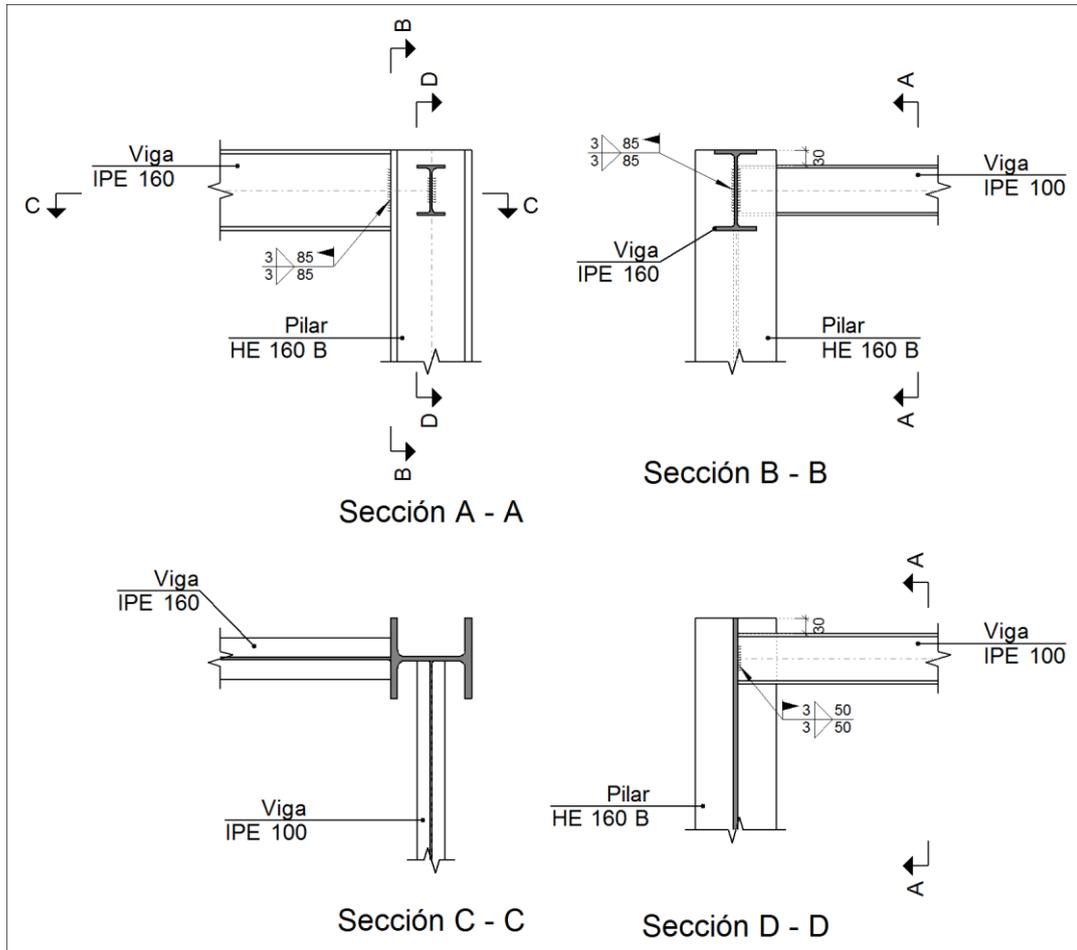
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	15.4	15.4	0.9	30.9	8.02	15.5	4.71	410.0	0.85

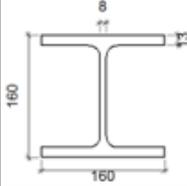
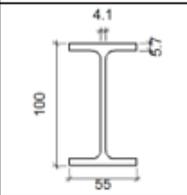
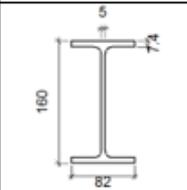
Medición

Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	200

• TIPO 10

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	9.38	170.35	5.51
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	9.38	52.49	17.87

2) Viga IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	6.90	261.90	2.64

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	3	85	5.0	90.00

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	2.8	4.6	0.7	8.5	2.19	4.6	1.39	410.0	0.85

3) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	45.82	261.90	17.50

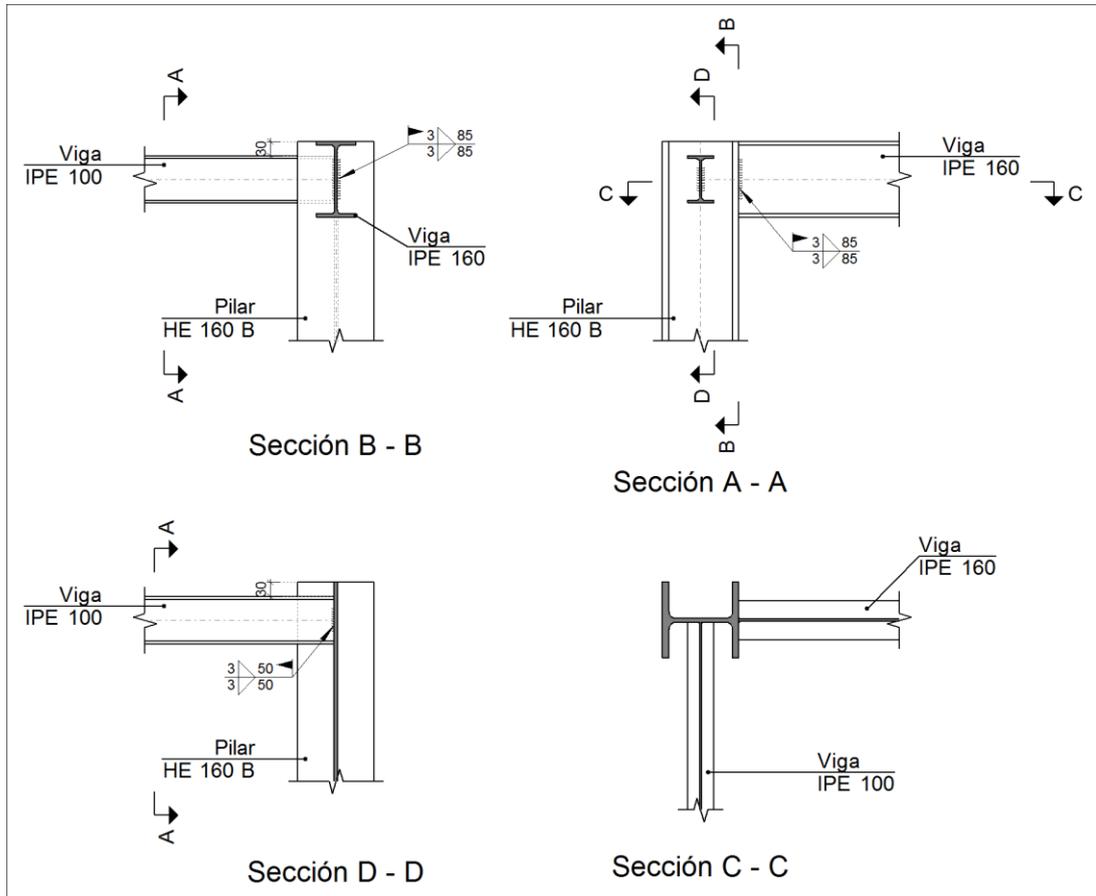
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	22.1	22.1	0.9	44.3	11.47	22.1	6.74	410.0	0.85

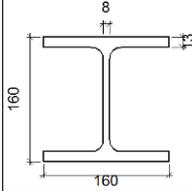
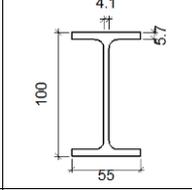
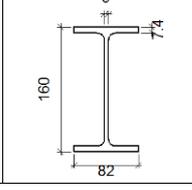
Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	270

• TIPO 11

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	6.45	170.35	3.78
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	6.45	52.49	12.28

2) Viga IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	8.10	261.90	3.09

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	3	85	5.0	90.00
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	4.6	4.9	0.4	9.7	2.50	4.9	1.49	410.0	0.85

3) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	31.52	261.90	12.03

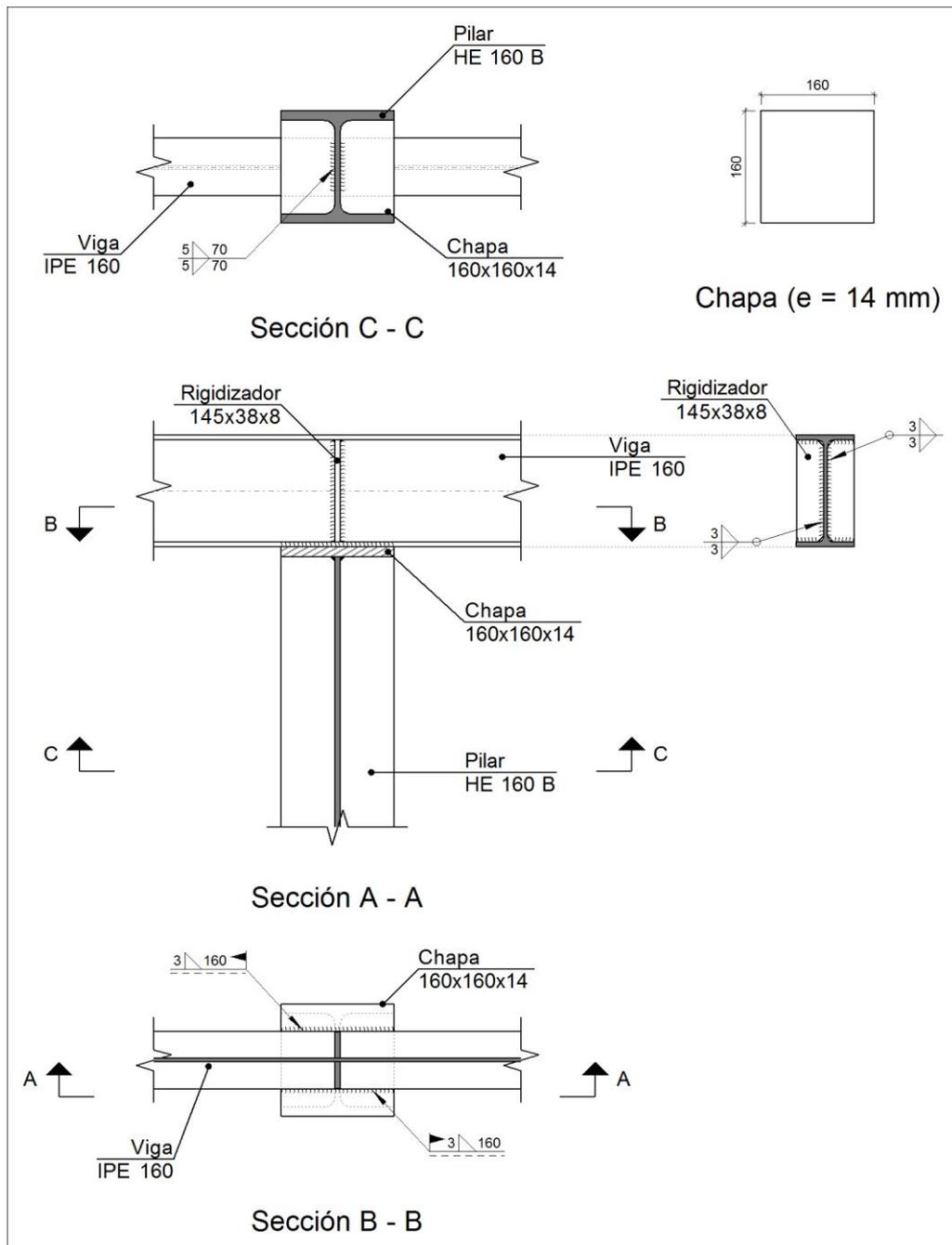
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	15.2	15.2	0.9	30.4	7.88	15.2	4.63	410.0	0.85

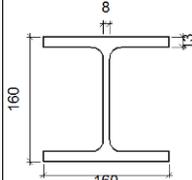
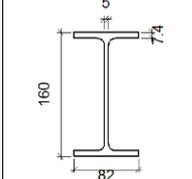
Medición

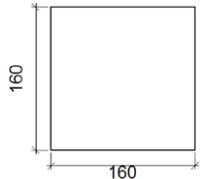
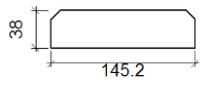
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	270

• TIPO 12

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 160 B		160	160	13	8	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal		160	160	14	S275	275.0	410.0
Rigidizador		145.2	38	8	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Viga IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Cortante	kN	0.37	165.97	0.22
	Tracción	kN	0.37	62.86	0.59

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	3	127	5.0	90.00				
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	3	29	5.0	90.00				
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	En ángulo	3	160	7.4	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	0.5	0.9	0.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	11.8	11.8	0.0	23.6	6.11	11.8	3.59	410.0	0.85

2) Pilar HE 160 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tensiones combinadas	--	--	--	10.81
Alma	Pandeo local	N/mm ²	10.47	261.90	4.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	5	70	8.0	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

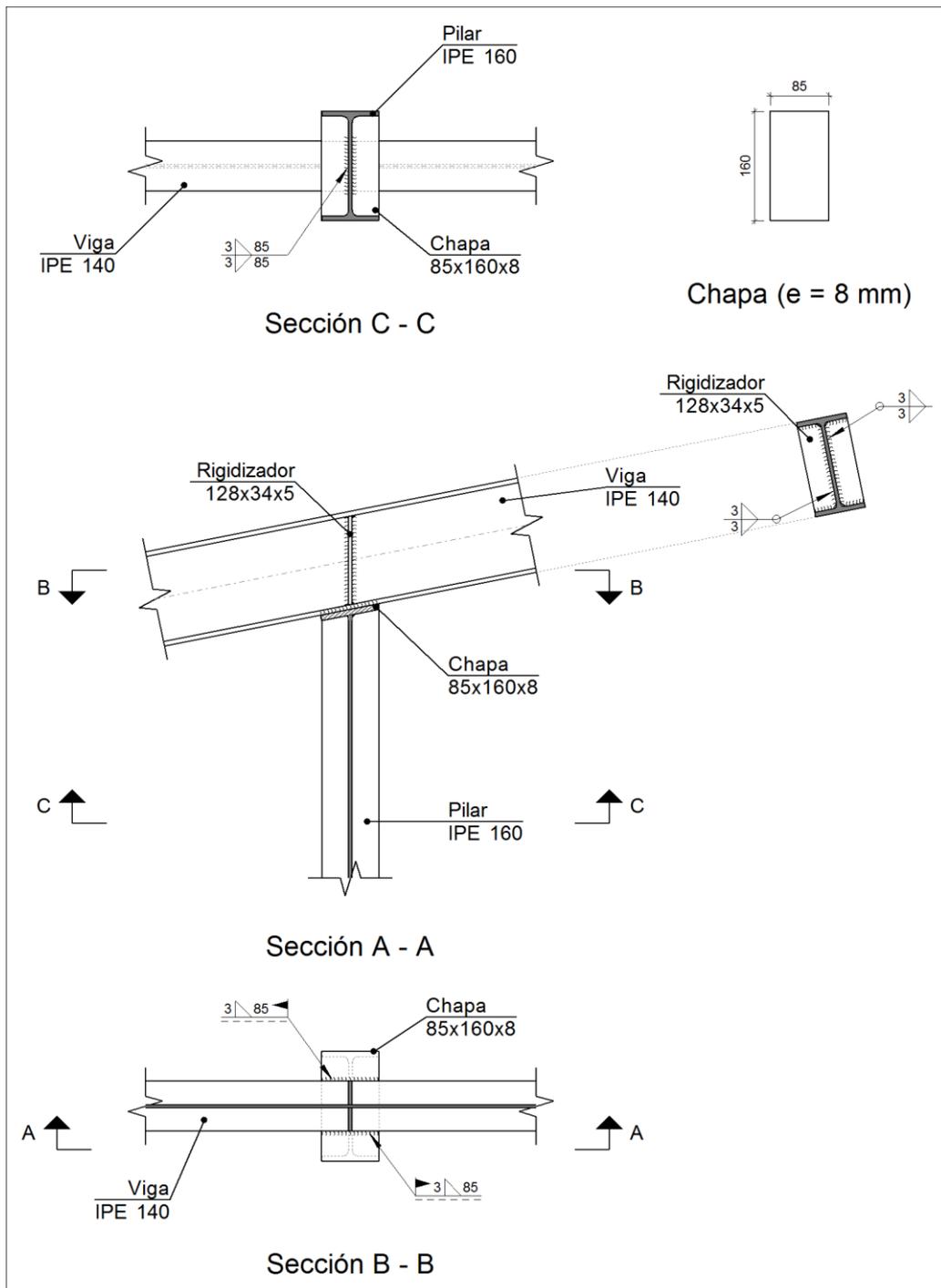
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	5.9	5.9	14.5	27.8	7.21	6.9	2.12	410.0	0.85

Medición

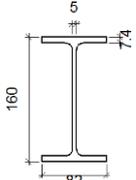
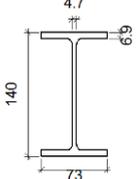
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	741
			5	140
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	320

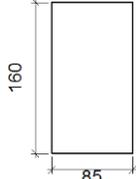
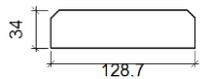
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	145x38x8	0.69
	Chapas	1	160x160x14	2.81
				Total

• TIPO 13

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal		85	160	8	S275	275.0	410.0
Rigidizador		128.7	34	5	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Viga IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Cortante	kN	5.35	93.52	5.72
	Tracción	kN	5.35	37.98	14.10

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	3	115	4.7	90.00	
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	3	27	4.7	78.69	
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	En ángulo	3	160	6.9	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	7.8	13.5	3.49	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	7.4	7.4	2.0	15.3	3.95	7.4	2.26	410.0	0.85

2) Pilar IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tensiones combinadas	--	--	--	10.26
Alma	Pandeo local	N/mm ²	25.95	261.90	9.91

Cordones de soldadura

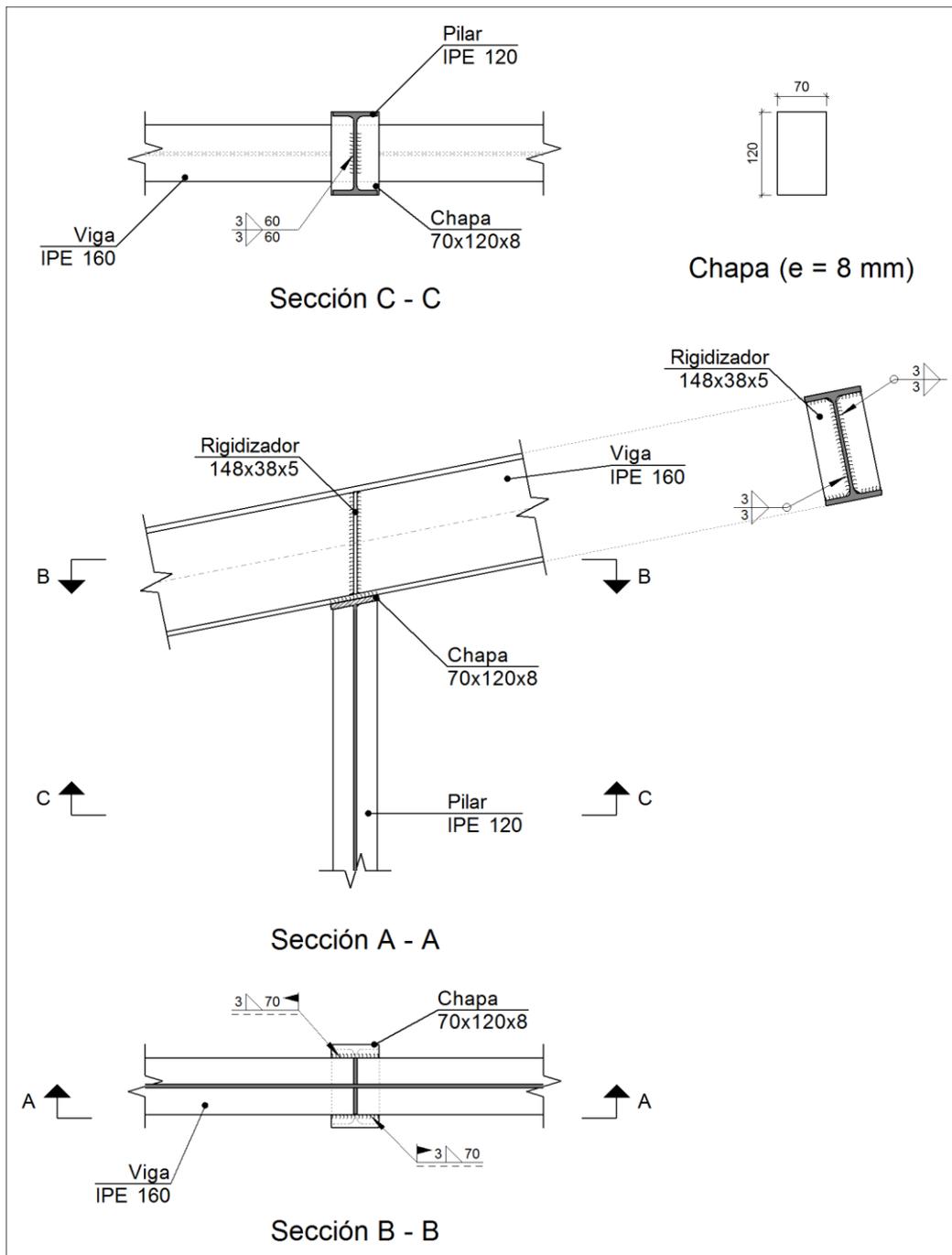
Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	85	5.1	78.69				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	8.9	16.9	1.0	30.7	7.96	17.0	5.17	410.0	0.85

Medición

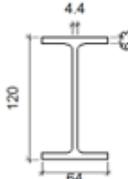
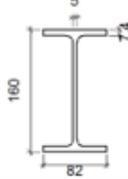
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	845
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170

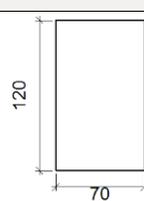
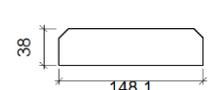
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	128x34x5	0.34
	Chapas	1	85x160x8	0.85
				Total

• TIPO 14

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal		70	120	8	S275	275.0	410.0
Rigidizador		148.1	38	5	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Viga IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Cortante	kN	13.40	108.17	12.38
	Tracción	kN	13.40	43.21	31.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	3	130	5.0	90.00	
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	3	29	5.0	78.69	
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	En ángulo	3	120	7.4	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	17.2	29.7	7.70	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	5.2	5.2	2.7	11.4	2.96	5.2	1.59	410.0	0.85

2) Pilar IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tensiones combinadas	--	--	--	6.11
Alma	Pandeo local	N/mm ²	9.85	261.90	3.76

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	3	60	4.5	78.69	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

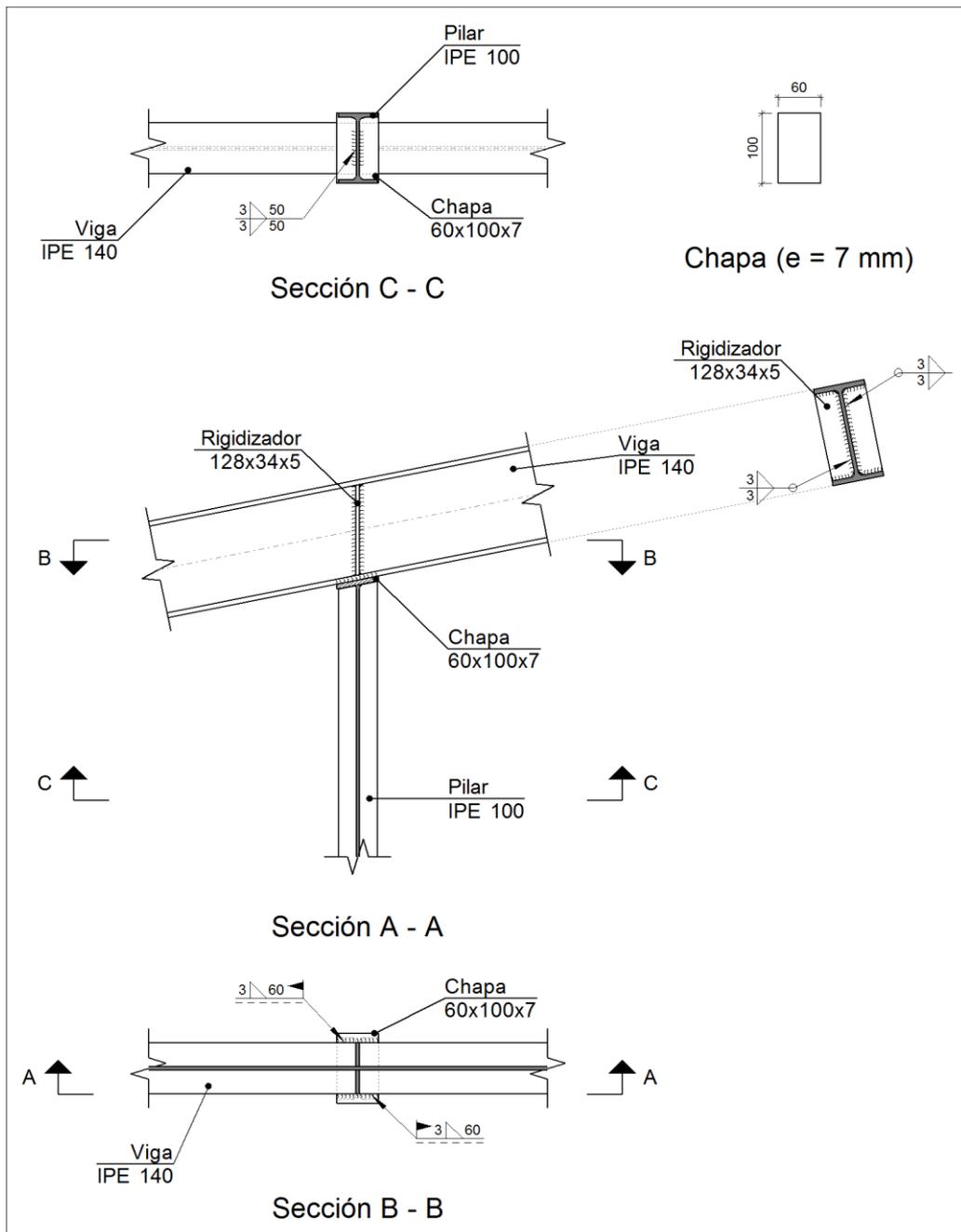
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	5.2	14.8	0.0	26.2	6.78	14.8	4.51	410.0	0.85

Medición

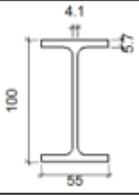
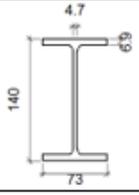
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	872
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	140

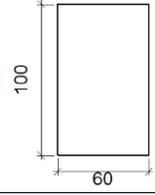
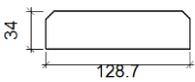
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	148x38x5	0.44
	Chapas	1	70x120x8	0.53
				Total

- TIPO 15

Detalle

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal		60	100	7	S275	275.0	410.0
Rigidizador		128.7	34	5	S275	275.0	410.0

Comprobación

1) Viga IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Cortante	kN	5.26	93.52	5.62
	Tracción	kN	5.26	37.98	13.84

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	3	115	4.7	90.00	
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	3	27	4.7	78.69	
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	En ángulo	3	100	6.9	90.00	
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>						

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	7.6	13.2	3.43	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	13.1	13.1	3.4	26.9	6.96	13.1	3.99	410.0	0.85

2) Pilar IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tensiones combinadas	--	--	--	13.16
Alma	Pandeo local	N/mm ²	31.49	261.90	12.02

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.2	78.69				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	15.6	29.8	4.1	54.4	14.11	29.8	9.09	410.0	0.85

Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	775
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	120

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	128x34x5	0.34
	Chapas	1	60x100x7	0.33
	Total			0.67

5.5.5 COMPROBACIÓN MANUAL A ELU

A continuación, se exponen los cálculos realizados manualmente en diferentes nudos de la estructura. Los esfuerzos elegidos han sido extraídos de Cype escogiendo la hipótesis más desfavorable.

- DETALLE 1. UNIÓN DE PILAR HE 140 B Y DOS VIGAS IPE 160

El cálculo de la unión de los dos perfiles IPE 160 y el pilar HE 140 B se realizará en dos pasos, aunque sea todo el mismo nudo. Por un lado, se realizará el cálculo de la unión entre las dos vigas y posteriormente la unión de las vigas al ala del pilar. Para facilitar la ejecución y debido al tipo de perfil, se les cortarán las alas a ambas vigas de la celosía. La función de las alas es soportar los momentos flectores, pero en este caso al ser una unión articulada, se pueden prescindir ya que no hay momentos.

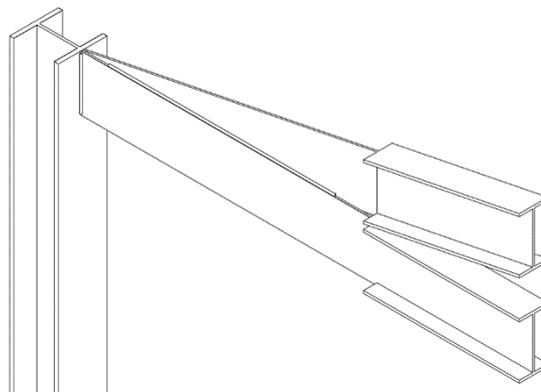


Figura 10. Detalle de unión soldada de pilar HE 140 B y dos vigas IPE 160

Los esfuerzos ofrecidos por Cype en el nudo son los siguientes

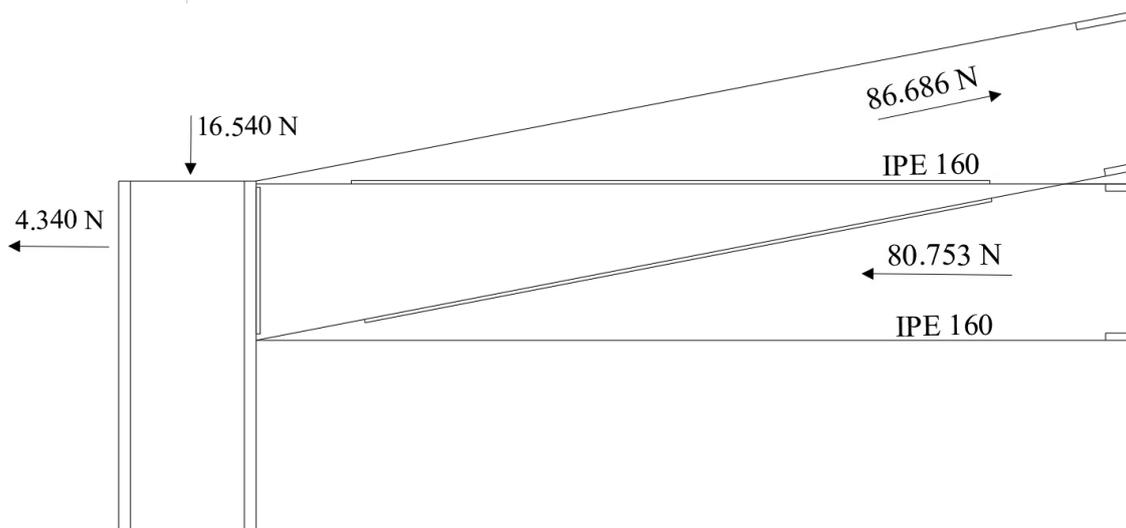


Figura 11. Esfuerzos en la unión soldada de pilar HE 140 B y dos vigas IPE 160

UNIÓN ENTRE VIGAS

Se realizarán dos soldaduras: Por un lado, una horizontal y por otro, una inclinada como se aprecia en el detalle de la figura 11. Para el dimensionamiento de las soldaduras se tendrán en cuenta los espesores de las dos piezas a unir. En este caso, al ser los mismos perfiles, el espesor de garganta máximo y mínimo son iguales para los dos perfiles y para ambas soldaduras.

Cálculos

Para calcular los esfuerzos que soportarán las uniones se llevarán todas las fuerzas al punto donde coinciden los centros de gravedad de las dos piezas y donde estará en equilibrio como se ve en la figura 12. Los centros de gravedad de las soldaduras coinciden con el de la pieza que pasa por ella. Si se hace un corte y se mira la parte de la derecha, es decir, las dos piezas a unir, se obtiene lo siguiente:

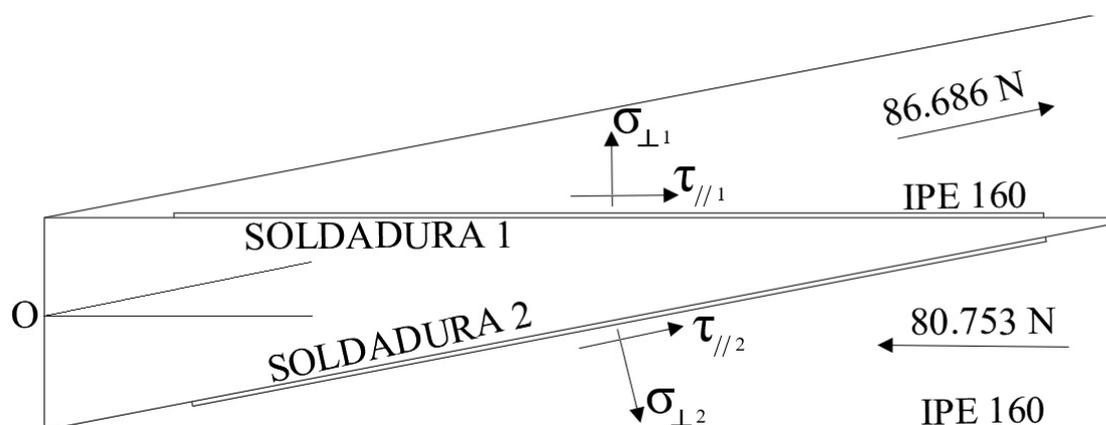


Figura 12. Esfuerzos en la unión entre las vigas

Para el cálculo del espesor de garganta se seguirá la siguiente tabla:

Espesor de la pieza (mm)	Garganta a		Espesor de la pieza (mm)	Garganta a	
	Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)		Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)
4,0-4,2	3	3	13,5-14,1	9,5	5
4,3-4,9	3	3	14,2-15,5	10	5
5,0-5,6	3,5	3	15,6-16,9	11	5,5
5,7-6,3	4	3	17,0-18,3	12	5,5
6,4-7,0	4,5	3	18,4-19,7	13	6
7,1-7,7	5	3	19,8-21,2	14	6
7,8-8,4	5,5	3	21,3-22,6	15	6,5
8,5-9,1	6	3,5	22,7-24,0	16	6,5
9,2-9,9	6,5	3,5	24,1-25,4	17	7
10,0-10,6	7	4	25,5-26,8	18	7
10,7-11,3	7,5	4	26,9-28,2	19	7,5
11,4-12,0	8	4	28,3-31,1	20	7,5
12,1-12,7	8,5	4,5	31,2-33,9	22	8
12,8-13,4	9	4,5	34,0-36,0	24	8

Tabla 28. Valores límite de la garganta de una soldadura en ángulo. FUENTE: CTE DB SE-A

SOLDADURA 1

Los perfiles tienen 5 milímetros de espesor, por lo tanto, mirando la tabla 28 tienen un espesor de garganta máximo de 3,5 milímetros y 3 milímetros de mínimo

El espesor de garganta elegido será 3,5 milímetros.

La longitud será 790 milímetros que cumple la normativa ya que es mayor que 40 milímetros y mayor que 6 veces el espesor de garganta que serían 21 milímetros.

SOLDADURA 2

Los perfiles tienen 5 milímetros de espesor, por lo tanto, mirando la tabla 28 tienen un espesor de garganta máximo de 3,5 milímetros y 3 milímetros de mínimo

El espesor de garganta elegido será 3,5 milímetros.

La longitud será 790 milímetros que cumple la normativa ya que es mayor que 40 milímetros y mayor que 6 veces el espesor de garganta que serían 21 milímetros.

Las dos soldaduras serán exactamente iguales con un área de 2765 mm².

Se tendrán las 3 ecuaciones de equilibrio y una más ya que las dos soldaduras tendrán tensiones paralelas idénticas. Las ecuaciones que se utilizarán son las siguientes:

- $\Sigma F_V = 0$
 $(\sigma_1 \times 2765) + (\tau_2 \times 2765 \times \text{sen}11) - (\sigma_2 \times 2765 \times \text{cos}11) + (86.686 \times \text{sen} 11) = 0$
- $\Sigma F_H = 0$
 $(\tau_1 \times 2765) + (\tau_2 \times 2765 \times \text{cos}11) + (\sigma_2 \times 2765 \times \text{sen}11) + (86.686 \times \text{cos} 11) - 80.753 = 0$
- $\Sigma M_O = 0$
 $(\sigma_1 \times 2765 \times 0,42) - (\tau_1 \times 2765 \times 0,08) - (\sigma_2 \times 2765 \times 0,412) + (\tau_2 \times 2765 \times 0,08) = 0$
- $\tau_{//1} = \tau_{//2}$

Las tensiones se multiplicarán por el área de la soldadura para que se pueda hacer la suma de fuerzas, si no, estarían en diferentes unidades.

Una vez realizada ese sistema de ecuaciones, los resultados son los siguientes:

$$\begin{aligned}\sigma_1 &= 299,5 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_2 &= 305,29 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{//1} &= 30,18 \text{ N/mm}^2 \\ \tau_{//2} &= 30,18 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Estos resultados deberán cumplir las siguientes comprobaciones

$$\begin{aligned}\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} &\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \\ \sigma_{\perp} &\leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}\end{aligned}$$

Siendo:

β_w coeficiente de correlación dado en la tabla

f_u resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión

Acero	f_u (N/mm ²)	β_w
S 235	360	0,80
S 275	430	0,85
S 355	510	0,90

Tabla 29. Coeficiente de correlación β_w . FUENTE: CTE DB SE-A

Comprobaciones

SOLDADURA 1

$$\sqrt{(299,5^2) + 3x(30,18^2)} \leq \frac{410}{0,85 \times 1,25} \rightarrow 304,03 \frac{N}{mm^2} \leq 385,88 \frac{N}{mm^2}$$

$$299,5 \leq \frac{410}{1,25} \rightarrow 299,5 \frac{N}{mm^2} \leq 328 \frac{N}{mm^2}$$

SOLDADURA 2

$$\sqrt{(305,29^2) + 3x(30,18^2)} \leq \frac{410}{0,85 \times 1,25} \rightarrow 309,73 \frac{N}{mm^2} \leq 385,88 \frac{N}{mm^2}$$

$$305,29 \leq \frac{410}{1,25} \rightarrow 305,29 \frac{N}{mm^2} \leq 328 \frac{N}{mm^2}$$

UNIÓN DE LAS VIGAS AL PILAR

Si en este caso, se mira la parte izquierda, en el pilar se realizarán los siguientes cálculos.

Cálculos

Se realizarán dos soldaduras paralelas a ambos lados de las almas de las vigas soldadas anteriormente. Estas vigas llegan al ala del pilar como una pieza, por lo que tendrá un espesor de 10 milímetros. En la siguiente figura se ve la colocación de las soldaduras a ambos lados de las vigas:

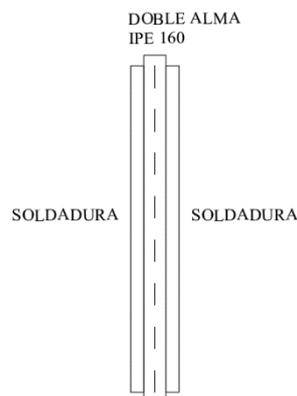


Figura 13. Disposición soldaduras. Unión vigas-pilar

Las vigas unidas tienen 10 milímetros de espesor y el ala del pilar 12 milímetros. Por lo tanto, mirando la tabla 28 tienen un espesor de garganta máximo de 7 milímetros y 4 milímetros de mínimo.

El espesor de garganta elegido será 6 milímetros.

La longitud de ambas soldaduras serán 150 milímetros que cumple la normativa ya que es mayor que 40 milímetros y mayor que 6 veces el espesor de garganta que serían 36 milímetros.

En la siguiente figura se exponen los esfuerzos que hay en el centro de gravedad de las soldaduras debido a las diferentes acciones de la nave:

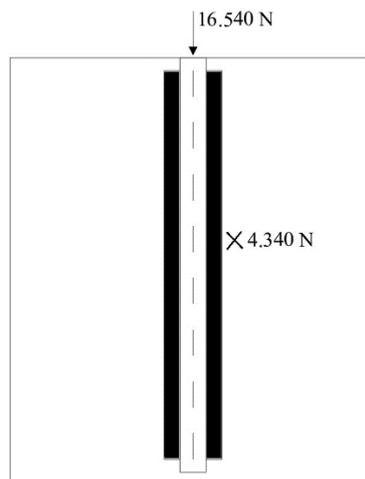


Figura 14. Fuerzas en la unión de vigas-pilar

Tal como establece el CTE, al tratarse de una unión articulada, la unión se deberá dimensionar para resistir al menos un tercio de la resistencia última axial del pilar. Un tercio de la resistencia última axial del perfil HE 140 B es:

$$\frac{N_{pl,Rd}}{3} = \frac{A \times f_{yd}}{3} = \frac{4300 \times \frac{275}{1,05}}{3} = 375.396 \text{ N}$$

Como la resistencia última axial del perfil supera el valor de la fuerza de cálculo, la unión se dimensionará para resistir esta resistencia.

$$n_{\perp} = \frac{4.340}{2 \times 6 \times 150} = 2,41 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{//} = \frac{375.396}{2 \times 6 \times 150} = 208,55 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = 0 \text{ N/mm}^2$$

Las tensiones en el plano de garganta serán las siguientes

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 2,41 = 1,71 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = -\frac{\sqrt{2}}{2} \times 2,41 = -1,71 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{//} = 208,55 \text{ N/mm}^2$$

Comprobaciones

$$\sqrt{(1,71^2) + 3x[(-1,71^2) + (208,55^2)]} \leq \frac{410}{0,85 \times 1,25} \rightarrow 361,24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 385,88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$1,71 \leq \frac{410}{1,25} \rightarrow 1,71 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 328 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

- DETALLE 2. UNIÓN DE IPE 120 CON IPE 160 MEDIANTE PLACA DE UNIÓN

El cálculo de la unión del perfil IPE 120 y el perfil IPE 160 se realizará en dos pasos. Por un lado, se realizará el cálculo de la unión entre el perfil IPE 120 y la placa de unión y posteriormente la unión de la placa de unión y el perfil IPE 160. La placa de unión tendrá las mismas dimensiones que el perfil IPE 120 abarcando toda su superficie como se ve en la figura 15.

Los esfuerzos ofrecidos por Cype son los siguientes:

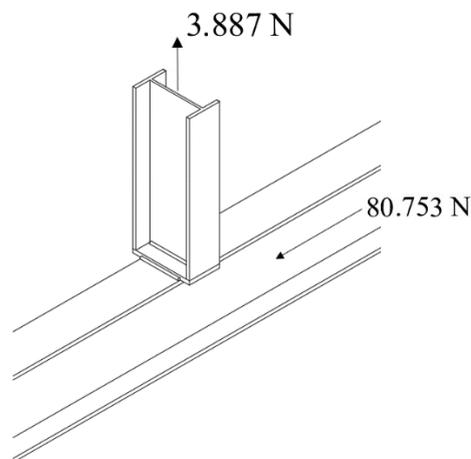


Figura 15. Esfuerzos en la unión soldada de IPE 120 con IPE 160 mediante placa de unión

UNIÓN DEL PERFIL IPE 120 A LA PLACA DE UNIÓN

Cálculos

Se realizarán dos soldaduras paralelas a ambos lados del alma del perfil IPE 120. En la siguiente figura se ve la colocación de las soldaduras a ambos lados de las vigas:

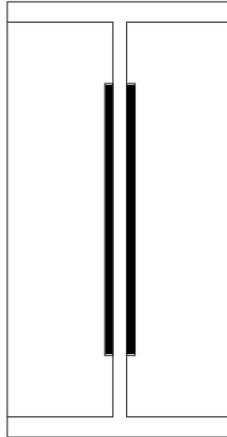


Figura 16. Disposición soldaduras. Unión pilar-placa de unión

El alma del perfil IPE 120 tiene 4,4 milímetros de espesor y la placa de unión 8 milímetros. Por lo tanto, mirando la tabla 28 tienen un espesor de garganta máximo y mínimo de 3 milímetros.

El espesor de garganta elegido será 3 milímetros.

La longitud de ambas soldaduras serán 100 milímetros que cumple la normativa ya que es mayor que 40 milímetros y mayor que 6 veces el espesor de garganta que serían 18 milímetros.

En la siguiente figura se exponen los esfuerzos que hay en el centro de gravedad de las soldaduras debido a las diferentes acciones de la nave:

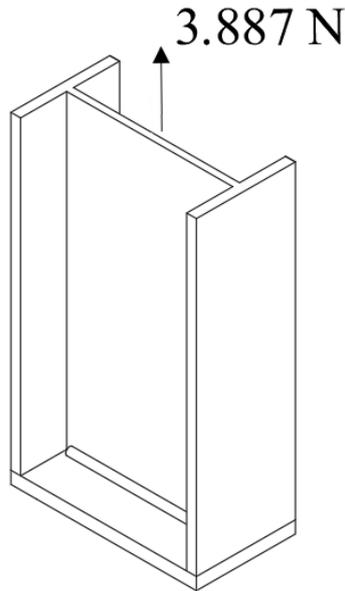


Figura 17. Fuerzas en la unión pilar-placa de unión

Tal como establece el CTE, al tratarse de una unión articulada, la unión se deberá dimensionar para resistir al menos un tercio de la resistencia última axial del pilar. Un tercio de la resistencia última axial del perfil IPE 120 es:

$$\frac{N_{pl,Rd}}{3} = \frac{A \times f_{yd}}{3} = \frac{1320 \times \frac{275}{1,05}}{3} = 115.240 \text{ N}$$

Como la resistencia última axial del perfil supera el valor de la fuerza de cálculo, la unión se dimensionará para resistir esta resistencia.

$$n_{\perp} = \frac{115.240}{2 \times 3 \times 100} = 192,07 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{//} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = 0 \text{ N/mm}^2$$

Las tensiones en el plano de garganta serán las siguientes

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 192,07 = 135,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = -\frac{\sqrt{2}}{2} \times 192,07 = -135,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{//} = 0 \text{ N/mm}^2$$

Comprobaciones

$$\sqrt{(135,82^2) + 3x(-135,82^2)} \leq \frac{410}{0,85 \times 1,25} \rightarrow 271,64 \frac{N}{mm^2} \leq 385,88 \frac{N}{mm^2}$$

$$135,82 \leq \frac{410}{1,25} \rightarrow 135,82 \frac{N}{mm^2} \leq 328 \frac{N}{mm^2}$$

UNIÓN DEL LA PLACA DE UNIÓN AL PERFIL IPE 160

Cálculos

Se realizarán dos soldaduras paralelas a ambos lados de la placa del perfil IPE 120, transversales al perfil IPE 160. En la siguiente figura se ve la colocación de las soldaduras a ambos lados de la placa:

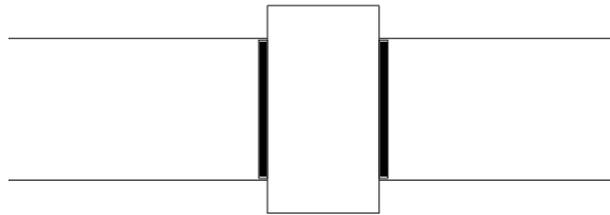


Figura 18. Disposición soldaduras. Unión viga-placa de unión

El ala del perfil IPE 160 tiene 8 milímetros de espesor igual que la placa de unión. Por lo tanto, mirando la tabla 28 tienen un espesor de garganta máximo de 5,5 milímetros y 3 milímetros de mínimo.

El espesor de garganta elegido será 5 milímetros.

La longitud de ambas soldaduras serán 80 milímetros que cumple la normativa ya que es mayor que 40 milímetros y mayor que 6 veces el espesor de garganta que serían 30 milímetros.

En la siguiente figura se exponen los esfuerzos que hay en el centro de gravedad de las soldaduras debido a las diferentes acciones de la nave:

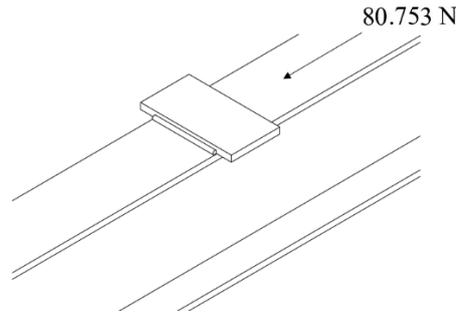


Figura 19. Fuerzas en la unión viga-placa de unión

Tal como establece el CTE, al tratarse de una unión articulada, la unión se deberá dimensionar para resistir al menos un tercio de la resistencia última axial del pilar. Un tercio de la resistencia última axial del perfil IPE 160 es:

$$\frac{N_{pl,Rd}}{3} = \frac{A \times f_{yd}}{3} = \frac{2010 \times \frac{275}{1,05}}{3} = 175.476 \text{ N}$$

Como la resistencia última axial del perfil supera el valor de la fuerza de cálculo, la unión se dimensionará para resistir esta resistencia.

$$n_{\perp} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{//} = 0 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \frac{175.476}{2 \times 5 \times 80} = 219.345 \text{ N/mm}^2$$

Las tensiones en el plano de garganta serán las siguientes

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 219.345 = 155,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \times 219.345 = 155,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{//} = 0 \text{ N/mm}^2$$

Comprobaciones

$$\sqrt{(155,1^2) + 3 \times (155,1^2)} \leq \frac{410}{0,85 \times 1,25} \rightarrow 310,2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 385,88 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$155,1 \leq \frac{410}{1,25} \rightarrow 155,1 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq 328 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

A continuación, se comprobará si es necesario colocar rigidizadores para soportar las cargas paralelas al alma.

ABOLLADURA DEL ALMA POR CORTANTE

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0,924$$

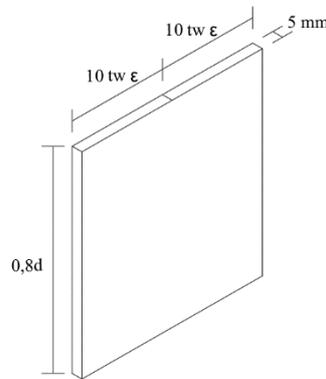
$$\frac{d}{t} < 70\varepsilon \rightarrow \frac{160 - 2 \times 7,4 - 2 \times 5}{5} < 70 \times 0,924 \rightarrow 25,44 < 64,71$$

Como se puede observar en el resultado obtenido, cumple. Por lo tanto, no es necesario comprobar la resistencia a abolladura por cortante.

ABOLLADURA DEL ALMA POR CARGAS CONCENTRADAS

La carga a soportar son 3.887N.

En primer lugar, se comprueba si el perfil aguanta sin rigidizador



$$10 \times t_w \times \varepsilon = 10 \times 5 \times 0,924 = 46,2 \text{ mm}$$

$$\text{Área total} = 2 \times 46,2 \times 5 = 462 \text{ mm}^2$$

$$0,8d = 0,8 \times (160 - 2 \times 7,4 - 2 \times 9) = 101,76 \text{ mm}$$

Se comprobará si esta pieza aguanta a pandeo:

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

Se calcula la esbeltez reducida:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \times 92,4 \times 5^3 \text{ mm}^4}{462 \text{ mm}^2}} = 1,44 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{0,8d}{\pi \times i} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{101,76}{\pi \times 1,44} \sqrt{\frac{275}{210.000}} = 0,82$$

El coeficiente de pandeo χ se extrae de la tabla 27 introduciendo el valor de la esbeltez reducida calculado anteriormente y mirando en la curva C:

De esta manera se obtiene un coeficiente de pandeo de valor $\chi = 0,7$.

Por último, se verifica lo siguiente:

$$N_{Ed} \leq N_{b,Rd}$$

$$N_{b,Rd} = \chi \times A \times f_{yd} = 0,7 \times 462 \times \frac{275}{1,05} = 84.700 \text{ N}$$

$$3.887 \text{ N} \leq 84.700 \text{ N}$$

Entonces, no será necesario colocar rigidizadores.

6. CIMENTACIONES

La cimentación se ejecutará mediante zapatas aisladas de hormigón armado. Las zapatas soportarán los pórticos de la nave e irán apoyadas sobre la roca cuya capacidad portante es 3 kg/cm².

La función de las zapatas será transmitir al terreno sobre el que va apoyado las cargas que reciba de la nave, evitando fisuras en el cerramiento y en los tabiques debido a los asientos diferenciales. También deberá evitar desplazamientos, absorbiendo los esfuerzos horizontales y los momentos flectores en la base de los pilares metálicos. Las zapatas serán rectangulares con los lados de mayor longitud en el sentido en el que la zapata tenga mayor momento flector. Las dimensiones de las zapatas serán las siguientes:

CANTIDAD DE ZAPATAS	DIMENSIONES (b x l x e)
6	85 x 165 x 55 cm
4	90 x 140 x 60 cm
2	190 x 110 x 55 cm
4	210 x 110 x 60 cm

Tabla 30. Dimensiones de las zapatas

Para evitar el deslizamiento entre zapatas se dispondrán vigas de atado. Todas las vigas de atado tendrán las mismas dimensiones: 40 x 40 cm.

6.1 UNIONES

Las uniones de las zapatas con los pilares metálicos se ejecutarán mediante placas de anclaje soldadas a los pilares, y éstas unidas a la cimentación mediante pernos. Las placas de anclaje tendrán la misma superficie, pero diferentes espesores en función de las cargas que soporten. Habrá dos tipos de placas con diferentes espesores.

- Tipo 1: Placa de anclaje de 25 milímetros de espesor, con 8 pernos de 16 milímetros de diámetro.
- Tipo 2: Placa de anclaje de 15 milímetros de espesor, con 8 pernos de 16 milímetros de diámetro.

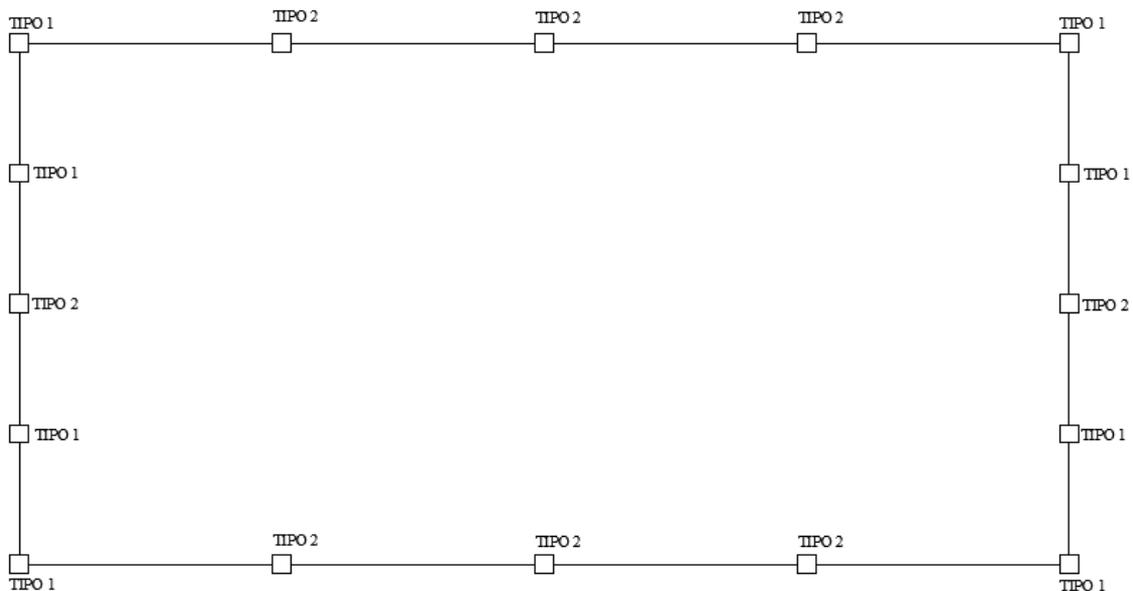


Figura 20. Ubicación de los tipos de placas de anclaje

Las características y los cálculos de las uniones se explican con mayor detalle en el apartado 5.5.3 de este anejo.

6.2 ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

Se deberá disponer de una solera para separar el terreno de las zapatas evitando el contacto directo del hormigón con el terreno. Esta solera será de 10 centímetros, y se ejecutará con hormigón HL-150/C/30 para cumplir con lo establecido en el Código Técnico de la Edificación.

El acero con el que se armarán las zapatas y las vigas de atado será corrugado B500S con 12 milímetros de diámetro. En función del tamaño de la zapata la armadura estará separada por una distancia diferente.

6.2.1 ARMADO

Las barras de acero que se utilizarán para la armadura del hormigón de la cimentación serán acero B500S que ofrece una resistencia característica $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$.

TIPO DE ZAPATA	ARMADURA
85 x 165 x 55 cm	Sup X: 7Ø12c/22 Sup Y: 4Ø12c/22 Inf X: 7Ø12c/22 Inf Y: 4Ø12c/20
90 x 140 x 60 cm	Sup X: 7Ø12c/20 Sup Y: 4Ø12c/20 Inf X: 7Ø12c/20 Inf Y: 4Ø12c/20
190 x 110 x 55 cm	Sup X: 5Ø12c/22 Sup Y: 9Ø12c/22 Inf X: 5Ø12c/22 Inf Y: 9Ø12c/22
210 x 110 x 60 cm	Sup X: 5Ø12c/20 Sup Y: 10Ø12c/20 Inf X: 5Ø12c/20 Inf Y: 10Ø12c/20

Tabla 31. Distribución de la armadura de las zapatas

VIGA DE ATADO	ARMADURA
40 x 40 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

Tabla 32. Distribución de la armadura de las vigas de atado

6.3 CÁLCULOS

Los cálculos de la cimentación han sido realizados mediante el programa informático CYPE en su versión 2017. La solución final se ha llevado a cabo a través de un proceso de iteración de optimización del sistema estructural.

6.3.1 CÁLCULO MANUAL DE LAS ZAPATAS

Resistencia del terreno

$$N_{TOTAL} = 13.500 + 2450 \times (0,85 \times 0,165 \times 0,55) = 13.688,98 \text{ Kg}$$

$$\sigma_{TOTAL} = \frac{N_{TOTAL}}{A_{Zapata}} = \frac{13.688,98 \text{ Kg}}{(85 \times 165) \text{ cm}^2} = 0,976 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} < \sigma_{Admisible} = 2 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Como se aprecia en los cálculos realizados manualmente, la capacidad portante del terreno es superior a la tensión total provocada por la nave que transmitirá la zapata. La capacidad portante del terreno se ha extraído del Anejo geotécnico.

Para el cálculo de la tensión total transmitida por la nave a las zapatas, se ha calculado el peso de la zapata mediante sus dimensiones y el peso específico del hormigón, despreciando el peso de la armadura.

ANEJO 07: SUMINISTRO DE AGUA

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	246
2.	LEGISLACIÓN APLICABLE	246
3.	CONDICIONES GENERALES	246
3.1	CALIDAD DEL AGUA	246
3.2	PROTECCIÓN CONTRA RETORNOS	247
3.3	CONDICIONES MÍNIMAS DE SUMINISTRO	247
3.4	MANTENIMIENTO.....	248
3.5	SEÑALIZACION	248
3.6	AHORRO DE AGUA.....	248
4.	DISEÑO	249
4.1	SEPARACIONES RESPECTO DE OTRAS INSTALACIONES.....	249
4.2	SEÑALIZACION	249
5.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	250
5.1	ACOMETIDAS	250
5.2	TUBOS DE ALIMENTACION	251
5.3	INSTALACIONES PARTICULARES	251
6.	DIMENSIONADO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.....	252
6.1	BASES DE CÁLCULO	252
6.1.1	REDES DE DISTRIBUCIÓN	252
CONDICIONES MÍNIMAS DE SUMINISTRO	252	
TRAMOS	252	
COMPROBACIÓN DE LA PRESIÓN	254	
6.1.2	DERIVACIONES A CUARTOS HÚMEDOS Y RAMALES DE ENLACE	255
6.1.3	REDES DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)	256
REDES DE IMPULSIÓN	256	
REDES DE RETORNO	256	
AISLAMIENTO TÉRMICO.....	256	
DILATADORES	257	
6.1.4	EQUIPOS, ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE LA INSTALACIÓN	
257		
CONTADORES	257	
6.2	DIMENSIONADO	257

6.2.1	ACOMETIDAS	257
6.2.2	TUBOS DE ALIMENTACIÓN	258
6.2.3	INSTALACIONES PARTICULARES	258
	INSTALACIONES PARTICULARES.....	258
	PRODUCCIÓN DE ACS.....	259
	BOMBAS DE CIRCULACIÓN	259
6.2.4	AISLAMIENTO TÉRMICO	259
7.	RED DE ABASTECIMIENTO 3D.....	260

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo es la descripción de los elementos que componen la instalación de suministro de agua de la nave, así como las condiciones técnicas que deberá cumplir para que esta instalación tenga un correcto funcionamiento.

La instalación para el suministro de agua incluirá el agua fría para los vestuarios y aseos, así como el agua caliente sanitaria (ACS) y el dimensionado de los equipos de calentamiento.

El suministro de agua se realizará desde la red de suministro de la localidad de La Granda. El punto de conexión se encuentra a escasos metros al este de la nave, en el desvío que sale de la vía N-634 que pasa por delante de la parcela donde se ejecutará la obra.

Los cálculos hidráulicos se realizarán mediante el programa CYPECAD MEP v2017.d.

2. LEGISLACIÓN APLICABLE

Este anejo se realizará bajo la normativa del Documento Básico HS Salubridad del CTE, en su apartado 4 referido al suministro de agua.

La elección del tipo de edificio para los cálculos y dimensionamiento de la nave, ha sido locales y oficinas con un nivel de confort medio. Por lo tanto, la velocidad de agua y su presión, deberán cumplir los parámetros mínimos correspondientes a ese nivel.

3. CONDICIONES GENERALES

En este apartado se detallan las condiciones que deberá cumplir la instalación de suministro de agua de la nave.

3.1 CALIDAD DEL AGUA

- El agua de la instalación deberá cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano.
- Las compañías suministradoras facilitarán los datos de caudal y presión que servirán de base para el dimensionado de la instalación.
- Los materiales que se vayan a utilizar en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministren, deben cumplir lo establecido en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

- En la instalación podrán utilizarse revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de agua.
- La instalación de suministro de agua deberá tener características adecuadas para evitar el desarrollo de gérmenes patógenos y no favorecer el desarrollo de la biocapa.

3.2 PROTECCIÓN CONTRA RETORNOS

- Se dispondrán sistemas antirretorno en los puntos que figuran en la normativa, así como en cualquier otro que resulte necesario.
- Las instalaciones de suministro de agua deberán conectarse directamente a la red pública.
- En los aparatos y equipos de la instalación, la llegada de agua se realizará de tal modo que no se produzcan retornos.
- Los antirretornos se dispondrán combinados con grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de la red.

3.3 CONDICIONES MÍNIMAS DE SUMINISTRO

- La instalación deberá suministrar a los aparatos y equipos del equipamiento higiénico los caudales que figuran en la tabla 1:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm ³ /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm ³ /s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Tabla 1. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

- En los puntos de consumo la presión mínima deberá ser de 100 kPa para grifos comunes y 150 kPa para fluxores y calentadores
- La presión en cualquier punto de consumo no deberá superar 500 kPa.

- El ACS en los puntos de consumo tendrá una temperatura comprendida entre 50°C y 65°C.

3.4 MANTENIMIENTO

- El grupo de presión, los sistemas de tratamiento de agua o los contadores, deberán ir instalados en espacios con dimensiones suficientes para que se pueda realizar un mantenimiento adecuado.

- Las redes de tuberías deberán diseñarse de tal forma que sean accesibles para su mantenimiento y reparación.

3.5 SEÑALIZACION

Si se dispone una instalación para suministrar agua que no sea apta para el consumo, las tuberías, los grifos y los demás puntos terminales de esta instalación deberán estar adecuadamente señalados para que puedan ser identificados como tales de forma inequívoca.

3.6 AHORRO DE AGUA

- Deberá disponerse un sistema de contabilización de agua fría y de agua caliente para cada unidad de consumo.

- Se deberá disponer de retorno de agua caliente cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor que 15 metros.

4. DISEÑO

La instalación de suministro de agua desarrollada en el proyecto estará compuesta por la acometida, un contador general, un tubo de alimentación, un distribuidor principal y las derivaciones colectivas a los diferentes puntos de consumo.

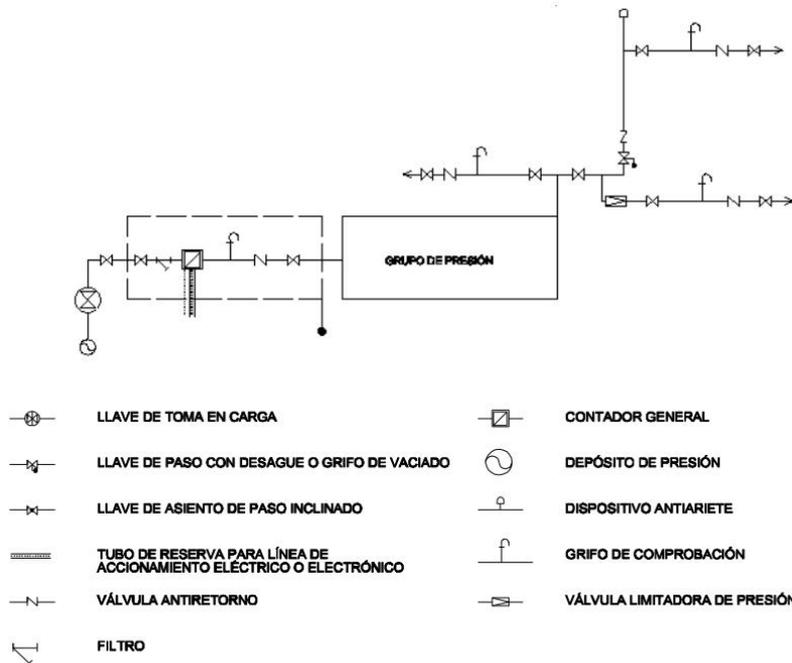


Figura 1. Esquema de red con contador general

4.1 SEPARACIONES RESPECTO DE OTRAS INSTALACIONES

- Las tuberías de agua fría deberán colocarse de manera que no resulten afectadas por los focos de calor y por consiguiente deberán situarse a una distancia de 4 centímetros, como mínimo, de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción).
- Las tuberías deberán ir por debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos y de cualquier red de telecomunicaciones, con una distancia mínima de 30 centímetros
- Deberá haber una separación mínima de 3 centímetros respecto a las conducciones de gas.

4.2 SEÑALIZACION

- Las tuberías de agua potable se señalarán con los colores verde oscuro o azul.
- Las tuberías con agua de consumo no apto deberán ir señalizadas de manera que puedan ser identificadas fácilmente.

5. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Las características de la instalación que se muestran a continuación son teniendo en cuenta el circuito mas desfavorable de cada elemento.

5.1 ACOMETIDAS

Para el suministro de agua, la instalación de acometida estará enterrada y tendrá una longitud aproximada de 20 metros, que unirá la red general de distribución de agua potable de la empresa suministradora con la instalación general del edificio y continuará en todo su recorrido sin uniones o empalmes intermedios no registrables. Estará formada por tubo de polietileno PE 100, de 32 milímetros de diámetro exterior, PN=10 atm y 2 milímetros de espesor, colocada sobre cama o lecho de arena de 15 centímetros de espesor, en el fondo de la zanja previamente excavada; tendrá un collarín de toma en carga colocado sobre la red general de distribución que servirá de enlace entre la acometida y la red; dispondrá de una llave de corte de esfera de 1" de diámetro con mando de cuadradillo colocada mediante unión roscada, situada junto a la edificación. Esta llave estará fuera de los límites de la propiedad e irá alojada en arqueta prefabricada de polipropileno de 30x30x30 cm, colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/20/I de 15 cm de espesor.

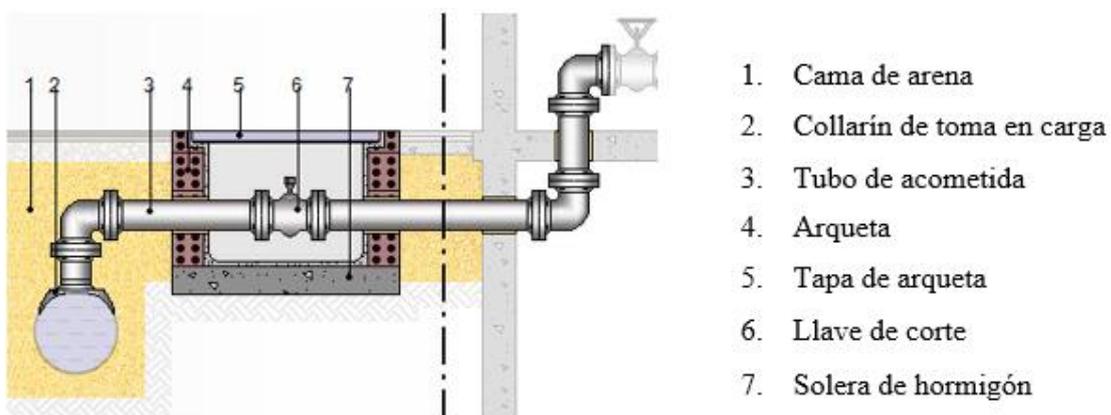


Figura 2. Detalle de la acometida

5.2 TUBOS DE ALIMENTACION

La instalación de alimentación de agua potable tendrá 3,55 metros de longitud, estará enterrada y formada por tubo de acero galvanizado estirado sin soldadura, de 1" DN 25 mm de diámetro, colocado sobre cama o lecho de arena de 10 cm de espesor. Se ejecutará en el fondo de la zanja previamente excavada, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual. Se realizará con un relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería.

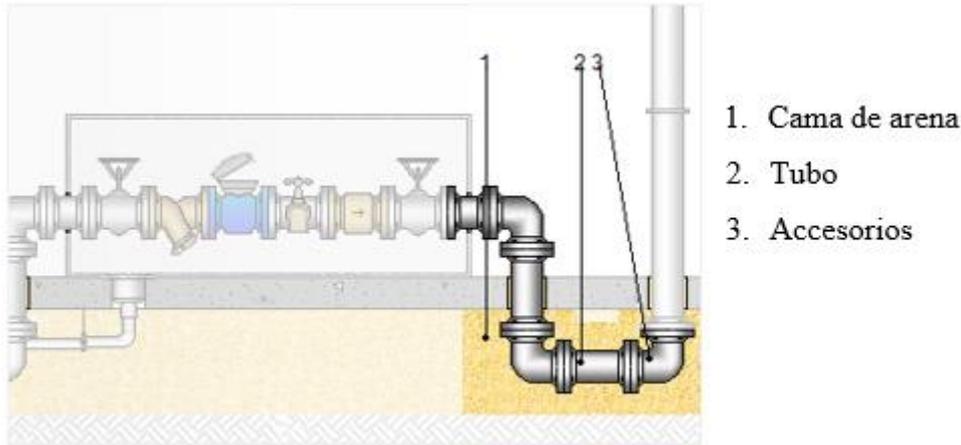


Figura 3. Detalle del tubo de alimentación

5.3 INSTALACIONES PARTICULARES

Tubería para instalación interior, colocada superficialmente y fijada al paramento, formada por tubo de cobre, para los siguientes diámetros: 10/12 mm (4.15 m), 16/18 mm (0.80 m), 20/22 mm (1.60 m), 26/28 mm (0.83 m), 33/35 mm (16.98 m).

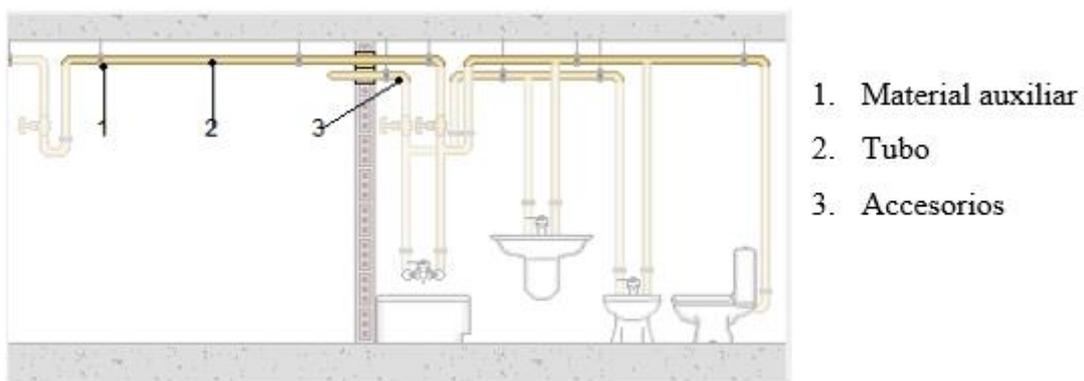


Figura 4. Detalle de la instalación interior

6. DIMENSIONADO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Se realizará un primer dimensionado seleccionando el tramo más desfavorable de la misma y obteniéndose unos diámetros previos para los que se comprueban las pérdidas de carga.

6.1 BASES DE CÁLCULO

6.1.1 REDES DE DISTRIBUCIÓN

- CONDICIONES MÍNIMAS DE SUMINISTRO

Condiciones mínimas de suministro a garantizar en cada punto de consumo			
Tipo de aparato	Q _{min} AF (m ³ /h)	Q _{min} A.C.S. (m ³ /h)	P _{min} (m.c.a.)
Lavabo	0.36	0.234	12
Inodoro con cisterna	0.36	-	12
Ducha	0.72	0.360	12
Ducha con rociador hidromezclador antivandálico	0.54	0.432	12
Abreviaturas utilizadas			
Q _{min} AF	Caudal instantáneo mínimo de agua fría	P _{min}	Presión mínima
Q _{min} A.C.S.	Caudal instantáneo mínimo de A.C.S.		

Tabla 2. Condiciones mínimas de suministro

La presión en cualquier punto de consumo no será superior a 40 m.c.a.

La temperatura de A.C.S. en los puntos de consumo deberá estar comprendida entre 50°C y 65°C. Sin embargo, no hace falta cumplir esta condición en las instalaciones ubicadas en edificios dedicados a uso exclusivo de vivienda siempre que éstas no afecten al ambiente exterior de dichos edificios.

- TRAMOS

El cálculo se ha realizado con un primer dimensionado seleccionando el tramo más desfavorable de la misma y obteniéndose unos diámetros previos que posteriormente se han comprobado en función de la pérdida de carga obtenida con los mismos, a partir de la siguiente formulación:

Factor de fricción

$$\lambda = 0,25 \left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot D} + \frac{5,74}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^{-2}$$

siendo:

ε : Rugosidad absoluta

D: Diámetro [mm]

Re: Número de Reynolds

Pérdidas de carga

$$J = f(\text{Re}, \varepsilon_r) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

siendo:

Re: Número de Reynolds

ε_r : Rugosidad relativa

L: Longitud [m]

D: Diámetro

v: Velocidad [m/s]

g: Aceleración de la gravedad [m/s²]

Este dimensionado se ha realizado teniendo en cuenta las peculiaridades de la instalación y los diámetros obtenidos son los mínimos que hacen compatibles el buen funcionamiento y la economía de la misma.

El dimensionado de la red se ha realizado a partir del dimensionado de cada tramo, y para ello se ha partido del circuito más desfavorable que es el que cuenta con la mayor pérdida de presión debida tanto al rozamiento como a su altura geométrica.

El dimensionado de los tramos se ha realizado de acuerdo al procedimiento siguiente:

- El caudal máximo de cada tramo es igual a la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados por el mismo de acuerdo con la tabla que figura en el apartado 'Condiciones mínimas de suministro'.

- Establecimiento de los coeficientes de simultaneidad de cada tramo de acuerdo con el criterio seleccionado (UNE 149201):

Montantes e instalación interior

$$Q_c = 0,682 \times (Q_t)^{0,45} - 0,14 \text{ (l / s)}$$

siendo:

Q_c : Caudal simultáneo

Q_t : Caudal bruto

- Determinación del caudal de cálculo en cada tramo como producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad correspondiente.
- Elección de una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:
 - o tuberías metálicas: entre 0.50 y 1.50 m/s.
 - o tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0.50 y 2.50 m/s.
- Obtención del diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad.

• COMPROBACIÓN DE LA PRESIÓN

Por un lado, se ha comprobado que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable es superior a los valores mínimos que se han indicado en el apartado 'Condiciones mínimas de suministro'. Por otro lado, se ha comprobado que en todos los puntos de consumo no se supera el valor máximo indicado en el mismo apartado, de acuerdo con lo siguiente:

- Se ha determinado la pérdida de presión del circuito sumando las pérdidas de presión total de cada tramo. Las pérdidas de carga localizadas se estiman en un 20% al 30% de la producida sobre la longitud real del tramo y se evalúan los elementos de la instalación donde es conocida la pérdida de carga localizada sin necesidad de estimarla.
- Se ha comprobado la suficiencia de la presión disponible: una vez obtenidos los valores de las pérdidas de presión del circuito, se ha comprobado si son sensiblemente iguales a la presión disponible que queda después de descontar a la presión total, la altura geométrica y la residual del punto de consumo más desfavorable.

6.1.2 DERIVACIONES A CUARTOS HÚMEDOS Y RAMALES DE ENLACE

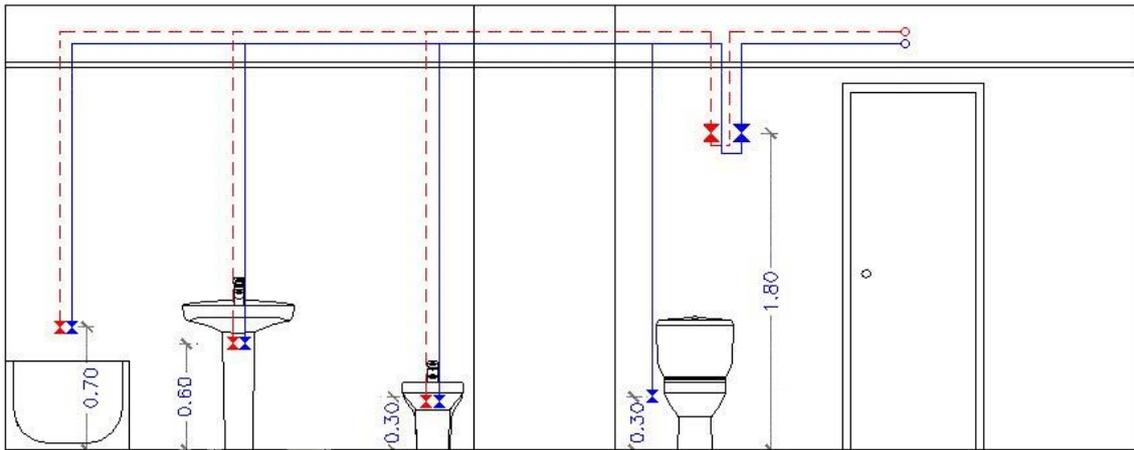


Figura 5. Croquis de la disposición

Los ramales de enlace a los aparatos domésticos se han dimensionado conforme a lo que se establece en la tabla 3. En el resto, se han tenido en cuenta los criterios de suministro dados por las características de cada aparato y han sido dimensionados en consecuencia.

Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos		
Aparato o punto de consumo	Diámetro nominal del ramal de enlace	
	Tubo de acero (")	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavabo	---	12
Inodoro con cisterna	---	12
Ducha	---	12
Ducha con rociador hidromezclador antivandálico	---	12

Tabla 3. Diámetros mínimos de las derivaciones

Los diámetros de los diferentes tramos de la red de suministro se han dimensionado conforme al procedimiento establecido en el apartado 'Tramos', adoptándose como mínimo los valores que se exponen en la tabla 4:

Diámetros mínimos de alimentación		
Tramo considerado	Diámetro nominal del tubo de alimentación	
	Acero (")	Cobre o plástico (mm)
Alimentación a cuarto húmedo privado: baño, aseo, cocina.	3/4	20
Alimentación a derivación particular: vivienda, apartamento, local comercial	3/4	20
Columna (montante o descendente)	3/4	20
Distribuidor principal	1	25

Tabla 4. Diámetros mínimos de alimentación

6.1.3 REDES DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

- REDES DE IMPULSIÓN

Para las redes de impulsión del agua caliente sanitaria se ha seguido el mismo método de cálculo que para las redes de agua fría.

- REDES DE RETORNO

Para determinar el caudal que circulará por el circuito de retorno, se ha estimado que, en el punto de consumo de agua caliente más alejado, la pérdida de temperatura será como máximo de 3°C desde la salida del acumulador o intercambiador en su caso.

En cualquier caso, no se recircularán menos de 250 l/h en cada columna, si la instalación responde a este esquema, para poder efectuar un adecuado equilibrado hidráulico.

El caudal de retorno se estima según reglas empíricas de la siguiente forma:

- se considera que recircula el 10% del agua de alimentación, como mínimo. De cualquier forma, se considera que el diámetro interior mínimo de la tubería de retorno es de 16 milímetros.
- los diámetros en función del caudal recirculado se indican en la tabla 5:

Relación entre diámetro de tubería y caudal recirculado de A.C.S.	
Diámetro de la tubería (pulgadas)	Caudal recirculado (l/h)
1/2	140
3/4	300
1	600
1 ^{1/4}	1100
1 ^{1/2}	1800
2	3300

Tabla 5. Relación entre el diámetro de la tubería y el caudal recirculado de ACS

- AISLAMIENTO TÉRMICO

El espesor del aislamiento de las conducciones, tanto en la ida como en el retorno, se ha dimensionado de acuerdo a lo establecido en el 'Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)' y sus 'Instrucciones Técnicas complementarias (ITE)'.

- DILATADORES

Para los materiales metálicos se ha aplicado lo especificado en la norma UNE 100 156:1989 y para los materiales termoplásticos lo indicado en la norma UNE ENV 12 108:2002.

Para evitar que se produzcan tensiones excesivas en la tubería provocadas por las contracciones y dilataciones producidas por los cambios de temperatura, se deberá adoptar las medidas convenientes en los tramos rectos sin conexiones intermedias que tengan una longitud superior a 25 metros. El mejor punto para colocarlos se encuentra equidistante de las derivaciones más próximas en los montantes.

6.1.4 EQUIPOS, ELEMENTOS Y DISPOSITIVOS DE LA INSTALACIÓN

- CONTADORES

El calibre nominal de los distintos tipos de contadores se adecuará, tanto en agua fría como caliente, a los caudales nominales y máximos de la instalación.

6.2 DIMENSIONADO

6.2.1 ACOMETIDAS

Tubo de polietileno PE 100, PN=10 atm, según UNE-EN 12201-2

Cálculo hidráulico de las acometidas												
Tramo	L _r (m)	L _t (m)	Q _b (m ³ /h)	K	Q (m ³ /h)	h (m.c.a.)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P _{ent} (m.c.a.)	P _{sal} (m.c.a.)
1-2	22.87	27.45	10.08	0.34	3.40	1.80	28.00	32.00	1.53	2.80	29.50	24.90
Abreviaturas utilizadas												
L _r	Longitud medida sobre planos						D _{int}	Diámetro interior				
L _t	Longitud total de cálculo (L _r + L _{eq})						D _{com}	Diámetro comercial				
Q _b	Caudal bruto						v	Velocidad				
K	Coeficiente de simultaneidad						J	Pérdida de carga del tramo				
Q	Caudal, aplicada simultaneidad (Q _b x K)						P _{ent}	Presión de entrada				
h	Desnivel						P _{sal}	Presión de salida				

Tabla 6. Cálculo hidráulico de las acometidas

6.2.2 TUBOS DE ALIMENTACIÓN

Tubo de acero galvanizado según UNE 19048

Cálculo hidráulico de los tubos de alimentación												
Tramo	L _r (m)	L _t (m)	Q _b (m ³ /h)	K	Q (m ³ /h)	h (m.c.a.)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P _{ent} (m.c.a.)	P _{sal} (m.c.a.)
2-3	3.55	4.27	10.08	0.34	3.40	-1.80	27.30	25.00	1.61	0.51	20.90	21.69
Abreviaturas utilizadas												
L _r	Longitud medida sobre planos						D _{int}	Diámetro interior				
L _t	Longitud total de cálculo (L _r + L _{eq})						D _{com}	Diámetro comercial				
Q _b	Caudal bruto						v	Velocidad				
K	Coeficiente de simultaneidad						J	Pérdida de carga del tramo				
Q	Caudal, aplicada simultaneidad (Q _b x K)						P _{ent}	Presión de entrada				
h	Desnivel						P _{sal}	Presión de salida				

Tabla 7. Cálculo hidráulico de los tubos de alimentación

6.2.3 INSTALACIONES PARTICULARES

• INSTALACIONES PARTICULARES

Tubo de cobre rígido, según UNE-EN 1057

Cálculo hidráulico de las instalaciones particulares													
Tramo	T _{tub}	L _r (m)	L _t (m)	Q _b (m ³ /h)	K	Q (m ³ /h)	h (m.c.a.)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P _{ent} (m.c.a.)	P _{sal} (m.c.a.)
3-4	Instalación interior (F)	9.93	11.91	10.08	0.34	3.40	3.65	33.00	35.00	1.10	0.58	21.69	17.46
4-5	Instalación interior (F)	7.05	8.46	7.92	0.38	3.00	0.00	33.00	35.00	0.97	0.33	17.46	17.13
5-6	Instalación interior (F)	0.24	0.29	5.04	0.47	2.35	0.00	26.00	28.00	1.23	0.02	17.13	17.11
6-7	Instalación interior (F)	0.18	0.21	2.88	0.60	1.72	0.00	26.00	28.00	0.90	0.01	17.11	16.60
7-8	Cuarto húmedo (F)	0.41	0.49	2.88	0.60	1.72	0.00	26.00	28.00	0.90	0.02	16.60	16.58
8-9	Cuarto húmedo (F)	0.80	0.96	2.34	0.65	1.52	0.00	20.00	22.00	1.34	0.13	16.58	16.45
9-10	Cuarto húmedo (F)	0.80	0.96	1.80	0.72	1.29	0.00	20.00	22.00	1.14	0.09	16.45	16.36
10-11	Cuarto húmedo (F)	0.80	0.96	1.26	0.81	1.03	0.00	16.00	18.00	1.42	0.19	16.36	16.17
11-12	Puntal (F)	4.15	4.98	0.72	1.00	0.72	-2.55	10.00	12.00	2.55	5.35	16.17	13.37
Abreviaturas utilizadas													
T _{tub}	Tipo de tubería: F (Agua fría), C (Agua caliente)						D _{int}	Diámetro interior					
L _r	Longitud medida sobre planos						D _{com}	Diámetro comercial					
L _t	Longitud total de cálculo (L _r + L _{eq})						v	Velocidad					
Q _b	Caudal bruto						J	Pérdida de carga del tramo					
K	Coeficiente de simultaneidad						P _{ent}	Presión de entrada					
Q	Caudal, aplicada simultaneidad (Q _b x K)						P _{sal}	Presión de salida					
h	Desnivel												
Instalación interior: Llave de abonado (Oficina)													
Punto de consumo con mayor caída de presión (Du): Ducha													

Tabla 8. Cálculo hidráulico de las instalaciones particulares

- PRODUCCIÓN DE ACS

Cálculo hidráulico de los equipos de producción de A.C.S.		
Referencia	Descripción	Q_{cal} (m ³ /h)
Llave de abonado	Caldera a gas para calefacción y ACS	2.49
Abreviaturas utilizadas		
Q_{cal}	Caudal de cálculo	

Tabla 9. Cálculo hidráulico de los equipos de producción de ACS

- BOMBAS DE CIRCULACIÓN

Cálculo hidráulico de las bombas de circulación			
Ref	Descripción	Q_{cal} (m ³ /h)	P_{cal} (m.c.a.)
Llave de abonado	Electrobomba centrífuga, de hierro fundido, de tres velocidades, con una potencia de 0,071 kW	0.23	0.74
Abreviaturas utilizadas			
Ref	Referencia de la unidad de ocupación a la que pertenece la bomba de circulación	P_{cal}	Presión de cálculo
Q_{cal}	Caudal de cálculo		

6.2.4 AISLAMIENTO TÉRMICO

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 29 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 23 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 19 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., colocada superficialmente, para la distribución de fluidos calientes (de +60°C a +100°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, de 19 mm de diámetro interior y 25 mm de espesor.

Aislamiento térmico de tuberías en instalación interior de A.C.S., empotrada en paramento, para la distribución de fluidos calientes (de +40°C a +60°C), formado por coquilla de espuma elastomérica, con un elevado factor de resistencia a la difusión del vapor de agua, de 13,0 mm de diámetro interior y 9,5 mm de espesor.

7. RED DE ABASTECIMIENTO 3D

A continuación, se exponen algunas imágenes de la nave para que se pueda observar en 3 dimensiones como es la instalación de suministro de agua en los vestuarios, la zona de la caldera y los contadores.

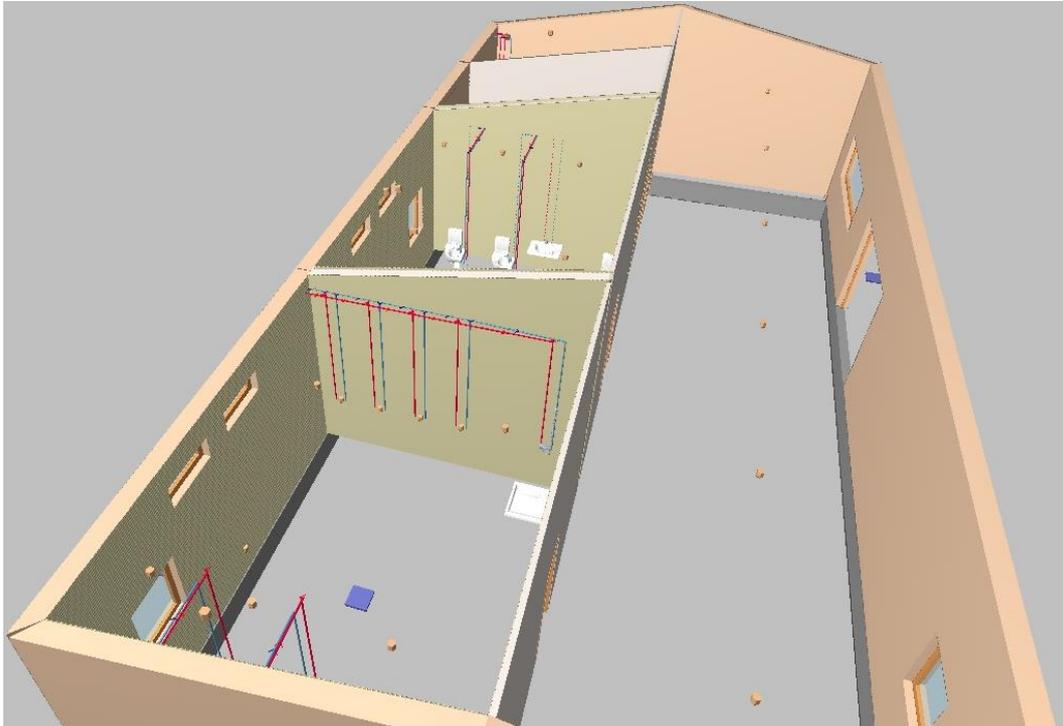


Figura 6. Detalle de suministro de cuartos húmedos 1

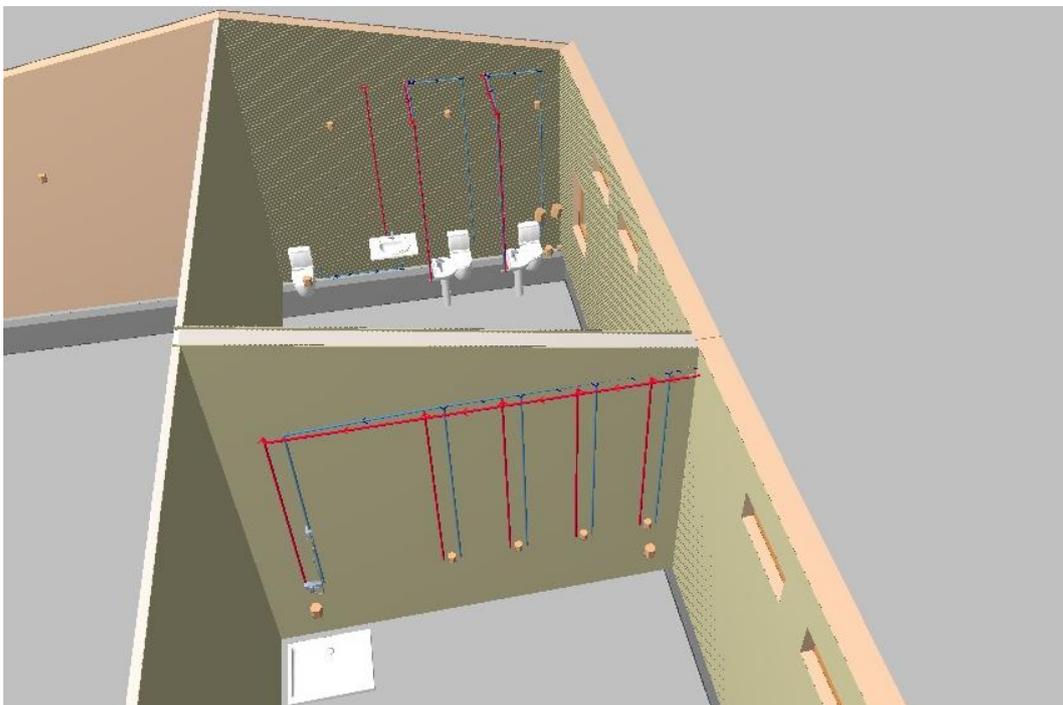


Figura 7. Detalle de suministro de cuartos húmedos 2

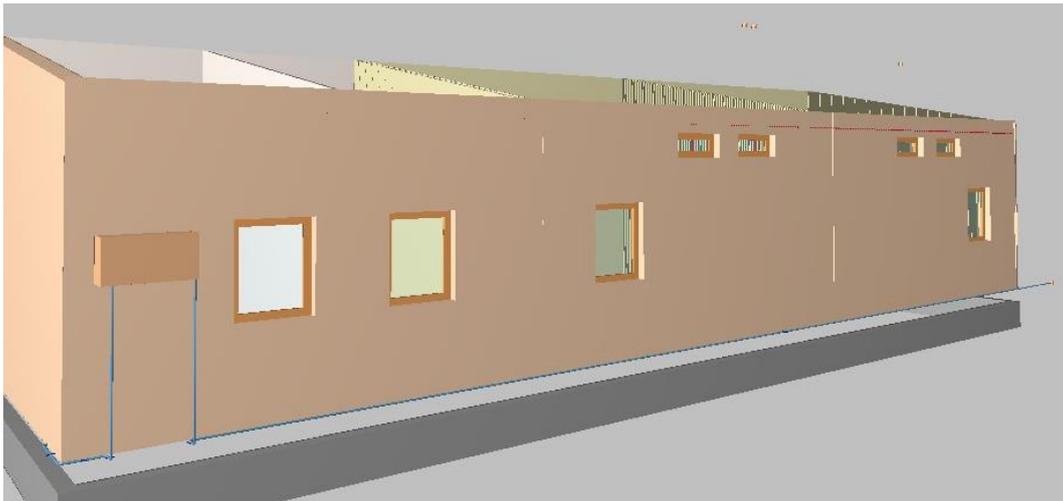


Figura 8. Detalle de la preinstalación de contador y conexión a red de suministro

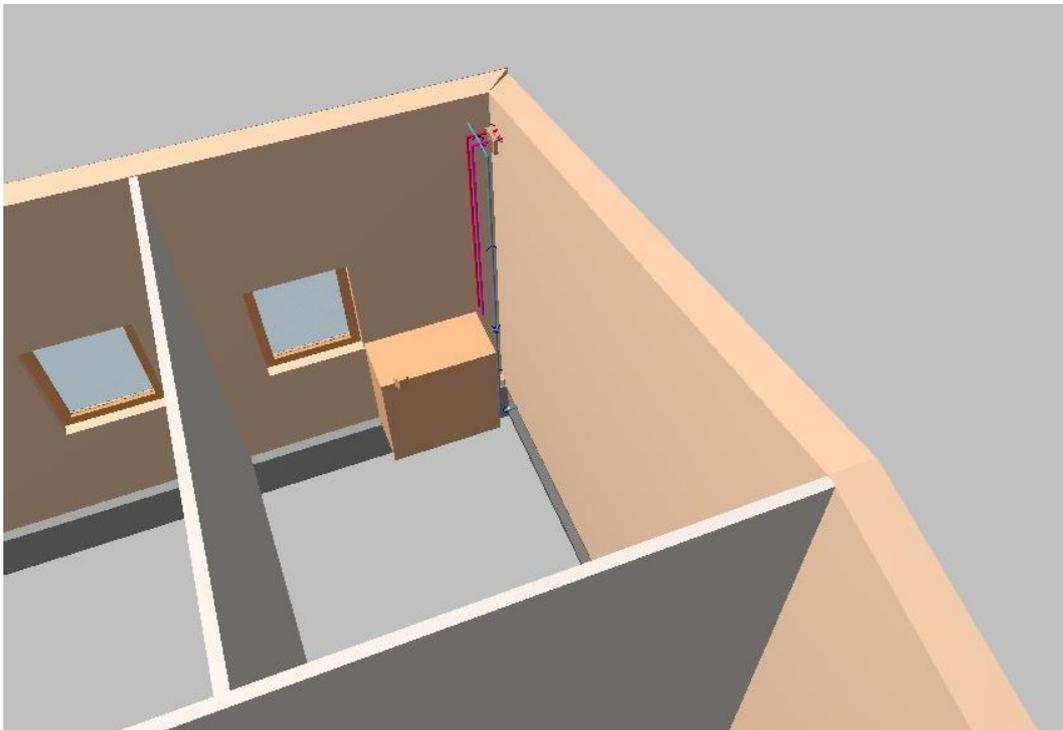


Figura 9. Detalle de la caldera en el almacén

ANEJO 08: SANEAMIENTO DE AGUA

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	262
2. LEGISLACIÓN APLICABLE	262
3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	262
3.1 TUBERIAS PARA AGUAS RESIDUALES	262
3.1.1 RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN	262
3.1.2 BAJANTES	263
3.1.3 COLECTORES	264
3.2 TUBERIAS PARA AGUAS PLUVIALES	265
3.2.1 CANALONES Y BAJANTES	265
3.2.2 COLECTORES	266
3.2.3 ACOMETIDA	267
3.3 TUBERIAS PARA AGUAS MIXTAS	267
3.3.1 COLECTORES	267
3.3.2 ACOMETIDA	267
4. CÁLCULOS	268
4.1 BASES DE CÁLCULO	268
4.1.1 RED DE AGUAS RESIDUALES	268
RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN	268
RAMALES COLECTORES	269
BAJANTES	270
COLECTORES	270
4.1.2 RED DE AGUAS PLUVIALES	271
RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN	271
CANALONES	271
BAJANTES	272
COLECTORES	272
4.1.3 COLECTORES MIXTOS	273
4.1.4 REDES DE VENTILACIÓN	273
VENTILACIÓN PRIMARIA	273
4.1.5 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO	273
4.2 DIMENSIONADO	276
4.2.1 RED DE AGUAS RESIDUALES	276

4.2.2	RED DE AGUAS PLUVIALES	278
4.2.3	COLECTORES MIXTOS	281
5.	RED DE SANEAMIENTO 3D	282

1. INTRODUCCION

El objeto de este anejo es la descripción de los elementos que componen la instalación de evacuación de aguas de la nave, así como las condiciones técnicas que deberá cumplir para que esta instalación tenga un correcto funcionamiento.

La evacuación de aguas de la nave se realizará a la red de saneamiento de la localidad de La Granda. El punto de conexión es muy cercano a la nave, al este de ésta, en el desvío que sale de la vía N-634 que pasa por delante de la parcela donde se ejecutará la obra.

Los cálculos hidráulicos y el dimensionamiento se realizarán mediante el programa CYPECAD MEP v2017.d.

2. LEGISLACIÓN APLICABLE

Este anejo se realizará bajo la normativa del Documento Básico HS Salubridad del CTE, en su apartado 5 referido a la evacuación de aguas.

La elección del tipo de edificio para los cálculos y dimensionamiento de la nave, ha sido locales y oficinas con un nivel de confort medio.

Para la realización del proyecto se ha tenido en la norma de cálculo UNE EN 12056 y las normas de especificaciones técnicas de ejecución UNE EN 752 y UNE EN 476.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

La red de evacuación interior consta de tres partes: Por un lado, el conjunto de tuberías de evacuación (desagües, derivaciones, bajantes y colectores). Por otro lado, la red de ventilación. Y, por último, los elementos auxiliares: fundamentalmente cierres hidráulicos, sifones, sumideros y arquetas.

3.1 TUBERIAS PARA AGUAS RESIDUALES

3.1.1 RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN

La red de pequeña evacuación se colocará bajo el forjado, de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1 y la unión estará pegada con adhesivo.

La red de pequeña evacuación deberá diseñarse acorde a los siguientes criterios:

- El trazado de la red deberá ser lo más sencillo posible para conseguir una circulación natural por gravedad, evitando los cambios bruscos de dirección.
- Deberá ir conectada a las bajantes.

- La distancia del bote sifónico a la bajante será inferior a 2,00 metros.
- Las derivaciones que acometan al bote sifónico deben tener una longitud igual o menor que 2,50 metros, con una pendiente comprendida entre el 2 y el 4 %.
- Los lavabos deberán disponer de un rebosadero.
- No se dispondrán desagües enfrentados acometiendo a una tubería común.
- Las uniones de los desagües a las bajantes deben tener un ángulo mayor a 45°.
- Los ramales de desagüe de los aparatos sanitarios que utilicen sifones individuales, deben unirse a un tubo de derivación que desemboque en la bajante
- Deberán evitarse los desagües bombeados

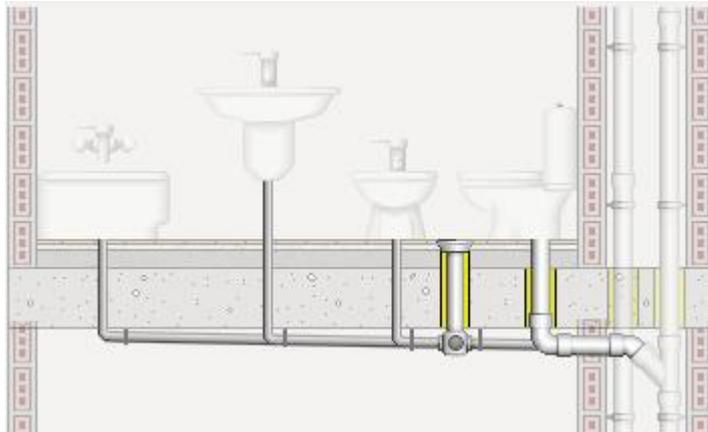


Figura 1. Detalle de la red de pequeña evacuación bajo el forjado

3.1.2 BAJANTES

La tubería para ventilación primaria de la red de evacuación de aguas, de polipropileno con nivel de insonorización medio, según UNE-EN 1451-1 y la unión estará realizada con junta elástica.

Las bajantes deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Las bajantes deberán realizarse sin desviaciones ni retranqueos y tendrán un diámetro uniforme en toda su altura.
- El diámetro no disminuirá en el sentido de la corriente.
- Podrá disponerse un aumento de diámetro cuando acometan a la bajante caudales de magnitud mucho mayor que los del tramo situado aguas arriba.

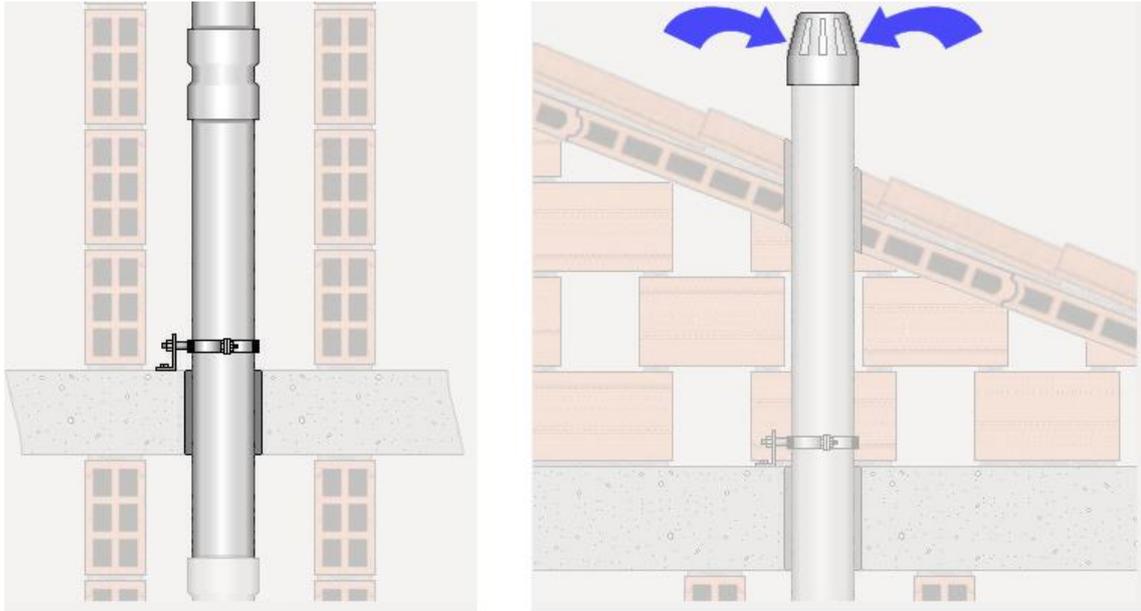


Figura 2. Detalle de bajante y terminal de aireación

3.1.3 COLECTORES

Los colectores estarán suspendidos y se construirán de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1 cuya unión estará pegada con adhesivo.

Los colectores suspendidos deberán cumplir los siguientes requisitos:

- Las bajantes deben conectarse mediante piezas especiales, según las especificaciones técnicas del material.
- La conexión de una bajante de aguas pluviales al colector en los sistemas mixtos deberá tener una distancia mínima de 3 metros con la conexión de la bajante más próxima de aguas residuales situada aguas arriba.
- Deben tener una pendiente del 1% como mínimo.
- No deben acometer en un mismo punto más de dos colectores.
- En los tramos rectos deberán disponerse registros constituidos por piezas especiales, según el material del que se trate, de tal manera que los tramos entre ellos no superen los 15 metros.

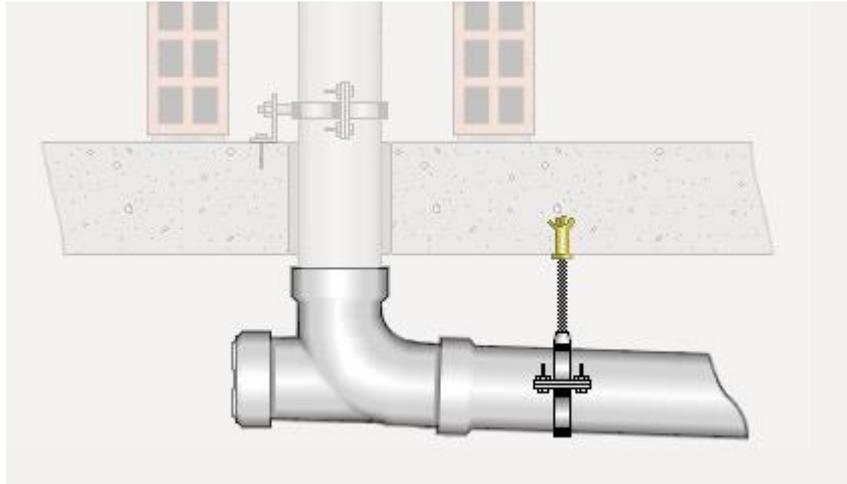


Figura 3. Detalle de colector suspendido

3.2 TUBERIAS PARA AGUAS PLUVIALES

3.2.1 CANALONES Y BAJANTES

Las bajantes serán circulares de PVC con óxido de titanio y serán de color gris claro, según UNE-EN 12200-1.

Los canalones serán circulares de PVC con óxido de titanio. Las juntas de los canalones se encolarán y serán de color gris claro, según UNE-EN 607.

Los canalones y sus accesorios cumplirán las siguientes condiciones:

- Tendrán una pendiente mínima de 0,16%.
- En estos canalones se unirán los diferentes perfiles con manguito de unión con junta de goma.
- La separación máxima entre ganchos de sujeción no excederá de 1 metro, dejando espacio para las bajantes y uniones.
- Todos sus accesorios deberán llevar una zona de dilatación de al menos 10 milímetros.

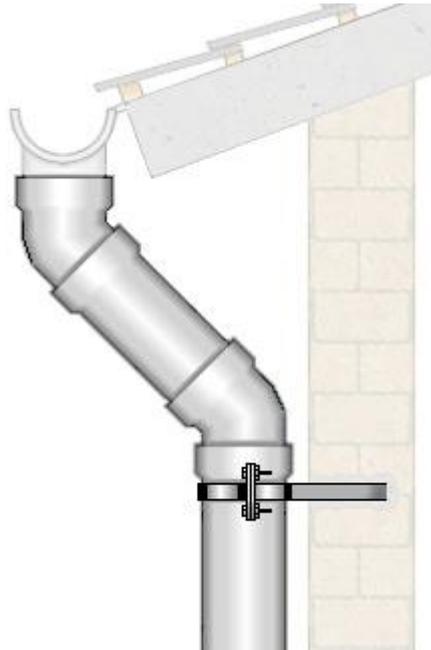


Figura 4. Detalle de canalón y bajante

3.2.2 COLECTORES

Para la evacuación de aguas pluviales se utilizarán dos tipos de colectores:

- Colector enterrado de saneamiento, sin arquetas, mediante sistema integral registrable, de tubo de polipropileno (PP), serie SN-10, rigidez anular nominal 10 kN/m², fabricado según la norma CEN TC 155 WG13, con junta elástica.

Los colectores enterrados tendrán que cumplir las siguientes condiciones:

- Los tubos deberán disponerse en zanjas de dimensiones adecuadas e irán situados por debajo de los que transportan el agua potable.
 - Deberán tener una pendiente del 2 % como mínimo.
 - La acometida de las bajantes y los manguetones a esta red se hará con interposición de una arqueta de pie de bajante, que no debe ser sifónica.
 - La separación entre dos registros contiguos no superará los 15 metros.
- Colector suspendido de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1, cuya unión estará pegada con adhesivo.

Los colectores suspendidos deberán cumplir los requisitos citados en el apartado 3.1.3 referido a los colectores de aguas residuales.

3.2.3 ACOMETIDA

Acometida general de saneamiento a la red general del municipio, fabricada en tubo de PVC liso, serie SN-4, con rigidez anular nominal de 4 kN/m², según UNE-EN 1401-1 y pegado mediante adhesivo.

3.3 TUBERIAS PARA AGUAS MIXTAS

3.3.1 COLECTORES

Colector enterrado de saneamiento, sin arquetas, mediante sistema integral registrable, de tubo de polipropileno (PP), serie SN-10, rigidez anular nominal 10 kN/m², fabricado según la norma CEN TC 155 WG13, con junta elástica.

Estos colectores deberán cumplir los requisitos citados en el apartado 3.2.2 referido a los colectores de aguas pluviales.

Colector suspendido de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1, unión pegada con adhesivo.

Estos colectores deberán cumplir los requisitos citados en el apartado 3.1.3 referido a los colectores de aguas pluviales.

3.3.2 ACOMETIDA

Acometida general de saneamiento a la red general del municipio, fabricada en tubo de PVC liso, serie SN-4, con rigidez anular nominal de 4 kN/m², según UNE-EN 1401-1 y pegado mediante adhesivo.

4. CÁLCULOS

4.1 BASES DE CÁLCULO

4.1.1 RED DE AGUAS RESIDUALES

- RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN

La adjudicación de unidades de desagüe a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de sifones y derivaciones individuales se establecen en la siguiente tabla, en función del uso (privado o público).

Tipo de aparato sanitario	Unidades de desagüe		Diámetro mínimo para el sifón y la derivación individual (mm)	
	Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo	1	2	32	40
Bidé	2	3	32	40
Ducha	2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)	3	4	40	50
Inodoro con cisterna	4	5	100	100
Inodoro con fluxómetro	8	10	100	100
Urinario con pedestal	-	4	-	50
Urinario suspendido	-	2	-	40
Urinario en batería	-	3.5	-	-
Fregadero doméstico	3	6	40	50
Fregadero industrial	-	2	-	40
Lavadero	3	-	40	-
Vertedero	-	8	-	100
Fuente para beber	-	0.5	-	25
Sumidero	1	3	40	50
Lavavajillas doméstico	3	6	40	50
Lavadora doméstica	3	6	40	50
Cuarto de baño (Inodoro con cisterna)	7	-	100	-
Cuarto de baño (Inodoro con fluxómetro)	8	-	100	-
Cuarto de aseo (Inodoro con cisterna)	6	-	100	-
Cuarto de aseo (Inodoro con fluxómetro)	8	-	100	-

Tabla 1. UDs para cada tipo de aparato sanitario

Los diámetros indicados en la tabla son válidos para ramales individuales cuya longitud no sea superior a 1,5 metros.

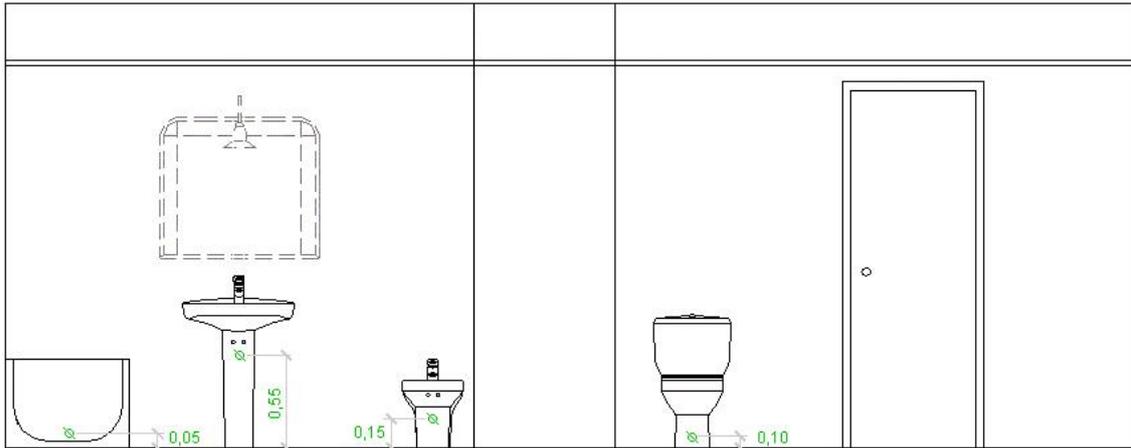


Figura 5. Croquis de la disposición de los puntos de la red de saneamiento

- RAMALES COLECTORES

Para el dimensionado de ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante, según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector, se ha utilizado la tabla siguiente:

Diámetro (mm)	Máximo número de UDs Pendiente		
	1 %	2 %	4 %
32	-	1	1
40	-	2	3
50	-	6	8
63	-	11	14
75	-	21	28
90	47	60	75
100	123	151	181
125	180	234	280
160	438	582	800
200	870	1150	1680

Tabla 2. Máximo número de UDs en función del diámetro y la pendiente en ramales

- BAJANTES

El dimensionado de las bajantes se ha realizado de acuerdo con la tabla 3, en la que se hace corresponder el número de plantas del edificio con el número máximo de unidades de desagüe y el diámetro que le corresponde a la bajante, siendo el diámetro de la misma constante en toda su altura y considerando también el máximo caudal que puede descargar desde cada ramal en la bajante:

Diámetro (mm)	Máximo número de UDs, para una altura de bajante de:		Máximo número de UDs, en cada ramal, para una altura de bajante de:	
	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas
50	10	25	6	6
63	19	38	11	9
75	27	53	21	13
90	135	280	70	53
110	360	740	181	134
125	540	1100	280	200
160	1208	2240	1120	400
200	2200	3600	1680	600
250	3800	5600	2500	1000
315	6000	9240	4320	1650

Tabla 3. Máximas UDs en función del diámetro

Los diámetros mostrados, obtenidos a partir de la tabla 4.4 (CTE DB HS 5), garantizan una variación de presión en la tubería menor que 250 Pa, así como un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no supera un tercio de la sección transversal de la tubería. Las desviaciones con respecto a la vertical se han dimensionado con igual sección a la bajante donde acometen, debido a que forman ángulos con la vertical inferiores a 45°.

- COLECTORES

El diámetro se ha calculado a partir de la tabla 4, en función del número máximo de unidades de desagüe y de la pendiente:

Diámetro (mm)	Máximo número de UDs Pendiente		
	1 %	2 %	4 %
50	-	20	25
63	-	24	29
75	-	38	57
90	96	130	160
110	264	321	382
125	390	480	580
160	880	1056	1300
200	1600	1920	2300
250	2900	3520	4200
315	5710	6920	8290
350	8300	10000	12000

Tabla 4. Máximo número de UDs en función del diámetro y la pendiente en colectores

Los diámetros mostrados, obtenidos de la tabla 4.5 del CTE en su apartado DB HS 5, garantizan que, bajo condiciones de flujo uniforme, la superficie ocupada por el agua no supera la mitad de la sección transversal de la tubería.

4.1.2 RED DE AGUAS PLUVIALES

- RED DE PEQUEÑA EVACUACIÓN

El número mínimo de sumideros, en función de la superficie en proyección horizontal de la cubierta a la que dan servicio, se ha calculado mediante la siguiente tabla:

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)	Número de sumideros
S < 100	2
100 ≤ S < 200	3
200 ≤ S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m ²

Tabla 5. Número de sumideros en función de la superficie de la cubierta

- CANALONES

El diámetro nominal del canalón con sección semicircular de evacuación de aguas pluviales, para una intensidad pluviométrica dada (100 mm/h), se obtiene de la tabla siguiente, a partir de su pendiente y de la superficie a la que da servicio:

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Tabla 6. Diámetro del canalón en función de la superficie de la cubierta y la pendiente del canalón

Régimen pluviométrico: 90 mm/h

Se ha aplicado el siguiente factor de corrección a las superficies equivalentes:

$$f = i/100$$

siendo:

f: factor de corrección

i: intensidad pluviométrica considerada

La sección rectangular es un 10% superior a la obtenida como sección semicircular.

- BAJANTES

El diámetro correspondiente a la superficie en proyección horizontal servida por cada bajante de aguas pluviales se ha obtenido de la tabla siguiente.

Superficie de cubierta en proyección horizontal(m ²)	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1544	160
2700	200

Tabla 7. Diámetro de las bajantes en función de la superficie de la cubierta a la que sirve

Los diámetros mostrados, obtenidos a partir de la tabla 4.8 del CTE en su apartado DB HS 5, garantizan una variación de presión en la tubería menor que 250 Pa, así como un caudal tal que la superficie ocupada por el agua no supera un tercio de la sección transversal de la tubería.

Régimen pluviométrico: 90 mm/h

Igual que en el caso de los canalones, se aplica el factor 'f' correspondiente.

- COLECTORES

El diámetro de los colectores de aguas pluviales para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h se ha obtenido, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve, de la siguiente tabla:

Superficie proyectada (m ²) Pendiente del colector			Diámetro nominal del colector (mm)
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1228	160
1070	1510	2140	200
1920	2710	3850	250
2016	4589	6500	315

Tabla 8. Diámetro de los colectores en función de la superficie de la cubierta a la que sirve y de la pendiente del colector

Los diámetros mostrados, obtenidos de la tabla 4.9 del CTE en su apartado DB HS 5, garantizan que, en régimen permanente, el agua ocupa la totalidad de la sección transversal de la tubería.

4.1.3 COLECTORES MIXTOS

Para dimensionar los colectores de tipo mixto se han transformado las unidades de desagüe correspondientes a las aguas residuales en superficies equivalentes de recogida de aguas, y se ha sumado a las correspondientes de las aguas pluviales. El diámetro de los colectores se ha obtenido en función de su pendiente y de la superficie así obtenida, según la tabla anterior de dimensionado de colectores de aguas pluviales.

La transformación de las unidades de desagüe en superficie equivalente para un régimen pluviométrico de 100 mm/h se ha efectuado con el siguiente criterio:

- si el número de unidades de desagüe es menor o igual que 250, la superficie equivalente es de 90 m².
- si el número de unidades de desagüe es mayor que 250, la superficie equivalente es de 0,36 x n° UD m².

Régimen pluviométrico: 90 mm/h

Se ha aplicado el siguiente factor de corrección a las superficies equivalentes:

$$f = i/100$$

siendo:

f: factor de corrección

i: intensidad pluviométrica considerada

4.1.4 REDES DE VENTILACIÓN

- VENTILACIÓN PRIMARIA

La ventilación primaria tiene el mismo diámetro que el de la bajante de la que es prolongación, independientemente de la existencia de una columna de ventilación secundaria. Se mantiene así la protección del cierre hidráulico.

4.1.5 DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

El caudal se ha calculado mediante la siguiente formulación:

Residuales (UNE-EN 12056-2)

$$Q_{tot} = Q_{WR} + Q_c + Q_p$$

siendo:

Q_{tot} : caudal total (l/s)

Q_{ww} : caudal de aguas residuales (l/s)

Q_c : caudal continuo (l/s)

Q_p : caudal de aguas residuales bombeado (l/s)

$$Q_{ww} = K \sqrt{\sum UD}$$

siendo:

K: coeficiente por frecuencia de uso

Sum(UD): suma de las unidades de descarga

Pluviales (UNE-EN 12056-3)

$$Q = C \times I \times A$$

siendo:

Q: caudal (l/s)

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad (l/s.m2)

A: área (m2)

- LAS TUBERÍAS HORIZONTALES SE HAN CALCULADO CON LA SIGUIENTE FORMULACIÓN

Se ha verificado el diámetro empleando la fórmula de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$$

siendo:

Q: caudal (m3/s)

n: coeficiente de Manning

A: área de la tubería ocupada por el fluido (m2)

R_h : radio hidráulico (m)

i: pendiente (m/m)

- LAS TUBERÍAS VERTICALES SE CALCULAN CON LA SIGUIENTE FORMULACIÓN

Residuales

Se ha verificado el diámetro empleando la fórmula de Dawson y Hunter:

$$Q = 3.15 \times 10^{-4} \times r^{-5/3} \times D^{8/3}$$

siendo:

Q: caudal (l/s)

r: nivel de llenado

D: diámetro (mm)

Pluviales (UNE-EN 12056-3)

Se ha verificado el diámetro empleando la fórmula de Wyly-Eaton:

$$Q_{RWP} = 2.5 \times 10^{-4} \times k_b^{-1/6} \times d_i^{8/3} \times f^{-5/3}$$

siendo:

Q_{RWP}: caudal (l/s)

k_b: rugosidad (0.25 mm)

d_i: diámetro (mm)

f: nivel de llenado

4.2 DIMENSIONADO

4.2.1 RED DE AGUAS RESIDUALES

• ACOMETIDA 1

Red de pequeña evacuación											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q _b (m ³ /h)	K	Q _s (m ³ /h)	Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
5-6	2.45	6.51	21.00	110	35.53	0.45	15.89	32.94	1.82	104	110
6-7	1.87	2.00	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
6-8	1.27	2.00	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
6-9	0.42	2.00	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
6-10	2.02	2.00	5.00	110	8.46	1.00	8.46	-	-	104	110
6-11	0.79	2.00	5.00	110	8.46	1.00	8.46	-	-	104	110
6-12	1.99	2.00	5.00	110	8.46	1.00	8.46	-	-	104	110
5-14	4.22	3.43	15.00	110	25.38	0.50	12.69	34.64	1.36	104	110
14-15	1.27	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
14-16	0.52	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
14-17	0.45	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
14-18	1.19	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
14-19	2.77	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
24-25	4.08	3.81	21.00	110	35.53	0.45	15.89	37.99	1.50	104	110
25-26	0.65	2.00	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
25-27	2.23	2.00	5.00	110	8.46	1.00	8.46	-	-	104	110
25-28	1.85	2.00	5.00	110	8.46	1.00	8.46	-	-	104	110
25-29	0.73	2.00	5.00	110	8.46	1.00	8.46	-	-	104	110
25-30	1.33	2.00	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
25-31	1.78	2.00	2.00	40	3.38	1.00	3.38	-	-	34	40
24-33	2.87	4.93	15.00	110	25.38	0.50	12.69	31.50	1.55	104	110
33-34	2.93	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
33-35	1.35	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
33-36	0.59	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
33-37	0.37	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
33-38	1.10	2.00	3.00	50	5.08	1.00	5.08	-	-	44	50
Abreviaturas utilizadas											
L	Longitud medida sobre planos					Q _s	Caudal con simultaneidad (Q _b x k)				
i	Pendiente					Y/D	Nivel de llenado				
UDs	Unidades de desagüe					v	Velocidad				
D _{min}	Diámetro nominal mínimo					D _{int}	Diámetro interior comercial				
Q _b	Caudal bruto					D _{com}	Diámetro comercial				
K	Coeficiente de simultaneidad										

Tabla 9. Acometida 1: Red de pequeña evacuación

Bajantes con ventilación primaria						
Ref.	L (m)	UDs	D _{min} (mm)	Q _t (m ³ /h)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
6-13	6.01	21.00	110	15.89	103	110
14-20	5.83	15.00	110	12.69	103	110
25-32	5.50	21.00	110	15.89	103	110
33-39	5.79	15.00	110	12.69	103	110
Abreviaturas utilizadas						
Ref.	Referencia en planos			Q _t	Caudal total	
L	Longitud medida sobre planos			D _{int}	Diámetro interior comercial	
UDs	Unidades de desagüe			D _{com}	Diámetro comercial	
D _{min}	Diámetro nominal mínimo					

Tabla 10. Acometida 1: Bajantes con ventilación primaria

Colectores												
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico							
					Q _b (m ³ /h)	K	Q _s (m ³ /h)	Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)	
4-5	3.06	2.12	36.00	110	60.91	0.32	19.26	49.88	1.27	104	110	
Abreviaturas utilizadas												
L	Longitud medida sobre planos				Q _s	Caudal con simultaneidad (Q _b x k)						
i	Pendiente				Y/D	Nivel de llenado						
UDs	Unidades de desagüe				v	Velocidad						
D _{min}	Diámetro nominal mínimo				D _{int}	Diámetro interior comercial						
Q _b	Caudal bruto				D _{com}	Diámetro comercial						
K	Coeficiente de simultaneidad											

Tabla 11. Acometida 1: Colectores de residuales

Arquetas					
Ref.	L _{tr} (m)	i _c (%)	D _{sal} (mm)	Dimensiones comerciales (cm)	
3	4.54	2.33	110	100x100x105 cm	
4	7.10	2.00	110	70x70x85 cm	
5	3.06	2.12	110	50x50x65 cm	
24	3.07	1.60	110	50x50x65 cm	
Abreviaturas utilizadas					
Ref.	Referencia en planos			i _c	Pendiente del colector
L _{tr}	Longitud entre arquetas			D _{sal}	Diámetro del colector de salida

Tabla 12. Acometida 1: Arquetas de residuales

4.2.2 RED DE AGUAS PLUVIALES

Para el término municipal seleccionado (Cangas de Onís) la isoyeta es '10' y la zona pluviométrica 'A'. Con estos valores le corresponde una intensidad pluviométrica '90 mm/h'.

- ACOMETIDA 1

Canalones								
Tramo	A (m ²)	L (m)	i (%)	D _{min} (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico	
							Y/D (%)	v (m/s)
22-23	49.05	9.81	0.50	125	90.00	1.00	-	-
Abreviaturas utilizadas								
A	Área de descarga al canalón				I	Intensidad pluviométrica		
L	Longitud medida sobre planos				C	Coeficiente de escorrentía		
i	Pendiente				Y/D	Nivel de llenado		
D _{min}	Diámetro nominal mínimo				v	Velocidad		

Tabla 13. Acometida 1: Canalones

- ACOMETIDA 2

Canalones								
Tramo	A (m ²)	L (m)	i (%)	D _{min} (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico	
							Y/D (%)	v (m/s)
46-47	49.99	10.00	0.50	125	90.00	1.00	-	-
Abreviaturas utilizadas								
A	Área de descarga al canalón				I	Intensidad pluviométrica		
L	Longitud medida sobre planos				C	Coeficiente de escorrentía		
i	Pendiente				Y/D	Nivel de llenado		
D _{min}	Diámetro nominal mínimo				v	Velocidad		

Tabla 14. Acometida 2: Canalones

- ACOMETIDA 1

Bajantes (canalones)								
Ref.	A (m ²)	D _{min} (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico			
					Q (m ³ /h)	f	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
21-22	49.05	80	90.00	1.00	4.41	0.138	77	80
40-41	50.95	80	90.00	1.00	4.59	0.141	77	80
Abreviaturas utilizadas								
A	Área de descarga a la bajante			Q	Caudal			
D _{min}	Diámetro nominal mínimo			f	Nivel de llenado			
I	Intensidad pluviométrica			D _{int}	Diámetro interior comercial			
C	Coeficiente de escorrentía			D _{com}	Diámetro comercial			

Tabla 15. Acometida 1: Bajantes correspondientes a los canalones

Las bajantes serán de 125 milímetros de diámetro ya que es el mínimo que marca el CTE. Cype no tiene en su biblioteca tales medidas así que realiza los cálculos con bajantes de 80 milímetros.

- ACOMETIDA 2

Bajantes (canalones)								
Ref.	A (m ²)	D _{min} (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico			
					Q (m ³ /h)	f	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
45-46	49.99	80	90.00	1.00	4.50	0.139	77	80
49-50	50.00	80	90.00	1.00	4.50	0.139	77	80
Abreviaturas utilizadas								
A	Área de descarga a la bajante			Q	Caudal			
D _{min}	Diámetro nominal mínimo			f	Nivel de llenado			
I	Intensidad pluviométrica			D _{int}	Diámetro interior comercial			
C	Coeficiente de escorrentía			D _{com}	Diámetro comercial			

Tabla 16. Acometida 2: Bajantes correspondientes a los canalones

- ACOMETIDA 1

Colectores								
Tramo	L (m)	i (%)	D _{min} (mm)	Q _c (m ³ /h)	Cálculo hidráulico			
					Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
4-21	8.54	5.31	90	4.41	24.14	1.20	84	90
24-40	4.15	5.14	90	4.59	24.81	1.20	84	90
Abreviaturas utilizadas								
L	Longitud medida sobre planos			Y/D	Nivel de llenado			
i	Pendiente			v	Velocidad			
D _{min}	Diámetro nominal mínimo			D _{int}	Diámetro interior comercial			
Q _c	Caudal calculado con simultaneidad			D _{com}	Diámetro comercial			

Tabla 17. Acometida 1: Colectores de pluviales

- ACOMETIDA 2

Colectores								
Tramo	L (m)	i (%)	D _{min} (mm)	Q _c (m ³ /h)	Cálculo hidráulico			
					Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
42-43	1.10	3.18	110	9.00	29.53	1.20	104	110
43-44	3.38	3.16	110	9.00	30.14	1.20	102	110
44-45	2.94	19.07	90	4.50	17.75	1.90	84	90
44-48	13.79	5.57	110	4.50	18.46	1.20	102	110
48-49	3.11	5.22	90	4.50	24.48	1.20	84	90
Abreviaturas utilizadas								
L	Longitud medida sobre planos			Y/D	Nivel de llenado			
i	Pendiente			v	Velocidad			
D _{min}	Diámetro nominal mínimo			D _{int}	Diámetro interior comercial			
Q _c	Caudal calculado con simultaneidad			D _{com}	Diámetro comercial			

Tabla 18. Acometida 2: Colectores de pluviales

- ACOMETIDA 2

Arquetas					
Ref.	Ltr (m)	ic (%)	D _{sal} (mm)	Dimensiones comerciales (cm)	
44	3.38	3.16	110	100x100x115 cm	
48	13.79	5.57	110	50x50x60 cm	
Abreviaturas utilizadas					
Ref.	Referencia en planos			ic	Pendiente del colector
Ltr	Longitud entre arquetas			D _{sal}	Diámetro del colector de salida

Tabla 19. Acometida 2: Arquetas de pluviales

4.2.3 COLECTORES MIXTOS

- ACOMETIDA 1

Colectores											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D _{min} (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q _b (m ³ /h)	K	Q _s (m ³ /h)	Y/D (%)	v (m/s)	D _{int} (mm)	D _{com} (mm)
1-2	1.10	2.17	72.00	110	130.82	0.27	35.58	74.82	1.46	104	110
2-3	4.54	2.33	72.00	110	130.82	0.27	35.58	74.86	1.50	102	110
3-4	7.10	2.00	36.00	110	65.33	0.36	23.68	58.93	1.31	102	110
3-24	3.07	1.60	36.00	110	65.50	0.36	23.85	62.22	1.20	104	110
Abreviaturas utilizadas											
L	Longitud medida sobre planos					Q _s	Caudal con simultaneidad (Q _b x k)				
i	Pendiente					Y/D	Nivel de llenado				
UDs	Unidades de desagüe					v	Velocidad				
D _{min}	Diámetro nominal mínimo					D _{int}	Diámetro interior comercial				
Q _b	Caudal bruto					D _{com}	Diámetro comercial				
K	Coeficiente de simultaneidad										

Tabla 20. Acometida 1: Colectores mixtos

5. RED DE SANEAMIENTO 3D

A continuación, se exponen algunas imágenes de la nave para que se pueda observar en 3 dimensiones como es la instalación de saneamiento de agua y aireación en los vestuarios, y toda la instalación exterior.

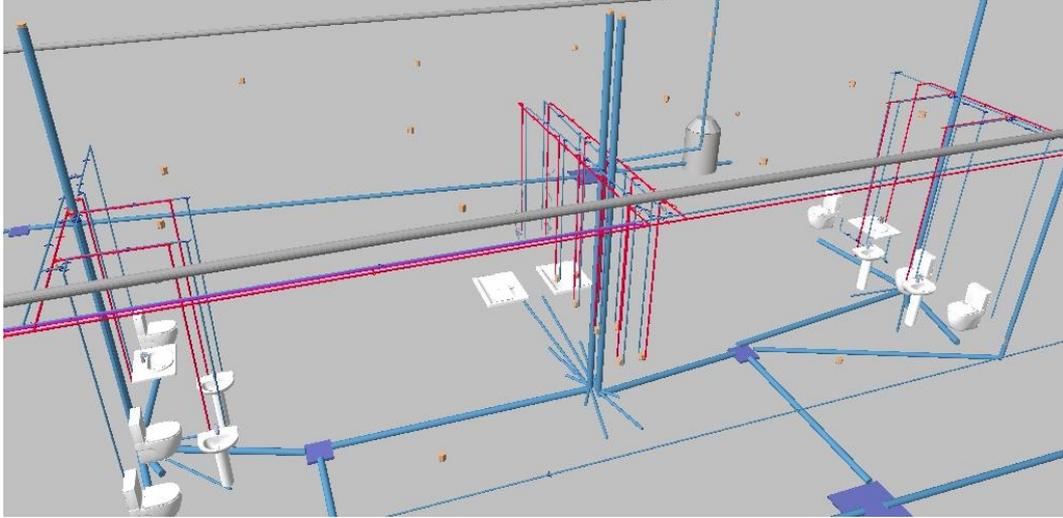


Figura 6. Detalle de saneamiento de agua y aireación de los vestuarios

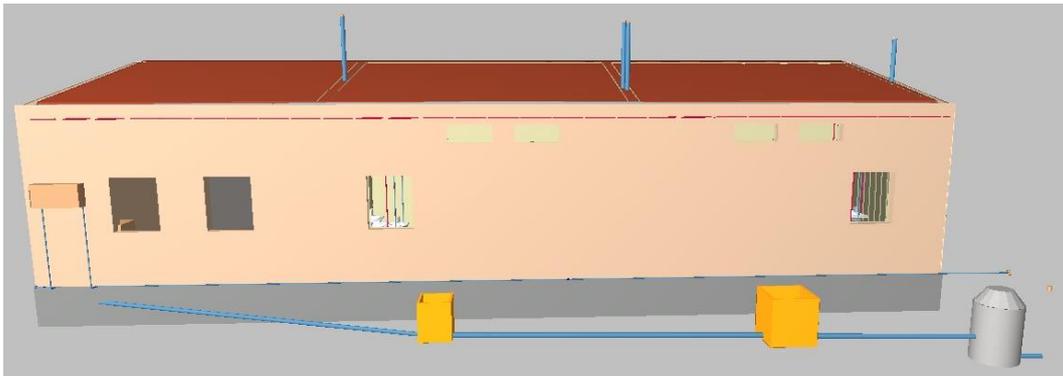


Figura 7. Detalle saneamiento y acometida 1

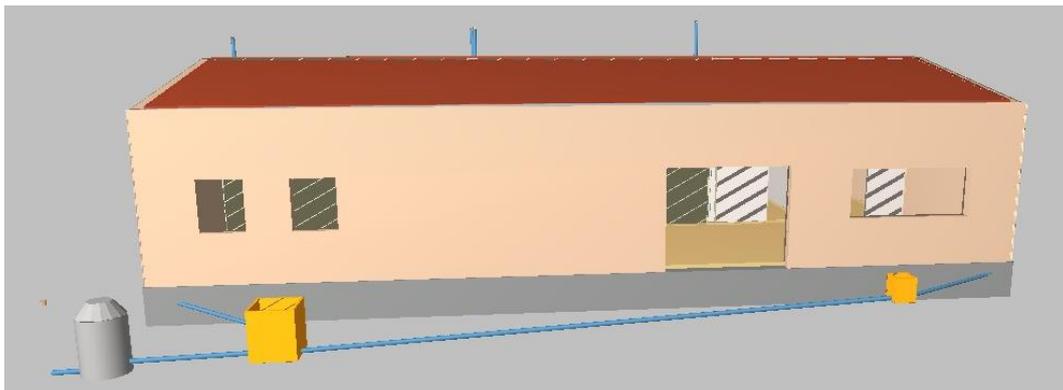


Figura 8. Detalle saneamiento y acometida 2

ANEJO 09: ILUMINACIÓN

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	283
2.	LEGISLACIÓN APLICABLE	283
3.	ILUMINACION INTERIOR	283
3.1	METODO DE CÁLCULO	283
3.2	NIVELES DE ILUMINACIÓN	285
3.2.1	ALUMBRADO NORMAL	285
3.2.2	ALUMBRADO DE EMERGENCIA	287
3.2.3	EFICIENCIA ENERGÉTICA	289
3.3	POTENCIA INSTALADA	291
3.4	LUMINARIAS	291
3.5	DISTRIBUCIÓN	292
4.	PROYECTO DE ILUMINACIÓN	293
4.1	ALUMBRADO INTERIOR	293
4.1.1	DESPACHO	293
4.1.2	ALMACÉN	297
4.1.3	VESTUARIO 1	301
4.1.4	VESTUARIO 2	305
4.1.5	RECEPCIÓN	308
4.2	CURVAS FOTOMÉTRICAS	312
4.2.1	DESPACHO Y ALMACÉN	312
4.2.2	VESTUARIOS	312
4.2.3	ASEOS	313
4.2.4	ASEOS ACCESIBLES	313
4.2.5	RECEPCIÓN	314

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo será el diseño de los elementos de las instalaciones de iluminación para cada recinto de la nave, definiendo la distribución y características de las luminarias utilizadas.

2. LEGISLACIÓN APLICABLE

Los cálculos se han realizado cumpliendo con las siguientes normativas:

- Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT)
- CTE DB-HE3. 2016 Eficiencia de las instalaciones de iluminación
- CTE DB-SUA4. Seguridad frente al riesgo causado por iluminación inadecuada
- ITC-BT Alumbrado normal y alumbrado de emergencia

3. ILUMINACION INTERIOR

Se deben tener en cuenta diferentes parámetros para un ambiente luminoso adecuado. Serán diferentes en función del tipo de espacio que vayan a alumbrar.

- Distribución de las luminarias
- Nivel de iluminación
- Direccionalidad de la luz
- Deslumbramiento

Los cálculos se realizarán mediante el programa CYPECAD MEP v2017.d.

A continuación, se analizará el método de cálculo, los elementos que componen la instalación y sus características:

3.1 METODO DE CÁLCULO

El programa CYPECAD MEP, realiza el cálculo de las instalaciones de iluminación mediante el método de “punto por punto”. Este método permite conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos.

Se considera que la iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes:

Por un lado, una componente directa producida por la luz llega al plano de trabajo directamente de las luminarias. Por otro lado, una componente indirecta o reflejada procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies del local.

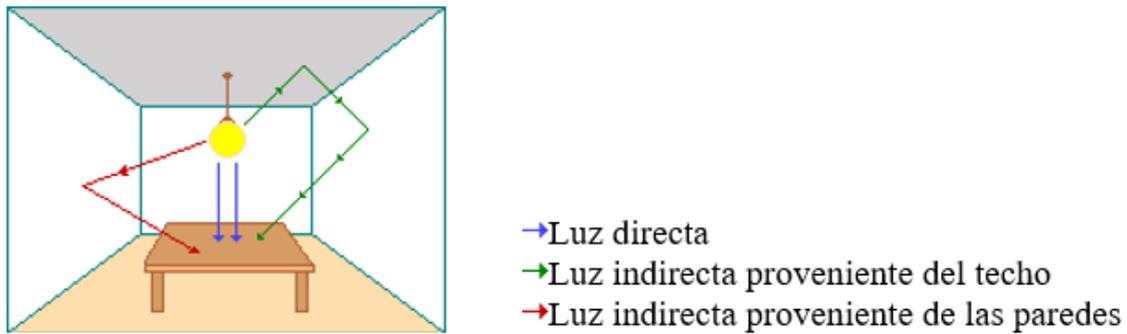


Figura 1. Componentes de la iluminancia

Como se aprecia en la figura 1 sólo unos pocos rayos de luz serán perpendiculares al plano de trabajo mientras que el resto serán oblicuos. Esto quiere decir que, de la luz incidente sobre un punto, sólo una parte servirá para iluminar el plano de trabajo y el resto iluminará el plano vertical a la dirección incidente en dicho punto.

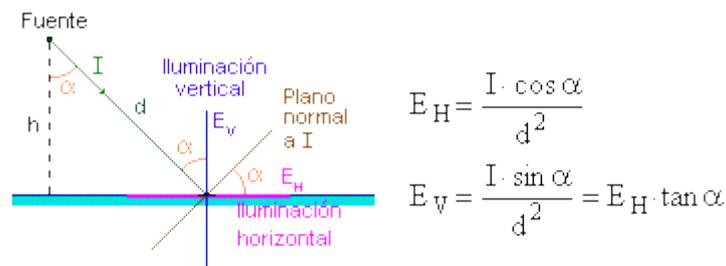


Figura 2. Componentes de la iluminancia en un punto

Siendo:

d: distancia de la luminaria al punto de la superficie (m)

α : ángulo formado por el rayo luminoso y la vertical de la luminaria

I: intensidad del flujo luminoso según la dirección del punto a la fuente. Puede obtenerse en diagramas polares de las luminarias o de la matriz de intensidades del catálogo del fabricante (candelas)

E_H : nivel de iluminancia en un punto de la superficie horizontal (lux)

E_V : nivel de iluminancia en un punto de la superficie vertical (lux)

En general, para imaginar la distribución de la iluminancia bastará con conocer los valores de la iluminancia sobre el plano de trabajo; es decir, la iluminancia horizontal. Sólo

interesará conocer la iluminancia vertical en casos en que se necesite tener un buen modelado de la forma de los objetos (deportes de competición, escaparates, estudios de televisión y cine, retransmisiones deportivas...) o iluminar objetos en posición vertical (obras de arte, cuadros, esculturas, pizarras, fachadas...).

Para utilizar el método del punto por punto se necesita conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos se pueden empezar a calcular las iluminancias. Cuantos más puntos se calculen, más información se tendrá sobre la distribución de la luz. Esto es particularmente importante si se trazan los diagramas isolux de la instalación.

Como ya se ha mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación directa más la de la iluminación indirecta. Por lo tanto:

$$E = E_{\text{directa}} + E_{\text{indirecta}}$$

3.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN

Los niveles de iluminación dependen del uso que se le dé al recinto y la actividad que en él se desarrolla, ya que las exigencias visuales son diferentes en un vestuario que en un mostrador de recepción.

Los valores mínimos en función del tipo de alumbrado se muestran la siguiente tabla:

3.2.1 ALUMBRADO NORMAL

Zona			NORMA	PROYECTO
			Iluminancia mínima [lux]	
Exterior	Exclusiva para personas	Escaleras	20	
		Resto de zonas	20	
	Para vehículos o mixtas		20	
Interior	Exclusiva para personas	Escaleras	100	
		Resto de zonas	100	107
	Para vehículos o mixtas		50	
Factor de uniformidad media			$fu \geq 40 \%$	70 %

Tabla 1. Valores mínimos de iluminación en un alumbrado normal

Cumplirá con la normativa del CTE en su documento DB SUA 4, que establece una iluminancia mínima de 100 luxes por el tipo de local que es la nave. Además, deberá cumplir que el factor de uniformidad media sea superior a 40%.

A continuación, se puede observar como todas las luminarias de los diferentes recintos cumplen con la normativa:

Administrativo en general												
VEEI máximo admisible: 3.00 W/m ²												
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas	Coefficiente de transmisión luminosa del vidrio de las ventanas del local	Ángulo de sombra
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m ²)	Em (lux)	UGR	Ra	T	θ (°)		
Planta baja	Despacho (Oficinas)	1	27	0.80	52.00	3.00	2.30	156.11	0.0	85.0	0.06	90.0

Zonas comunes												
VEEI máximo admisible: 6.00 W/m ²												
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas	Coefficiente de transmisión luminosa del vidrio de las ventanas del local	Ángulo de sombra
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m ²)	Em (lux)	UGR	Ra	T	θ (°)		
Planta baja	Vestuario 2 (Aseo de planta)	1	81	0.80	244.40	0.55	5.30	134.91	16.0	85.0	0.04	90.0
Planta baja	Vestuario 1 (Aseo de planta)	1	77	0.80	244.40	0.56	5.20	136.99	17.0	85.0	0.03	90.0

Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas												
VEEI máximo admisible: 4.00 W/m ²												
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas	Coefficiente de transmisión luminosa del vidrio de las ventanas del local	Ángulo de sombra
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m ²)	Em (lux)	UGR	Ra	T	θ (°)		
Planta baja	Almacén (Almacén / Archivo)	1	29	0.80	52.00	2.92	2.30	151.73	0.0	85.0	0.06	90.0

Zonas comunes												
VEEI máximo admisible: 6.00 W/m ²												
Planta	Recinto	Índice del local	Número de puntos considerados en el proyecto	Factor de mantenimiento previsto	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.	Eficiencia de las lámparas utilizadas en el local	Valor de eficiencia energética de la instalación	Iluminancia media horizontal mantenida	Índice de deslumbramiento unificado	Índice de rendimiento de color de las lámparas	Coefficiente de transmisión luminosa del vidrio de las ventanas del local	Ángulo de sombra
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m ²)	Em (lux)	UGR	Ra	T	θ (°)		
Planta baja	Recepción (Vestíbulo de entrada)	1	91	0.80	390.00	0.39	2.50	153.32	15.0	85.0	0.05	90.0

Tabla 2. Niveles de iluminación por recinto. FUENTE: CYPECAD MEP

3.2.2 ALUMBRADO DE EMERGENCIA

- DOTACIÓN

La nave dispondrá de un alumbrado de emergencia que, en caso de fallo del alumbrado normal, suministre la iluminación necesaria para facilitar la visibilidad a los usuarios de manera que puedan abandonar el edificio, evite las situaciones de pánico y permita la visión de las señales indicativas de las salidas y la situación de los equipos y medios de protección existentes.

Contarán con alumbrado de emergencia las zonas y los elementos siguientes:

Todo recinto cuya ocupación sea mayor que 100 personas

- Los recorridos desde todo origen de evacuación hasta el espacio exterior seguro y hasta las zonas de refugio, incluidas las propias zonas de refugio, según definiciones en el Anejo A de DB SI
- Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección contra incendios y los de riesgo especial, indicados en DB-SI 1
- Los aseos generales de planta en edificios de uso público
- Los lugares en los que se ubican cuadros de distribución o de accionamiento de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas
- Las señales de seguridad
- Los itinerarios accesibles.

- POSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS LUMINARIAS

Con el fin de proporcionar una iluminación adecuada las luminarias cumplirán las siguientes condiciones:

- Se situarán al menos a 2 m por encima del nivel del suelo. (Altura de colocación de luminarias en la nave: 3,51 metros)
- Se dispondrá una en cada puerta de salida y en posiciones en las que sea necesario destacar un peligro potencial o el emplazamiento de un equipo de seguridad. Como mínimo se dispondrán en los siguientes puntos:
 - En las puertas existentes en los recorridos de evacuación
 - En las escaleras, de modo que cada tramo de escaleras reciba iluminación directa
 - En cualquier otro cambio de nivel
 - En los cambios de dirección y en las intersecciones de pasillos

- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

La instalación deberá tener las siguientes características:

- La instalación será fija, estará provista de fuente propia de energía y debe entrar automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo de alimentación en la instalación de alumbrado normal en las zonas cubiertas por el alumbrado de emergencia. Se considera como fallo de alimentación el descenso de la tensión de alimentación por debajo del 70% de su valor nominal.
- El alumbrado de emergencia de las vías de evacuación debe alcanzar al menos el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de los 5 s y el 100% a los 60 s.
- La instalación cumplirá las condiciones de servicio que se indican a continuación durante una hora, como mínimo, a partir del instante en que tenga lugar el fallo:
 - En las vías de evacuación cuya anchura no exceda de 2 m, la iluminancia horizontal en el suelo debe ser, como mínimo, 1 lux a lo largo del eje central y 0,5 lux en la banda central que comprende al menos la mitad de la anchura de la vía. Las vías de evacuación con anchura superior a 2 m pueden ser tratadas como varias bandas de 2 m de anchura, como máximo.
 - En los puntos en los que estén situados los equipos de seguridad, las instalaciones de protección contra incendios de utilización manual y los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminancia horizontal será de 5 Lux, como mínimo.
 - A lo largo de la línea central de una vía de evacuación, la relación entre la iluminancia máxima y la mínima no debe ser mayor que 40:1.
 - Los niveles de iluminación establecidos deben obtenerse considerando nulo el factor de reflexión sobre paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y al envejecimiento de las lámparas.
 - Con el fin de identificar los colores de seguridad de las señales, el valor mínimo del índice de rendimiento cromático Ra de las lámparas será 40.

		PROYECTO
Vías de evacuación de anchura \leq 2m	Iluminancia en el eje central	1.58 luxes
	Iluminancia en la banda central	1.54 luxes
Relación entre iluminancia máxima y mínima a lo largo de la línea central		3:1
Valor mínimo del Índice de Rendimiento Cromático (Ra)		Ra = 80.00

Tabla 3. Condiciones de servicio garantizadas por la nave

- ILUMINACIÓN DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD

- La iluminación de las señales de evacuación indicativas de las salidas y de las señales indicativas de los medios manuales de protección contra incendios y de los de primeros auxilios, deben cumplir los siguientes requisitos:
 - La luminancia de cualquier área de color de seguridad de la señal debe ser al menos de 2 cd/m² en todas las direcciones de visión importantes
 - La relación de la luminancia máxima a la mínima dentro del color blanco o de seguridad no debe ser mayor de 10:1, debiéndose evitar variaciones importantes entre puntos adyacentes.
 - La relación entre la luminancia L_{Blanca} , y la luminancia $L_{Color} > 10$, no será menor que 5:1 ni mayor que 15:1.
 - Las señales de seguridad deben estar iluminadas al menos al 50% de la iluminancia requerida, al cabo de 5 s, y al 100% al cabo de 60 s.

		PROYECTO
Luminancia de cualquier área de color de seguridad		3 cd/m ²
Relación entre la luminancia máxima/mínima dentro del color blanco o de seguridad		10:1
Relación entre la luminancia L_{Blanca} , y la luminancia $L_{Color} > 10$		10:1
Tiempo en el que se debe alcanzar cada nivel de iluminación	≥ 50%	5 s
	100%	60 s

Tabla 4. Iluminación de las señales del proyecto

3.2.3 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La nave deberá cumplir con la normativa del CTE DB HE. Esta normativa tiene como objetivo establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de la eficiencia energética.

La nave dispondrá de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural, en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Tabla 5. Valores límite de eficiencia energética de la instalación FUENTE: CTE DB HE 3

En la siguiente tabla se muestra el cumplimiento de los diferentes recintos de la nave respecto a los límites de eficiencia energética que marca el CTE DB HE 3.

Recinto	Valor de eficiencia energética de la instalación VEEI (W/m ²)
Despacho (Oficinas)	2.30
Almacén (Almacén / Archivo)	2.30
Recepción (Vestibulo de entrada)	2.50
Vestuario 2 (Aseo de planta)	5.30
Vestuario 1 (Aseo de planta)	5.20

Tabla 6. Valor de la eficiencia energética de la instalación en cada recinto. FUENTE: CYPECAD MEP

3.3 POTENCIA INSTALADA

En la tabla 6 se observa la potencia instalada en la nave. La potencia límite para el tipo de edificio que es la nave proyectada es 12 W/m^2 . Como se observa en la tabla, la nave cumple con los valores mínimos de potencia ya que tiene una potencia total instalada por unidad de superficie iluminada de $5,03 \text{ W/m}^2$.

Tipo de uso: Locales y oficinas			
Potencia límite: $12,00 \text{ W/m}^2$			
Planta	Recinto	Superficie iluminada	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.
		S(m ²)	P (W)
Planta baja	Despacho (Oficinas)	14	52.00
Planta baja	Vestuario 2 (Aseo de planta)	34	244.40
Planta baja	Vestuario 1 (Aseo de planta)	34	244.40
Planta baja	Almacén (Almacén / Archivo)	15	52.00
Planta baja	Recepción (Vestíbulo de entrada)	99	390.00
TOTAL		195	982.80
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada: $P_{\text{tot}}/S_{\text{tot}} \text{ (W/m}^2\text{)}: 5.03$			

Tabla 7. Superficie iluminada respecto a la potencia total instalada

3.4 LUMINARIAS

En la nave proyectada se utilizarán 6 tipos de luminarias y todas irán empotradas en el falso techo. Éstas se muestran en la siguiente tabla:

N°	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
1	mt34aem010d	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes, carcasa de 245x110x58 mm, clase II, IP 42, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 1 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h.	9,00 Ud
2	mt34aem012	Marco de empotrar, para luminaria de emergencia.	9,00 Ud
3	mt34lam010cp	Luminaria de empotrar modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W, con cuerpo de luminaria de chapa de acero lacado en color blanco y lamas transversales estriadas; reflector de aluminio brillante; balasto magnético; protección IP 20 y aislamiento clase F.	4,00 Ud
4	mt34ode170aa	Luminaria de empotrar cuadrada (modular), de 597x597 mm, para 3 lámparas fluorescentes T5 de 14 W, rendimiento 69%, cuerpo de luminaria de chapa de acero termoesmaltado en color blanco; óptica formada por lamas longitudinales y transversales parabólicas de aluminio acabado semimate; balasto electrónico; protección IP 20 y aislamiento clase F.	2,00 Ud
5	mt34ode180ve	Luminaria de empotrar rectangular, de 1200x300 mm, para 2 lámparas fluorescentes T5 de 28 W, rendimiento 62%, cuerpo de luminaria de chapa de acero termoesmaltado en color blanco; óptica formada por lamas longitudinales y transversales parabólicas de chapa de acero termoesmaltado en color blanco; balasto electrónico; protección IP 20 y aislamiento clase F.	6,00 Ud
6	mt34ode540aa	Luminaria, de 597x37x30 mm, para 18 led de 1 W, cuerpo de luminaria de aluminio extruido termoesmaltado en color blanco; óptica extensiva; difusor opal; balasto electrónico; protección IP 20 y aislamiento clase F.	4,00 Ud
7	mt34ode540gb	Luminaria, de 1188x37x30 mm, para 36 led de 1 W, cuerpo de luminaria de aluminio extruido termoesmaltado en color blanco; óptica extensiva; difusor opal; balasto electrónico; protección IP 20 y aislamiento clase F.	2,00 Ud

Tabla 8. Listado de luminarias utilizadas

3.5 DISTRIBUCIÓN

En la siguiente figura se observa la distribución que tomarán las luminarias instaladas en los diferentes recintos de la nave.

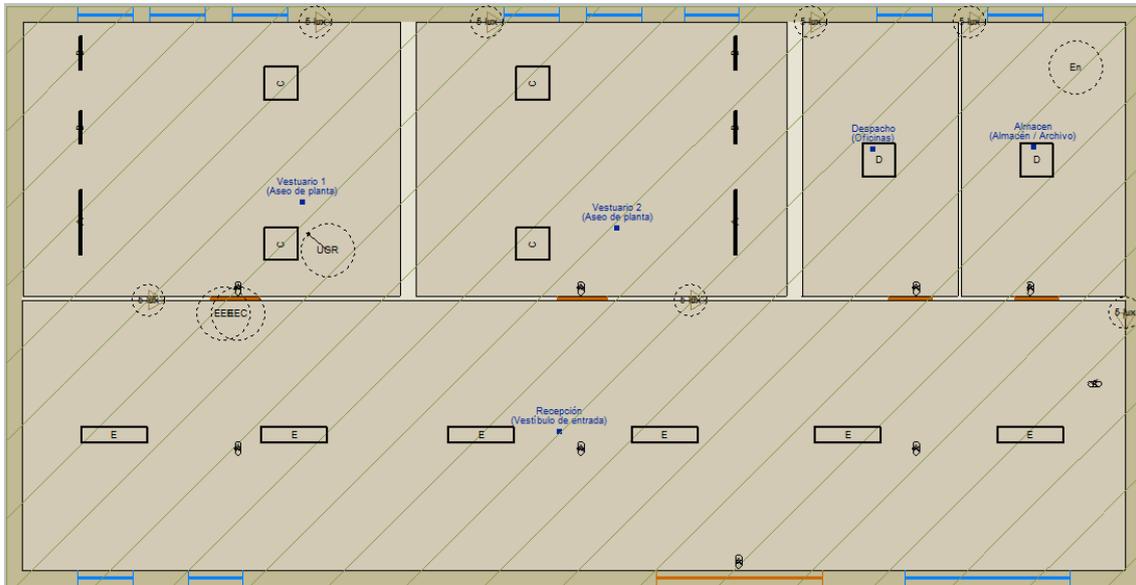


Figura 3. Distribución de las luminarias

4. PROYECTO DE ILUMINACIÓN

En los siguientes apartados, se podrán observar todos los cálculos de las diferentes luminarias utilizadas para cada recinto de la nave.

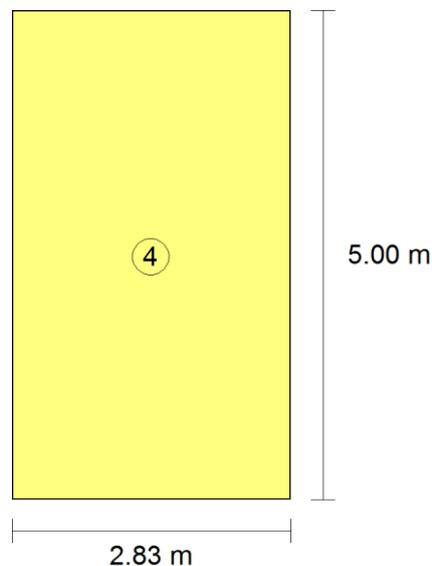
4.1 ALUMBRADO INTERIOR

4.1.1 DESPACHO

RECINTO			
Referencia:	Despacho (Oficinas)	Planta:	Planta baja
Superficie:	14.1 m ²	Altura libre:	4.45 m Volumen: 62.9 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	1.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.72
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

Disposición de las luminarias

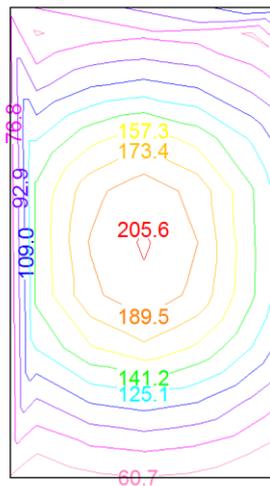


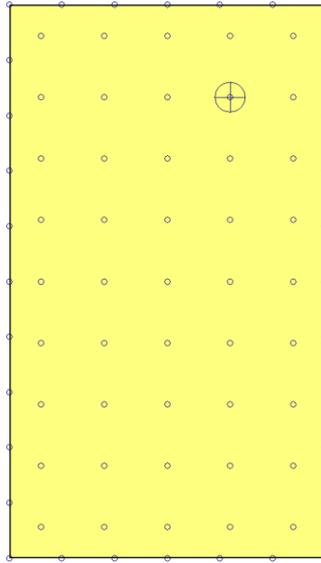
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
4	1	Luminaria de empotrar cuadrada (modular), de 597x597 mm, para 3 lámparas fluorescentes T5 de 14 W, rendimiento 69%	4050	78	69	1 x 52.0
						Total = 52.0 W

Valores de cálculo obtenidos

Iluminancia mínima:	107.44 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	156.11 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	0.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	2.30 W/m ²
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:	3.68 W/m ²
Factor de uniformidad:	68.82 %

Valores calculados de iluminancia



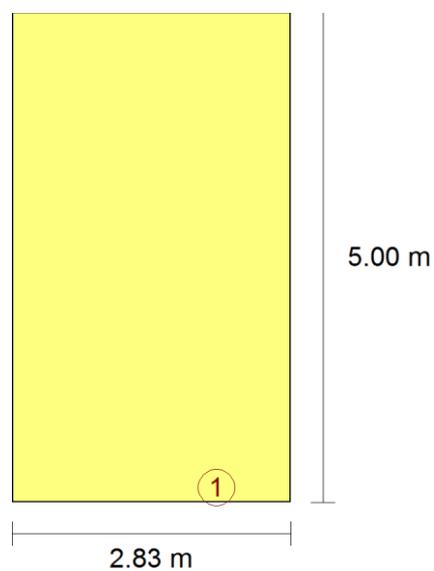
Posición de los valores pésimos calculados

⊕ Iluminancia mínima (107.44 lux)

○ Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 77)

Alumbrado de emergencia

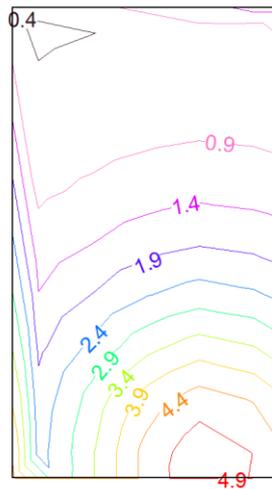
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Disposición de las luminarias

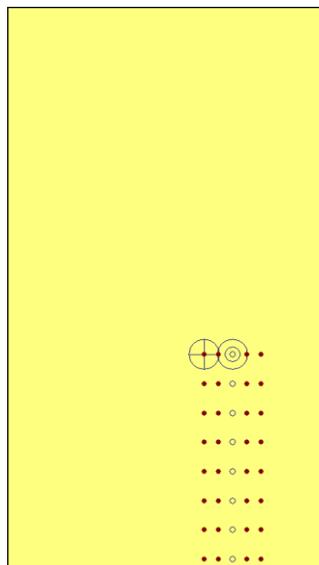
N°	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	1.85 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	1.82 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	1.45
Altura sobre el nivel del suelo:	3.51 m

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



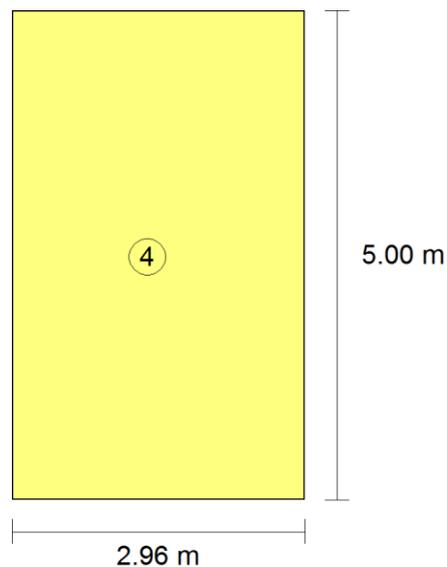
- ⊙ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (1.85 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (1.82 lux)
- Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 8)
- Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 32)

4.1.2 ALMACÉN

RECINTO			
Referencia:	Almacén (Almacén / Archivo)	Planta:	Planta baja
Superficie:	14.8 m ²	Altura libre:	4.45 m Volumen: 66.0 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	1.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.74
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

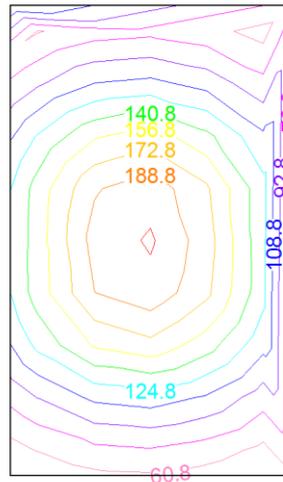
Disposición de las luminarias

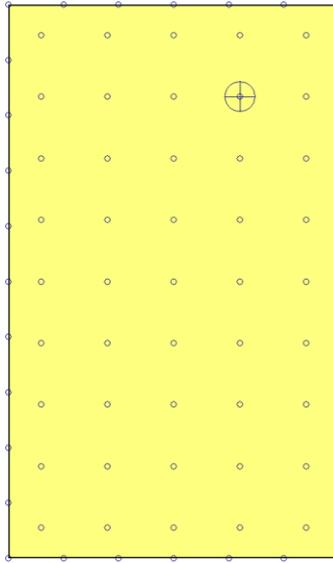


Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
4	1	Luminaria de empotrar cuadrada (modular), de 597x597 mm, para 3 lámparas fluorescentes T5 de 14 W, rendimiento 69%	4050	78	69	1 x 52.0
						Total = 52.0 W

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia mínima:	103.15 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	151.73 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	0.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	2.30 W/m ²
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:	3.51 W/m ²
Factor de uniformidad:	67.98 %

Valores calculados de iluminancia



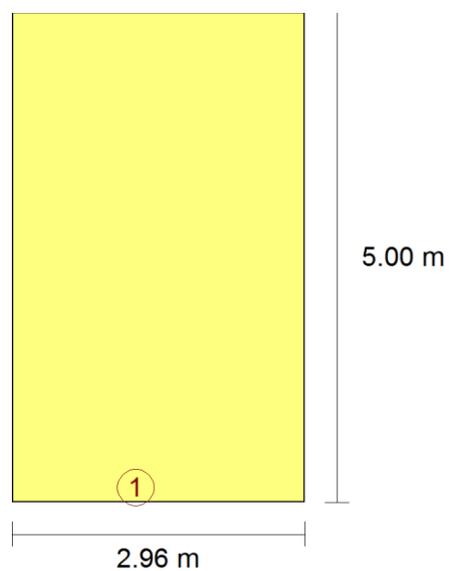
Posición de los valores pésimos calculados

⊕ Iluminancia mínima (103.15 lux)

○ Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 77)

Alumbrado de emergencia

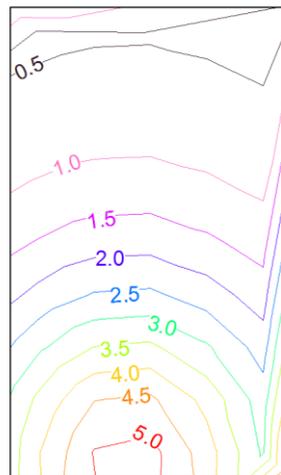
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Disposición de las luminarias

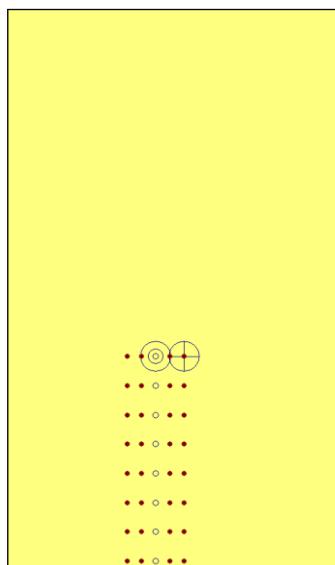
N°	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	1.86 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	1.82 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	1.45
Altura sobre el nivel del suelo:	3.51 m

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados



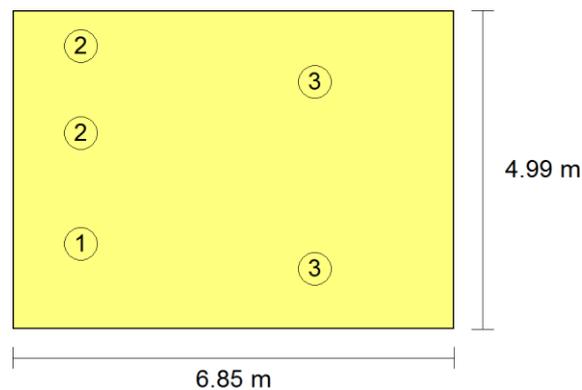
- ⊙ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (1.86 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (1.82 lux)
 - Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 8)
 - Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 32)

4.1.3 VESTUARIO 1

RECINTO			
Referencia:	Vestuario 1 (Aseo de planta)	Planta:	Planta baja
Superficie:	34.2 m ²	Altura libre:	4.45 m Volumen: 152.2 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.82
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

Disposición de las luminarias

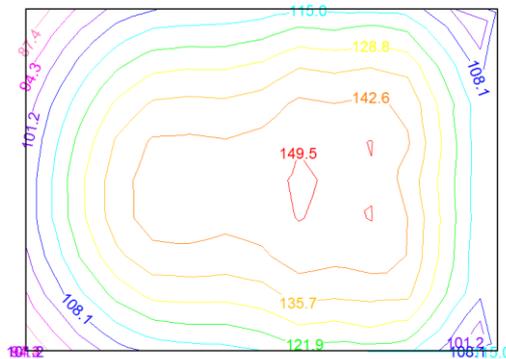


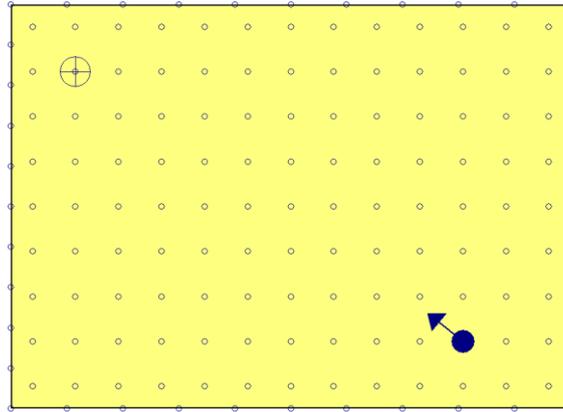
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	1	Luminaria, de 1188x37x30 mm, para 36 led de 1 W	1321	30	100	1 x 44.0
2	2	Luminaria, de 597x37x30 mm, para 18 led de 1 W	660	15	100	2 x 22.0
3	2	Luminaria de empotrar modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	26	92	2 x 78.2
						Total = 244.4 W

Valores de cálculo obtenidos

Iluminancia mínima:	110.46 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	136.99 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	17.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	5.20 W/m ²
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:	7.14 W/m ²
Factor de uniformidad:	80.63 %

Valores calculados de iluminancia



Posición de los valores pésimos calculados

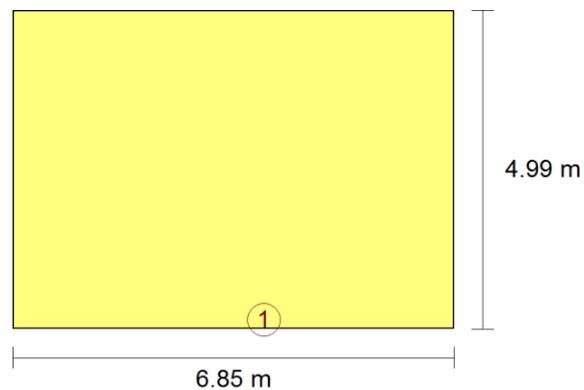
⊕ Iluminancia mínima (110.46 lux)

◄● Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 17.00)

○ Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 157)

Alumbrado de emergencia

Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Disposición de las luminarias

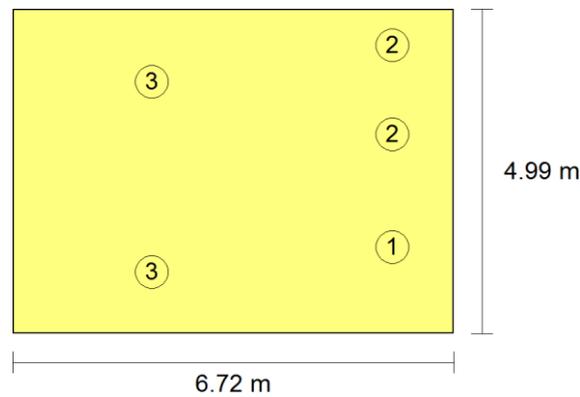
Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes

4.1.4 VESTUARIO 2

RECINTO			
Referencia:	Vestuario 2 (Aseo de planta)	Planta:	Planta baja
Superficie:	33.6 m ²	Altura libre:	4.45 m Volumen: 149.3 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	0.82
Número mínimo de puntos de cálculo:	4

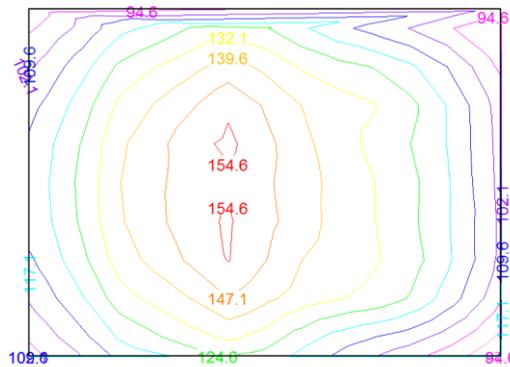
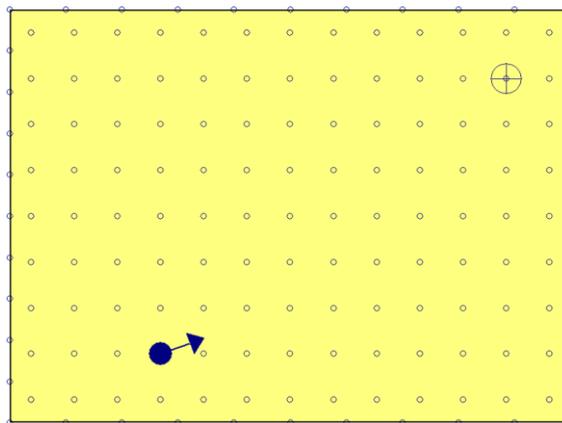
Disposición de las luminarias



Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	1	Luminaria, de 1188x37x30 mm, para 36 led de 1 W	1321	30	100	1 x 44.0
2	2	Luminaria, de 597x37x30 mm, para 18 led de 1 W	660	15	100	2 x 22.0
3	2	Luminaria de empotrar modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	26	92	2 x 78.2
						Total = 244.4 W

Valores de cálculo obtenidos

Iluminancia mínima:	109.65 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	134.91 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	16.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	5.30 W/m ²
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:	7.28 W/m ²
Factor de uniformidad:	81.28 %

Valores calculados de iluminancia**Posición de los valores pésimos calculados**

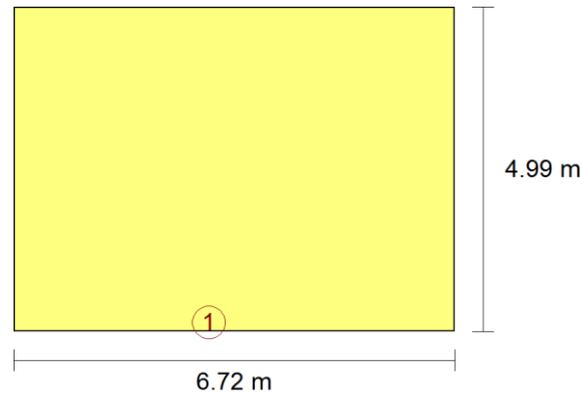
⊕ Iluminancia mínima (109.65 lux)

←● Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 16.00)

○ Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 157)

Alumbrado de emergencia

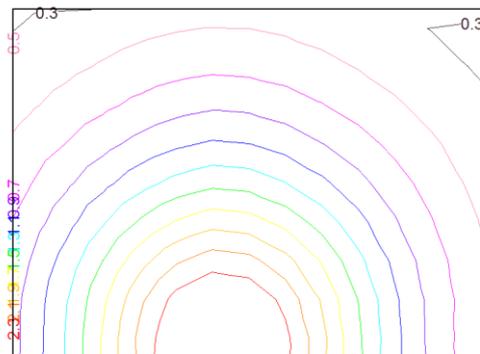
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Disposición de las luminarias

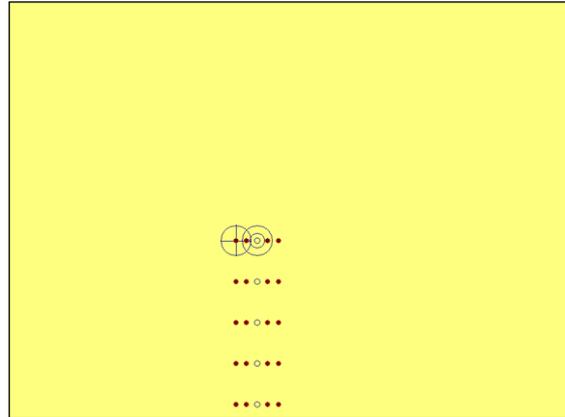
Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos

Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	1.70 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	1.67 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	1.59
Altura sobre el nivel del suelo:	3.51 m

Valores calculados de iluminancia

Posición de los valores pésimos calculados



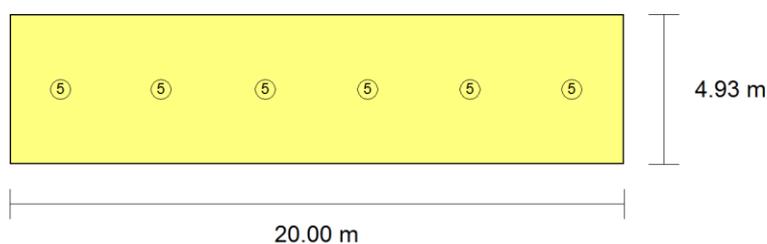
- ⊙ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (1.70 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (1.67 lux)
- Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 5)
- Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 20)

4.1.5 RECEPCIÓN

RECINTO	
Referencia: Recepción (Vestíbulo de entrada)	Planta: Planta baja
Superficie: 98.6 m ²	Altura libre: 4.45 m Volumen: 438.3 m ³

Alumbrado normal	
Altura del plano de trabajo:	0.00 m
Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):	0.85 m
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.20
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.50
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.70
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice del local (K):	1.13
Número mínimo de puntos de cálculo:	9

Disposición de las luminarias

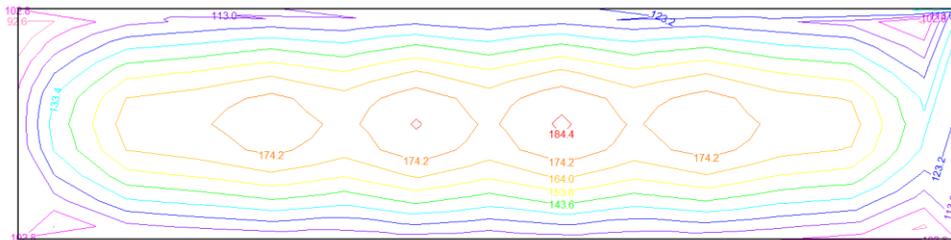


Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
5	6	Luminaria de empotrar rectangular, de 1200x300 mm, para 2 lámparas fluorescentes T5 de 28 W, rendimiento 62%	5800	15	63	6 x 65.0
						Total = 390.0 W

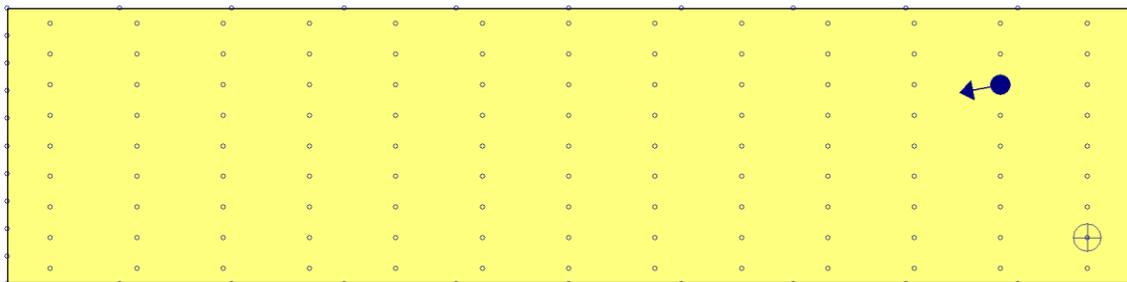
Valores de cálculo obtenidos

Iluminancia mínima:	107.16 lux
Iluminancia media horizontal mantenida:	153.32 lux
Índice de deslumbramiento unificado (UGR):	15.00
Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):	2.50 W/m ²
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:	3.96 W/m ²
Factor de uniformidad:	69.89 %

Valores calculados de iluminancia



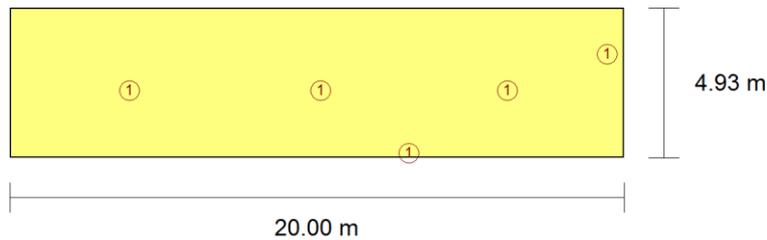
Posición de los valores pésimos calculados



- ⊕ Iluminancia mínima (107.16 lux)
- ◀ Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 15.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 157)

Alumbrado de emergencia

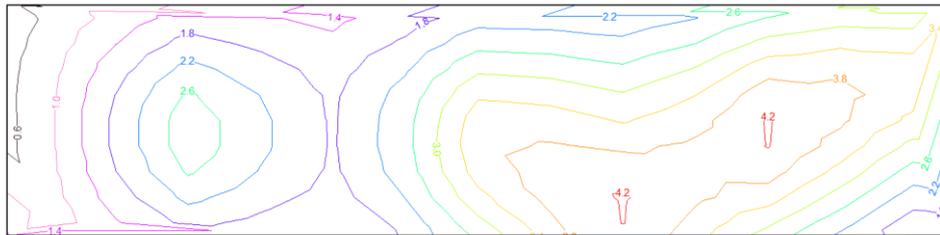
Coefficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coefficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coefficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	80.00

Disposición de las luminarias

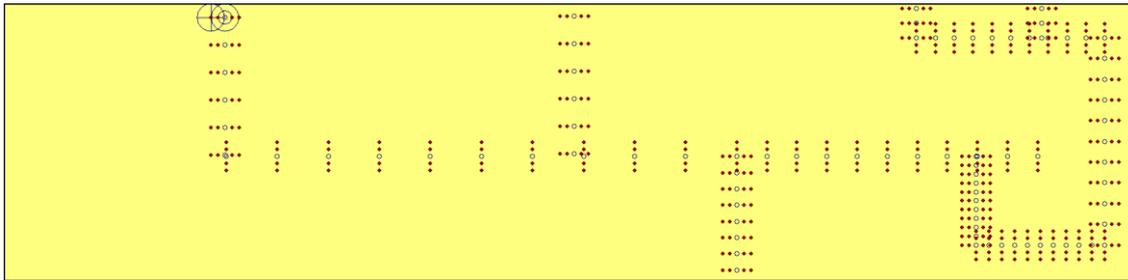
Nº	Cantidad	Descripción
1	5	Luminaria de emergencia, con tubo lineal fluorescente, 6 W - G5, flujo luminoso 155 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos

Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	1.58 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	1.54 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	2.70
Altura sobre el nivel del suelo:	3.51 m

Valores calculados de iluminancia

Posición de los valores pésimos calculados



- ⊙ Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación (1.58 lux)
- ⊕ Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación (1.54 lux)
- ⊘ Punto de comprobación en el eje central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 92)
- Punto de comprobación en la banda central de las vías de evacuación (Número de puntos de cálculo: 368)

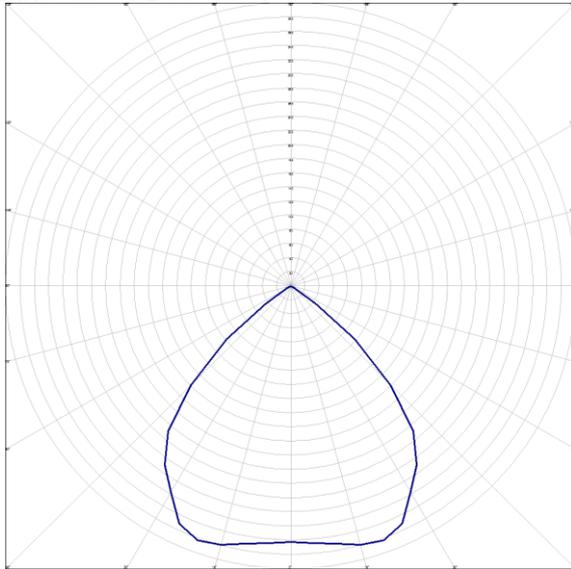
4.2 CURVAS FOTOMÉTRICAS

4.2.1 DESPACHO Y ALMACÉN

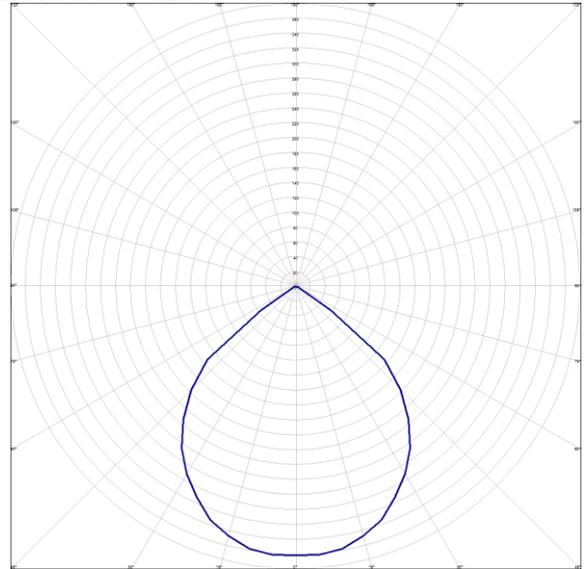
Luminaria de empotrar cuadrada (modular), de 597x597 mm, para 3 lámparas fluorescentes T5 de 14 W, rendimiento 69% (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 2)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

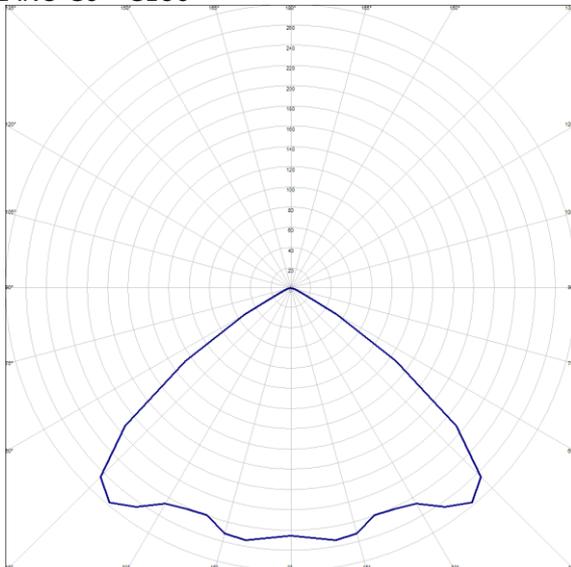


4.2.2 VESTUARIOS

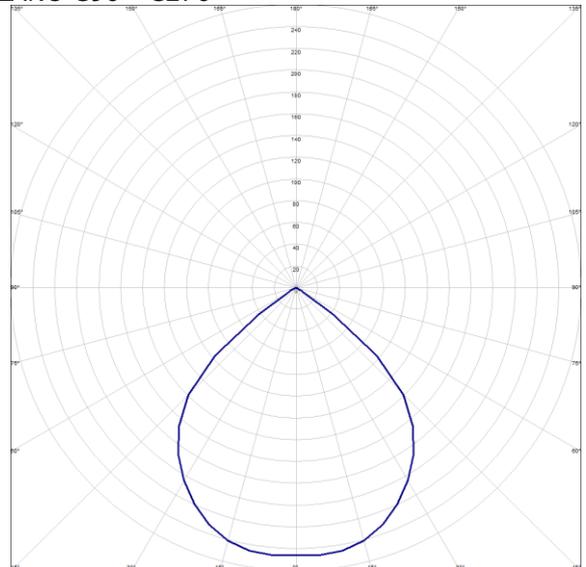
Luminaria de empotrar modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 4)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

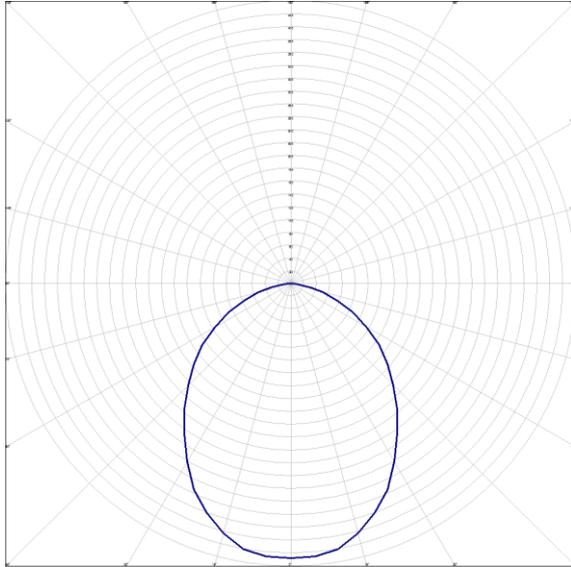


4.2.3 ASEOS

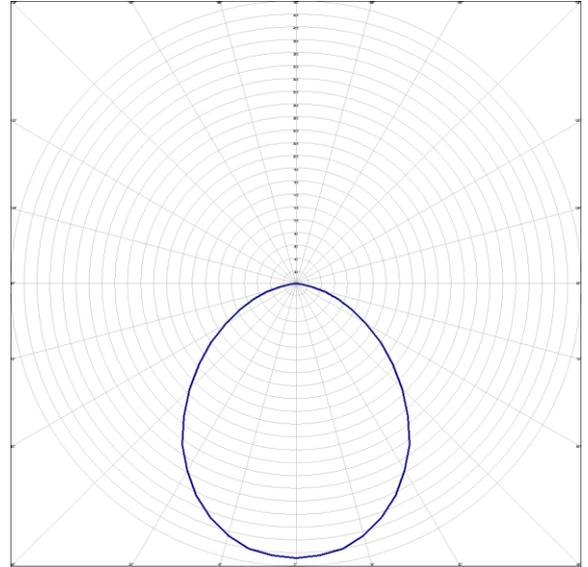
Luminaria, de 597x37x30 mm, para 18 led de 1 W (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 4)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

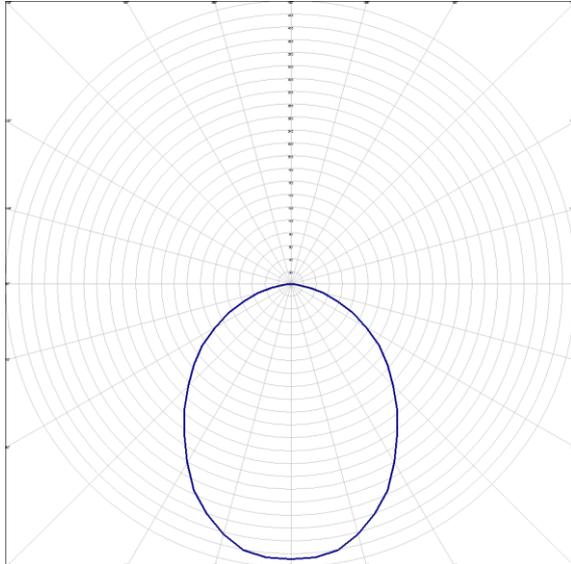


4.2.4 ASEOS ACCESIBLES

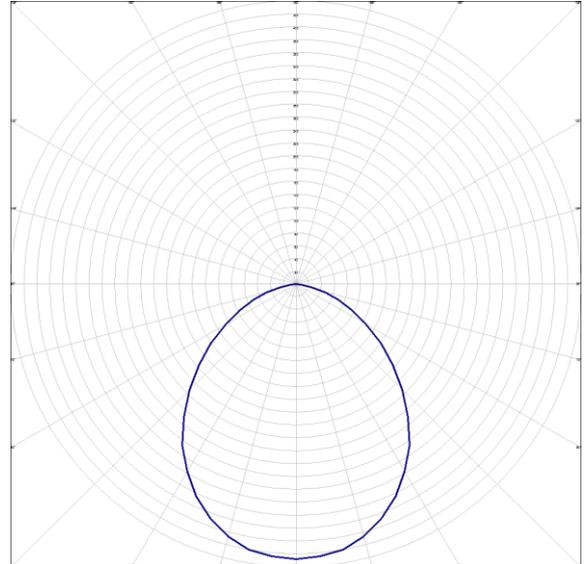
Luminaria, de 1188x37x30 mm, para 36 led de 1 W (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 2)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270

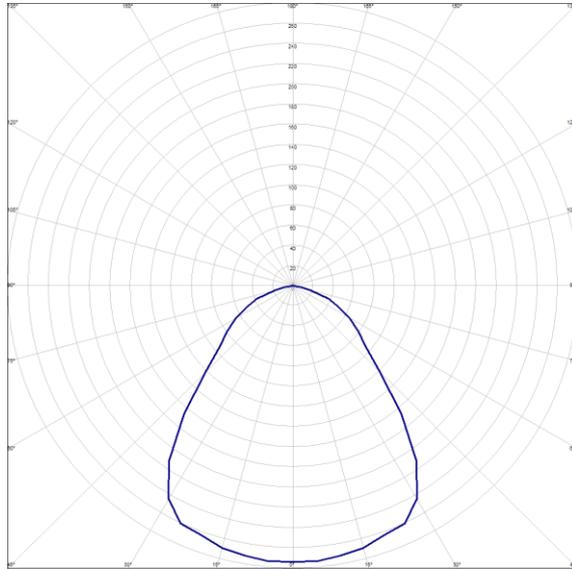


4.2.5 RECEPCIÓN

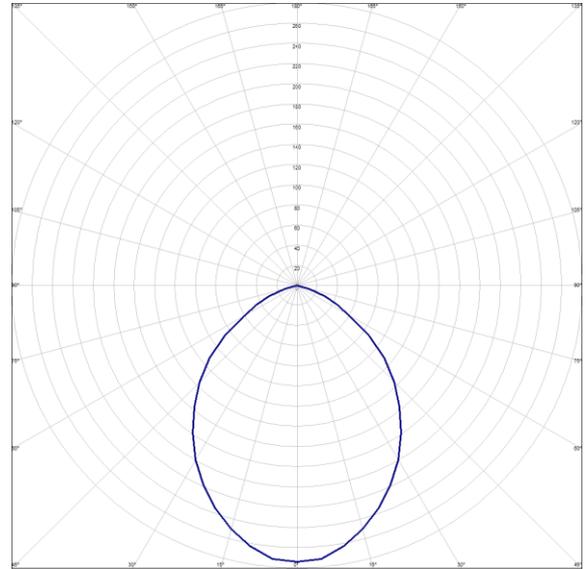
Luminaria de empotrar rectangular, de 1200x300 mm, para 2 lámparas fluorescentes T5 de 28 W, rendimiento 62% (Número total de luminarias utilizadas en el proyecto: 6)

Curvas fotométricas

PLANO C0 - C180



PLANO C90 - C270



ANEJO 10: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	315
2.	LEGISLACIÓN APLICABLE	315
3.	POTENCIA TOTAL PREVISTA DE LA INSTALACIÓN	316
4.	INSTALACIÓN	317
4.1	CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN	317
4.2	LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN	317
4.3	CONCENTRACIÓN DE CONTADORES	318
4.4	DERIVACIONES INDIVIDUALES.....	319
4.5	INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS	319
4.6	AGUA CALIENTE SANITARIA Y CLIMATIZACIÓN	320
5.	BASES DE CÁLCULO	321
5.1	SECCIÓN DE LAS LÍNEAS	321
5.1.1	SECCIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE O CALENTAMIENTO.....	321
5.1.2	SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN	322
5.1.3	SECCIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO	324
5.2	CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES	326
5.2.1	FUSIBLES.....	326
5.2.2	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.....	327
5.2.3	LIMITADORES DE SOBRETENSIÓN.....	329
5.2.4	PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES PERMANENTES....	329
5.3	CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA.....	329
5.3.1	DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	329
5.3.2	INTERRUPTORES DIFERENCIALES	330
6.	RESULTADOS DE CÁLCULO.....	331
6.1	DISTRIBUCIÓN DE FASES	331
6.2	CÁLCULOS	331
6.2.1	LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN.....	331
6.2.2	CONCENTRACIÓN DE CONTADORES.....	332
6.2.3	DERIVACIONES INDIVIDUALES	332
6.2.4	INSTALACIÓN INTERIOR.....	333
6.3	SIMBOLOGÍA Y NOMENCLATURA.....	335

6.3.1	LEYENDA	335
6.3.2	SIMBOLOGÍA.....	336

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este proyecto técnico es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación eléctrica, así como justificar, mediante los correspondientes cálculos, el cumplimiento del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT01 a BT51.

Los cálculos se realizarán mediante el programa CYPECAD MEP v2017.d.

2. LEGISLACIÓN APLICABLE

En la realización del proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

- REBT-2002: Reglamento electrotécnico de baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias.
- UNE-HD 60364-5-52: Instalaciones eléctricas de baja tensión. Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones.
- UNE 20-434-90: Sistema de designación de cables.
- UNE 20-435-90 Parte 2: Cables de transporte de energía aislados con dieléctricos secos extruidos para tensiones de 1 a 30 kV.
- UNE 20-460-90 Parte 4-43: Instalaciones eléctricas en edificios. Protección contra las sobrecargas.
- UNE 20-460-90 Parte 5-54: Instalaciones eléctricas en edificios. Puesta a tierra y conductores de protección.
- EN-IEC 60 947-2:1996: Aparata de baja tensión. Interruptores automáticos.
- EN-IEC 60 947-2:1996 Anexo B: Interruptores automáticos con protección incorporada por intensidad diferencial residual.
- EN-IEC 60 947-3:1999: Aparata de baja tensión. Interruptores, seccionadores, interruptores-seccionadores y combinados fusibles.
- EN-IEC 60 269-1: Fusibles de baja tensión.
- EN 60 898: Interruptores automáticos para instalaciones domésticas y análogas para la protección contra sobrecargas.

3. POTENCIA TOTAL PREVISTA DE LA INSTALACIÓN

La potencia total prevista a considerar en el cálculo de los conductores de las instalaciones de enlace será:

Para el cálculo de la potencia en locales y oficinas, al no disponer de las potencias reales instaladas, se asume un valor de 100 W/m², con un mínimo por local u oficina de 3450 W a 230 V y coeficiente de simultaneidad 1.

La potencia total demandada por la instalación será:

Potencia total	
Esquema	P _{Dem} (kW)
CGP-1	32.81
Potencia total demandada	32.81

Tabla 1. Potencia total demandada por la instalación

Dadas las características de la obra y los niveles de electrificación elegidos por el promotor, puede establecerse la potencia total instalada y demandada por la instalación:

Potencia total prevista por instalación: CGP-1	
Concepto	P Total (kW)
Llave de abonado (Cuadro de oficina)	10.938

Tabla 2. Potencia total prevista por la instalación

Para el cálculo de la potencia de los cuadros y subcuadros de distribución se tiene en cuenta la acumulación de potencia de los diferentes circuitos alimentados aguas abajo, aplicando una simultaneidad a cada circuito en función de la naturaleza de las cargas y multiplicando finalmente por un factor de acumulación que varía en función del número de circuitos.

Para los circuitos que alimentan varias tomas de uso general, dado que en condiciones normales no se utilizan todas las tomas del circuito, la simultaneidad aplicada para el cálculo de la potencia acumulada aguas arriba se realiza aplicando la fórmula:

$$P_{acum} = \left(0.1 + \frac{0.9}{N} \right) \cdot N \cdot P_{toma}$$

Finalmente, y teniendo en consideración que los circuitos de alumbrado y motores se acumulan directamente (coeficiente de simultaneidad 1), el factor de acumulación para el resto de circuitos varía en función de su número, aplicando la tabla:

Número de circuitos	Factor de simultaneidad
2 - 3	0.9
4 - 5	0.8
6 - 9	0.7
>= 10	0.6

Tabla 3. Factor de simultaneidad en función del número de circuitos

4. INSTALACIÓN

A continuación, se describen los elementos que compondrán la instalación eléctrica de la nave.

4.1 CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN

Las cajas generales de protección (CGP) alojan los elementos de protección de las líneas generales de alimentación y marcan el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

Se instalará una caja general de protección para cada esquema, con su correspondiente línea general de alimentación.

La caja general de protección se situará en zonas de acceso público.

Cuando las puertas de las CGP sean metálicas, deberán ponerse a tierra mediante un conductor de cobre.

Cuando el suministro sea para un único usuario o para dos usuarios alimentados desde el mismo lugar, conforme a la instrucción ITC-BT-12, al no existir línea general de alimentación, se simplifica la instalación colocando una caja de protección y medida (CPM).

4.2 LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN

La línea general de alimentación (LGA) enlaza la caja general de protección con una o varias centralizaciones de contadores.

La longitud, sección y protecciones de las líneas generales de alimentación, que posteriormente se justificarán en la Memoria Justificativa, se indican a continuación:

Línea general de alimentación			
Esquema	Longitud (m)	Línea	
CGP-1	1.03	RZ1-K (AS) 5G10	Tubo enterrado D=75 mm

Tabla 4. Características de la línea general de alimentación

La línea general de alimentación estará constituida por tres conductores de fase y un conductor de neutro. Discurriendo por la misma conducción se dispondrá del correspondiente conductor de protección, cuando la conexión del punto de puesta a tierra con el conductor de tierra general se realice en la C.G.P.

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se hará de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Cuando la línea general de alimentación se instale en el interior de tubos, el diámetro nominal será el indicado en la tabla del reglamento para esta parte de la instalación de enlace. En el caso de instalarse en otro tipo de canalización sus dimensiones serán tales que permitan ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100 por 100.

4.3 CONCENTRACIÓN DE CONTADORES

Cuando las diferentes concentraciones de contadores se encuentren en el mismo cuarto de contadores, se considerará una única centralización a efectos de establecer los límites de caída de tensión en las instalaciones de enlace.

Las centralizaciones de contadores (CC) estarán formadas por varios módulos destinados a albergar los siguientes elementos:

- Interruptor general de maniobra (IGM).
- Embarrado general y fusibles de seguridad.
- Aparatos de medida.
- Embarrado de protección y bornes de salida.
- Las protecciones correspondientes a la centralización de contadores aparecen en el apartado de derivaciones individuales.
- La centralización se instalará en un lugar específico para contadores eléctricos. Este recinto cumplirá las condiciones técnicas especificadas por la Compañía Suministradora.

Concentración de contadores			
Esquema	P _{Dem} (kW)	Longitud (m)	Protecciones Línea
CC-1	32.8	-	I: 160.00 A

Tabla 5. Características de la concentración de contadores

4.4 DERIVACIONES INDIVIDUALES

Las derivaciones individuales enlazan cada contador con su correspondiente cuadro general de mando y protección.

Para suministros monofásicos estarán formadas por un conductor de fase, un conductor de neutro y uno de protección, y para suministros trifásicos por tres conductores de fase, uno de neutro y uno de protección.

Los conductores de protección estarán integrados en sus derivaciones individuales y conectados a los embarrados de los módulos de protección de cada una de las centralizaciones de contadores de los edificios. Desde éstos, a través de los puntos de puesta a tierra, quedarán conectados a la red registrable de tierra del edificio.

A continuación, se detallan los resultados obtenidos para cada derivación:

Derivaciones individuales				
Plant a	Referencia	Longitud (m)	Línea	Tipo de instalación
0	Llave de abonado (Cuadro de oficina)	1.48	ES07Z1-K (AS) 3G16	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=50 mm

La ejecución de las canalizaciones y su tendido se hará de acuerdo con lo expresado en los documentos del presente proyecto.

Los tubos y canales protectoras que se destinen a contener las derivaciones individuales deberán ser de una sección nominal tal que permita ampliar la sección de los conductores inicialmente instalados en un 100%, siendo el diámetro exterior mínimo de 32 milímetros.

Se ha previsto la colocación de tubos de reserva desde la concentración de contadores hasta las viviendas o locales, para las posibles ampliaciones.

4.5 INSTALACIONES INTERIORES O RECEPTORAS

Los diferentes circuitos de las instalaciones de usos comunes se protegerán por separado mediante los siguientes elementos:

- Protección contra contactos indirectos: Se realiza mediante uno o varios interruptores diferenciales.
- Protección contra sobrecargas y cortocircuitos: Se lleva a cabo con interruptores automáticos magnetotérmicos o guardamotors de diferentes intensidades nominales, en función de la sección y naturaleza de los circuitos a proteger. Asimismo, se instalará un interruptor general para proteger la derivación individual.

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

Circuitos interiores de la instalación			
Referencia	Longitud (m)	Línea	Tipo de instalación
Llave de abonado (Cuadro de oficina)	-		
Sub-grupo 1	-		
C1 (iluminación)	141.08	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm
C2 (tomas)	126.09	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C13 (alumbrado de emergencia)	102.17	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm
C14 (Bomba de circulación (climatización)+Ventilador centrífugo en línea+Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	19.85	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C15 (Equipo de aire acondicionado (split))	45.46	H07V-K 3G4	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
Sub-grupo 2	-		
C7 (tomas)	41.81	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C16 (producción de A.C.S. / Calefacción)	1.55	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm

Tabla 6. Características de los circuitos interiores de la instalación

4.6 AGUA CALIENTE SANITARIA Y CLIMATIZACIÓN

La instalación incluye equipos para producción de A.C.S. y climatización, siendo su descripción, ubicación y potencia eléctrica la descrita en la siguiente tabla:

Equipos para producción de A.C.S. y climatización		
Descripción	Planta	P _{calc} [W]
Llave de abonado (Cuadro de oficina)		
Unidad exterior de aire acondicionado split 1x1	0	1590.0(monof.)
Unidad exterior de aire acondicionado split 1x1	0	1590.0(monof.)
Unidad exterior de aire acondicionado split 1x1	0	1590.0(monof.)
Caldera a gas para calefacción y ACS	0	500.0(monof.)

Tabla 7. Equipos para producción de ACS y climatización

5. BASES DE CÁLCULO

A continuación, se exponen los métodos de cálculo utilizados para el dimensionamiento de la instalación eléctrica de la nave.

5.1 SECCIÓN DE LAS LÍNEAS

La determinación reglamentaria de la sección de un cable consiste en calcular la sección mínima normalizada que satisface simultáneamente las tres condiciones siguientes:

- Criterio de la intensidad máxima admisible o de calentamiento.

La temperatura del conductor del cable, trabajando a plena carga y en régimen permanente, no debe superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada de los materiales que se utilizan para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 70°C para cables con aislamientos termoplásticos y de 90°C para cables con aislamientos termoestables.

- Criterio de la caída de tensión.

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el Reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable.

- Criterio para la intensidad de cortocircuito.

La temperatura que puede alcanzar el conductor del cable, como consecuencia de un cortocircuito o sobreintensidad de corta duración, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable. Esta temperatura se especifica en las normas particulares de los cables y es de 160°C para cables con aislamiento termoplásticos y de 250°C para cables con aislamientos termoestables.

5.1.1 SECCIÓN POR INTENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE O CALENTAMIENTO

En el cálculo de las instalaciones se ha comprobado que las intensidades de cálculo de las líneas son inferiores a las intensidades máximas admisibles de los conductores según la norma UNE-HD 60364-5-52, teniendo en cuenta los factores de corrección según el tipo de instalación y sus condiciones particulares.

$$I_c < I_z$$

INTENSIDAD DE CÁLCULO EN SERVICIO MONOFÁSICO

$$I_c = \frac{P_c}{U_f \cdot \cos \theta}$$

INTENSIDAD DE CÁLCULO EN SERVICIO TRIFÁSICO

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U_l \cdot \cos \theta}$$

siendo:

I_c : Intensidad de cálculo del circuito, en A

I_l : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

P_c : Potencia de cálculo, en W

U_f : Tensión simple, en V

U_l : Tensión compuesta, en V

$\cos \theta$: Factor de potencia

5.1.2 SECCIÓN POR CAÍDA DE TENSIÓN

De acuerdo a las instrucciones ITC-BT-14, ITC-BT-15 y ITC-BT-19 del REBT se verifican las siguientes condiciones:

En las instalaciones de enlace, la caída de tensión no debe superar los siguientes valores:

- En el caso de contadores concentrados en un único lugar
 - Línea general de alimentación: 0,5%
 - Derivaciones individuales: 1,0%
- En el caso de contadores concentrados en más de un lugar:
 - Línea general de alimentación: 1,0%
 - Derivaciones individuales: 0,5%

Para cualquier circuito interior de viviendas, la caída de tensión no debe superar el 3% de la tensión nominal.

Para el resto de circuitos interiores, la caída de tensión límite es de:

- Circuitos de alumbrado: 3,0%

- Resto de circuitos: 5,0%

Para receptores monofásicos la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = 2 \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

Para receptores trifásicos la caída de tensión viene dada por:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot L \cdot I_c \cdot (R \cos \varphi + X \sin \varphi)$$

siendo:

L: Longitud del cable, en metros.

X: Reactancia del cable, en Ω /km. Se considera despreciable hasta un valor de sección del cable de 120 mm². A partir de esta sección se considera un valor para la reactancia de 0,08 Ω /km.

R: Resistencia del cable, en Ω /m. Viene dada por:

$$R = \rho \cdot \frac{1}{S}$$

siendo:

ρ : Resistividad del material en $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S: Sección en mm²

Se comprueba la caída de tensión a la temperatura prevista de servicio del conductor, siendo ésta de:

$$T = T_0 + (T_{\text{max}} - T_0) \cdot \left(\frac{I_c}{I_z} \right)^2$$

siendo:

T: Temperatura real estimada en el conductor, en °C

T₀: Temperatura ambiente para el conductor (40°C para cables al aire y 25°C para cables enterrados)

T_{max}: Temperatura máxima admisible del conductor según su tipo de aislamiento (90°C para conductores con aislamientos termoestables y 70°C para conductores con aislamientos termoplásticos, según la tabla 2 de la instrucción ITC-BT-07).

Con ello la resistividad a la temperatura prevista de servicio del conductor es de:

$$\rho_T = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

para el cobre

$$\alpha = 0.00393^\circ\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{56} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

para el aluminio

$$\alpha = 0.00403^\circ\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^\circ\text{C}} = \frac{1}{35} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

5.1.3 SECCIÓN POR INTENSIDAD DE CORTOCIRCUITO

Se calculan las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas, tanto en cabecera 'I_{cc}' como en pie 'I_{ccp}', de cada una de las líneas que componen la instalación eléctrica, teniendo en cuenta que la máxima intensidad de cortocircuito se establece para un cortocircuito entre fases, y la mínima intensidad de cortocircuito para un cortocircuito fase-neutro.

Entre fases:

$$I_{cc} = \frac{U_i}{\sqrt{3} \cdot Z_t}$$

Fase y neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

siendo:

U_i: Tensión compuesta, en V

U_f: Tensión simple, en V

Z_t: Impedancia total en el punto de cortocircuito, en mΩ

I_{cc}: Intensidad de cortocircuito, en kA

La impedancia total en el punto de cortocircuito se obtiene a partir de la resistencia total y de la reactancia total de los elementos de la red aguas arriba del punto de cortocircuito:

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2}$$

siendo:

R_t : Resistencia total en el punto de cortocircuito.

X_t : Reactancia total en el punto de cortocircuito.

La impedancia total en cabecera se ha calculado teniendo en cuenta la ubicación del transformador y de la acometida.

En el caso de partir de un transformador se calcula la resistencia y reactancia del transformador aplicando la formulación siguiente:

$$R_{cc,T} = \frac{\varepsilon_{R_{cc,T}} \cdot U_i^2}{S_n}$$

$$X_{cc,T} = \frac{\varepsilon_{X_{cc,T}} \cdot U_i^2}{S_n}$$

siendo:

$R_{cc,T}$: Resistencia de cortocircuito del transformador, en $m\Omega$

$X_{cc,T}$: Reactancia de cortocircuito del transformador, en $m\Omega$

$\varepsilon_{R_{cc,T}}$: Tensión resistiva de cortocircuito del transformador

$\varepsilon_{X_{cc,T}}$: Tensión reactiva de cortocircuito del transformador

S_n : Potencia aparente del transformador, en kVA

En el caso de introducir la intensidad de cortocircuito en cabecera, se estima la resistencia y reactancia de la acometida aguas arriba que genere la intensidad de cortocircuito indicada.

5.2 CÁLCULO DE LAS PROTECCIONES

5.2.1 FUSIBLES

Los fusibles protegen a los conductores frente a sobrecargas y cortocircuitos.

Se comprueba que la protección frente a sobrecargas cumple que:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

siendo:

I_c : Intensidad que circula por el circuito, en A

I_n : Intensidad nominal del dispositivo de protección, en A

I_z : Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

I_2 : Intensidad de funcionamiento de la protección, en A. En el caso de los fusibles de tipo gG se toma igual a 1,6 veces la intensidad nominal del fusible.

Frente a cortocircuito se verifica que los fusibles cumplen que:

- El poder de corte del fusible " I_{cu} " es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse.
- Cualquier intensidad de cortocircuito que puede presentarse se debe interrumpir en un tiempo inferior al que provocaría que el conductor alcanzase su temperatura límite (160°C para cables con aislamientos termoplásticos y 250°C para cables con aislamientos termoestables), comprobándose que:

$$I_{cc,5s} > I_f$$

$$I_{cc} > I_f$$

siendo:

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito en la línea que protege el fusible, en A

I_f : Intensidad de fusión del fusible en 5 segundos, en A

$I_{cc,5s}$: Intensidad de cortocircuito en el cable durante el tiempo máximo de 5 segundos, en A. Se calcula mediante la expresión:

$$I_{cc} = \frac{k \cdot S}{\sqrt{t}}$$

siendo:

S: Sección del conductor, en mm²

t: tiempo de duración del cortocircuito, en s

k: constante que depende del material y aislamiento del conductor

	PVC XLPE	
	Cu 115	143
Al	76	94

La longitud máxima de cable protegida por un fusible frente a cortocircuito se calcula como sigue:

$$L_{max} = \frac{U_f}{I_f \cdot \sqrt{(R_f + R_n)^2 + (X_f + X_n)^2}}$$

siendo:

R_f: Resistencia del conductor de fase, en Ω/km

R_n: Resistencia del conductor de neutro, en Ω/km

X_f: Reactancia del conductor de fase, en Ω/km

X_n: Reactancia del conductor de neutro, en Ω/km

5.2.2 INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS

Al igual que los fusibles, los interruptores automáticos protegen frente a sobrecargas y cortocircuito.

Se comprueba que la protección frente a sobrecargas cumple que:

$$I_B \leq I_n \leq I_c$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_c$$

siendo:

I_c: Intensidad que circula por el circuito, en A

I₂: Intensidad de funcionamiento de la protección. En este caso, se toma igual a 1,45 veces la intensidad nominal del interruptor automático.

Frente a cortocircuito se verifica que los interruptores automáticos cumplen que:

- El poder de corte del interruptor automático 'Icu' es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse en cabecera del circuito.
- La intensidad de cortocircuito mínima en pie del circuito es superior a la intensidad de regulación del disparo electromagnético 'Imag' del interruptor automático según su tipo de curva.

	Imag
Curva B	5 x In
Curva C	10 x In
Curva D	20 x In

- El tiempo de actuación del interruptor automático es inferior al que provocaría daños en el conductor por alcanzarse en el mismo la temperatura máxima admisible según su tipo de aislamiento. Para ello, se comparan los valores de energía específica pasante ($I^2 \cdot t$) durante la duración del cortocircuito, expresados en $A^2 \cdot s$, que permite pasar el interruptor, y la que admite el conductor.
- Para esta última comprobación se calcula el tiempo máximo en el que debería actuar la protección en caso de producirse el cortocircuito, tanto para la intensidad de cortocircuito máxima en cabecera de línea como para la intensidad de cortocircuito mínima en pie de línea, según la expresión ya reflejada anteriormente:

$$t = \frac{k^2 \cdot S^2}{I_{cc}^2}$$

- Los interruptores automáticos cortan en un tiempo inferior a 0,1 s, según la norma UNE 60898, por lo que, si el tiempo anteriormente calculado estuviera por encima de dicho valor, el disparo del interruptor automático quedaría garantizado para cualquier intensidad de cortocircuito que se produjese a lo largo del cable. En caso contrario, se comprueba la curva i^2t del interruptor, de manera que el valor de la energía específica pasante del interruptor sea inferior a la energía específica pasante admisible por el cable.

$$I^2 \cdot t_{\text{interruptor}} \leq I^2 \cdot t_{\text{cable}}$$

$$I^2 \cdot t_{\text{cable}} = k^2 \cdot S^2$$

5.2.3 LIMITADORES DE SOBRETENSIÓN

Según ITC-BT-23, las instalaciones interiores se deben proteger contra sobretensiones transitorias siempre que la instalación no esté alimentada por una red de distribución subterránea en su totalidad, es decir, toda instalación que sea alimentada por algún tramo de línea de distribución aérea sin pantalla metálica unida a tierra en sus extremos deberá protegerse contra sobretensiones.

Los limitadores de sobretensión serán de clase C (tipo II) en los cuadros y, en el caso de que el edificio disponga de pararrayos, se añadirán limitadores de sobretensión de clase B (tipo I) en la centralización de contadores.

5.2.4 PROTECCIÓN CONTRA SOBRETENSIONES PERMANENTES

La protección contra sobretensiones permanentes requiere un sistema de protección distinto del empleado en las sobretensiones transitorias. En vez de derivar a tierra para evitar el exceso de tensión, se necesita desconectar la instalación de la red eléctrica para evitar que la sobretensión llegue a los equipos.

El uso de la protección contra este tipo de sobretensiones es indispensable en áreas donde se puedan producir cortes continuos en el suministro de electricidad o donde existan fluctuaciones del valor de tensión suministrada por la compañía eléctrica.

En áreas donde se puedan producir cortes continuos en el suministro de electricidad o donde existan fluctuaciones del valor de tensión suministrada por la compañía eléctrica la instalación se protegerá contra sobretensiones permanentes, según se indica en el artículo 16.3 del REBT.

La protección consiste en una bobina asociada al interruptor automático que controla la tensión de la instalación y que, en caso de sobretensión permanente, provoca el disparo del interruptor asociado.

5.3 CÁLCULO DE LA PUESTA A TIERRA

5.3.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Red de toma de tierra para estructura metálica compuesta por 62 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección para la línea principal de toma de tierra del edificio, enterrado a una profundidad mínima de 80 cm y 8 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm² de sección para la línea de enlace de toma de tierra de los pilares a conectar.

5.3.2 INTERRUPTORES DIFERENCIALES

Los interruptores diferenciales protegen frente a contactos directos e indirectos y deben cumplir los dos requisitos siguientes:

- Debe actuar correctamente para el valor de la intensidad de defecto calculada, de manera que la sensibilidad 'S' asignada al diferencial cumpla:

$$S \leq \frac{U_{seg}}{R_T}$$

siendo:

U_{seg} : Tensión de seguridad, en V. De acuerdo a la instrucción ITC-BT-18 del reglamento REBT la tensión de seguridad es de 24 V para los locales húmedos y viviendas y 50 V para el resto.

R_T : Resistencia de puesta a tierra, en ohm. Este valor debe ser inferior a 15 ohm para edificios con pararrayos y a 37 ohm en edificios sin pararrayos, de acuerdo con GUIA-BT-26.

- Debe desconectar en un tiempo compatible con el exigido por las curvas de seguridad.

Por otro lado, la sensibilidad del interruptor diferencial debe permitir la circulación de la intensidad de fugas de la instalación debida a las capacidades parásitas de los cables. Así, la intensidad de no disparo del diferencial debe tener un valor superior a la intensidad de fugas en el punto de instalación. La norma indica como intensidad mínima de no disparo la mitad de la sensibilidad.

6. RESULTADOS DE CÁLCULO

6.1 DISTRIBUCIÓN DE FASES

La distribución de las fases se ha realizado de forma que la carga está lo más equilibrada posible.

CGP-1					
Planta	Esquema	P _{calc} [W]	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
0	CGP-1	-	10937.8	-	-
0		-	10937.8	-	-
0	Llave de abonado (Cuadro de oficina)	10937.8	10937.8	-	-

Llave de abonado (Cuadro de oficina)					
Nº de circuito	Tipo de circuito	Recinto	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
C1 (iluminación)	C1 (iluminación)	-	1233.0	-	-
C2 (tomas)	C2 (tomas)	-	2900.0	-	-
C7 (tomas)	C7 (tomas)	-	1400.0	-	-
C13 (alumbrado de emergencia)	C13 (alumbrado de emergencia)	-	97.2	-	-
C14 (Bomba de circulación (climatización) Ventilador centrífugo en línea Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	C14 (Bomba de circulación (climatización) Ventilador centrífugo en línea Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	-	2279.5	-	-
C15 (Equipo de aire acondicionado (split))	C15 (Equipo de aire acondicionado (split))	-	5167.5	-	-
C16 (producción de A.C.S. / Calefacción)	C16 (producción de A.C.S. / Calefacción)	-	500.0	-	-

Tabla 8. Características de la caja general de protección y la llave de abonado

6.2 CÁLCULOS

Los resultados obtenidos se resumen en las siguientes tablas:

6.2.1 LINEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN

Datos de cálculo						
Esquema	P _{calc} (kW)	Longitud (m)	Línea	I _c (A)	I' _z (A)	c.d.t (%)
CGP-1	32.81	1.03	RZ1-K (AS) 5G10	47.98	76.80	0.04

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I _z (A)	F _{Cagrup}	R _{inc} (%)	I' _z (A)
CGP-1	RZ1-K (AS) 5G10	Tubo enterrado D=75 mm	76.80	1.00	-	76.80

Sobrecarga y cortocircuito											
Esquema	Línea	I _c (A)	Protecciones Fusibles (A)	I ₂ (A)	I _z (A)	I _{cu} (kA)	I _{ccc} (kA)	I _{ccp} (kA)	t _{iccp} (s)	t _{ficcp} (s)	L _{max} (m)
CGP-1	RZ1-K (AS) 5G10	47.9 8	50	80.0 0	76.8 0	100	12.00 0	5.32 9	0.0 7	0.0 1	180.3 8

Tabla 9. Cálculos de la línea general de alimentación

6.2.2 CONCENTRACIÓN DE CONTADORES

Concentración de contadores			
Esquema	P _{calc} (kW)	Longitud (m)	Protecciones Línea
CC-1	32.8	-	I: 160.00 A

Tabla 10. Características de la concentración de contadores

6.2.3 DERIVACIONES INDIVIDUALES

Datos de cálculo								
Planta	Esquema	P _{calc} (kW)	Longitud (m)	Línea	I _c (A)	I' _z (A)	c.d. t (%)	c.d. c (%)
0	Llave de abonado (Cuadro de oficina)	10.9 4	1.48	ES07Z1-K (AS) 3G16	48.1 8	63.0 0	0.0 8	0.08

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I _z (A)	F _{Caarru} p	R _{inc} (%)	I' _z (A)
Llave de abonado (Cuadro de oficina)	ES07Z1-K (AS) 3G16	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=50 mm	63.0 0	1.00	-	63.0 0

Sobrecarga y cortocircuito											
Esquema	Línea	I _c (A)	Protecciones Fusibles (A)	I ₂ (A)	I _z (A)	I _{cu} (kA)	I _{ccc} (kA)	I _{ccp} (kA)	t _{iccp} (s)	t _{ficcp} (s)	L _{max} (m)
Llave de abonado (Cuadro de oficina)	ES07Z1-K (AS) 3G16	48.1 8	50	80.0 0	63.0 0	100	10.70 2	4.88 2	0.1 4	0.0 2	307.5 6

Tabla 11. Cálculos de las derivaciones individuales

6.2.4 INSTALACIÓN INTERIOR

En el almacén se instala un cuadro general de mando y protección, que contiene los siguientes dispositivos de protección:

Interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, o varios interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos de cada uno de los circuitos o grupos de circuitos en función del tipo o carácter de la instalación.

Interruptor automático de corte omnipolar, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

Datos de cálculo de Llave de abonado (Cuadro de oficina)							
Esquema	P _{calc} (kW)	Longitud (m)	Línea	I _c (A)	I _z (A)	c.d.t. (%)	c.d.t. ac (%)
Llave de abonado (Cuadro de oficina)							
Sub-grupo 1							
C1 (iluminación)	1.23	141.08	H07V-K 3G1.5	5.36	14.50	1.55	1.63
C2 (tomas)	3.45	126.09	H07V-K 3G2.5	15.00	20.00	2.40	2.48
C13 (alumbrado de emergencia)	0.10	109.92	H07V-K 3G1.5	0.42	14.50	0.09	0.17
C14 (Bomba de circulación (climatización)+Ventilador centrífugo en línea+Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	2.28	19.85	H07V-K 3G2.5	10.48	20.00	0.29	0.37
C15 (Equipo de aire acondicionado (split))	5.17	45.46	H07V-K 3G4	23.07	26.00	0.84	0.92
Sub-grupo 2							
C7 (tomas)	3.45	41.81	H07V-K 3G2.5	15.00	20.00	2.13	2.21
C16 (producción de A.C.S. / Calefacción)	0.50	1.55	H07V-K 3G1.5	2.56	14.50	0.04	0.12

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I _z (A)	FC _{agr} up	R _{inc} (%)	I _z (A)
C1 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50
C2 (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C13 (alumbrado de emergencia)	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50
C14 (Bomba de circulación (climatización)+Ventilador centrífugo en línea+Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C15 (Equipo de aire acondicionado (split))	H07V-K 3G4	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	26.00	1.00	-	26.00

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I _z (A)	FC _{agr up}	R _{inc} (%)	I'z (A)
C7 (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C16 (producción de A.C.S. / Calefacción)	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50

Sobrecarga y cortocircuito 'llave de abonado (cuadro de oficina)'										
Esquema	Línea	I _L (A)	Protecciones ICP: In Guard: In Aut: In, curva Dif: In, sens, nº polos Telerruptor: In, nº polos IGA: 50 Dif: 63, 30, 2 polos	I ₂ (A)	I _z (A)	I _{cu} (kA)	I _{sc} (kA)	I _{scop} (kA)	t _{sc} (s)	t _{scop} (s)
Llave de abonado (Cuadro de oficina)										
Sub-grupo 1										
C1 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	5.36	Aut: 10 {C',B',D'}	14.50	14.50	10	9.804	0.297	< 0.01	0.34
C2 (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	10	9.804	0.532	< 0.01	0.29
C13 (alumbrado de emergencia)	H07V-K 3G1.5	0.42	Aut: 10 {C',B',D'}	14.50	14.50	10	9.804	0.380	< 0.01	0.21
C14 (Bomba de circulación (climatización)+Ventilador centrífugo en línea+Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	H07V-K 3G2.5	10.48	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	10	9.804	1.220	< 0.01	0.06
C15 (Equipo de aire acondicionado (split))	H07V-K 3G4	23.07	Aut: 25 {C',B',D'}	36.25	26.00	10	9.804	0.787	< 0.01	0.34
Sub-grupo 2										
C7 (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	10	9.804	0.591	< 0.01	0.24
C16 (producción de A.C.S. / Calefacción)	H07V-K 3G1.5	2.56	Aut: 10 {C',B',D'}	14.50	14.50	10	9.804	2.524	< 0.01	< 0.01

Tabla 12. Cálculos de la instalación interior

6.3 SIMBOLOGÍA Y NOMENCLATURA

6.3.1 LEYENDA

c.d.t	caída de tensión (%)
c.d.t _{ac}	caída de tensión acumulada (%)
I _c	intensidad de cálculo del circuito (A)
I _z	intensidad máxima admisible del conductor en las condiciones de instalación (A)
F _{cagrup}	factor de corrección por agrupamiento
R _{inc}	porcentaje de reducción de la intensidad admisible por conductor en zona de riesgo de incendio o explosión (%)
I' _z	intensidad máxima admisible corregida del conductor en las condiciones de instalación (A)
I ₂	intensidad de funcionamiento de la protección (A)
I _{cu}	poder de corte de la protección (kA)
I _{ccc}	intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (kA)
I _{iccp}	intensidad de cortocircuito al final de la línea (kA)
L _{max}	longitud máxima de la línea protegida por el fusible a cortocircuito (A)
P _{calc}	potencia de cálculo (kW)
t _{iccc}	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (s)
t _{iccp}	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al final de la línea (s)
t _{ficcp}	tiempo de fusión del fusible para la intensidad de cortocircuito (s)

Tabla 13. Nomenclatura utilizada en los cálculos

6.3.2 SIMBOLOGÍA

A continuación, se muestran los símbolos utilizados en los planos del proyecto:

	Toma de uso general doble		Ducha
	Toma de uso general		Toma de uso general doble, estanca
	Interruptor		Conmutador
	Cuadro individual		Concentración de contadores (CC)
	Caja general de protección (CGP)		Luminaria de emergencia
	Salida para lámpara incandescente, vapor de mercurio o similar, empotrada en techo		Lámpara fluorescente con tres tubos
	Bomba de circulación		Equipo de aire acondicionado (split)
	Aspirador para ventilación mecánica		Lámpara fluorescente con dos tubos
	Bomba de circulación		Equipo de producción de A.C.S. / calefacción

Tabla 14. Simbología del proyecto

ANEJO 11: CLIMATIZACIÓN Y GAS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	337
2.	EXIGENCIAS TÉCNICAS	337
3.	NORMATIVA RITE.....	338
3.1	EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE.....	338
3.2	EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	341
3.3	EXIGENCIA DE SEGURIDAD	348
4.	INSTALACIÓN	351
4.1	SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE.....	351
4.2	SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA	352
4.3	EMISORES PARA CALEFACCIÓN	353
5.	OBJETO	354
6.	CARACTERÍSTICAS DEL GAS SUMINISTRADO	354
7.	PROGRAMA DE NECESIDADES.....	355
8.	INSTALACIÓN DE SUMINISTRO	355
8.1	CONDICIONES DE LA UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO	355
9.	ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN.....	356
9.1	BOCA DE CARGA	356
9.2	ELEMENTOS DE REGULACIÓN	356
10.	IMPACTO AMBIENTAL Y AMBIENTE ATMOSFÉRICO.....	357
10.1	EMISIONES A LA ATMÓSFERA.....	357
10.2	AFECCIÓN AL SUELO O A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	357
10.3	IMPACTO AMBIENTAL DE UNA INSTALACIÓN DE GLP EN FASE DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE.....	357
10.4	CONDICIONES DE EMERGENCIA.....	358
10.5	CONSUMO FINAL DE GLP.....	358
11.	INSTALACIÓN RECEPTORA	359
11.1	INSTALACIÓN COMÚN.....	359
11.2	MONTANTES INDIVIDUALES	359
11.3	INSTALACIONES PARTICULARES	359
11.4	VALVULERÍA.....	359
11.5	CONTADORES.....	359
12.	CÁLCULO	360

12.1	GRADO DE GASIFICACIÓN.....	360
12.2	POTENCIA DE DISEÑO DE LA INSTALACIÓN INDIVIDUAL	360
12.3	CAUDALES DE DISEÑO	361
12.4	PÉRDIDAS DE CARGA.....	361
12.5	VELOCIDAD DEL GAS	362
12.6	CAPACIDAD DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO	363
12.7	VOLUMEN TOTAL DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO	363
12.8	AUTONOMÍA REAL DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO	363
12.9	VAPORIZACIÓN.....	364
12.10	DESCARGA DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD	365
13.	DIMENSIONADO	366

1. INTRODUCCIÓN

El objeto de este anejo es la descripción de los elementos que componen la instalación de climatización y ventilación de la nave, así como las condiciones técnicas que deberá cumplir para que esta instalación tenga un correcto funcionamiento.

La instalación de climatización incluirá la calefacción y el dimensionado de los equipos de calentamiento de los vestuarios y aseos, así como la climatización del despacho y la ventilación de la nave.

Los cálculos se realizarán mediante el programa CYPECAD MEP v2017.d cumpliendo lo recogido en la normativa RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios)

2. EXIGENCIAS TÉCNICAS

Las instalaciones térmicas de la nave han sido diseñadas y calculadas de forma que:

- Se obtendrá una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua caliente sanitaria que serán aceptables para los usuarios de la vivienda sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo la exigencia de bienestar e higiene.
- Se reducirá el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, cumpliendo la exigencia de eficiencia energética.
- Se prevendrá y reducirá a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades, cumpliendo la exigencia de seguridad.

3. NORMATIVA RITE

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía.

A continuación, se justificará el cumplimiento de esta normativa:

3.1 EXIGENCIA DE BIENESTAR E HIGIENE

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE CALIDAD DEL AMBIENTE

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la tabla 1 aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

Tabla 1. Parámetros límite en la ubicación de la nave

A continuación, se muestran los valores de condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto:

Referencia	Condiciones interiores de diseño		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Baño calefactado	24	21	50
Oficinas	24	21	50
Vestíbulo de entrada	24	21	50

Tabla 2. Condiciones interiores de diseño

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Calidad del aire interior

En función del edificio o local, la categoría de calidad de aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será como mínimo la siguiente:

- IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
- IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
- IDA 4 (aire de calidad baja)

Caudal mínimo del aire exterior

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario se calcula según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y el método de caudal de aire por unidad de superficie, especificados en la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3.

Se describe a continuación la ventilación diseñada para los recintos utilizados en el proyecto.

Referencia	Caudales de ventilación	
	Por unidad de superficie (m ³ /(h·m ²))	Por recinto (m ³ /h)
Baño calefactado	2.7	54.0

Tabla 3. Caudales de ventilación

Filtración de aire exterior

El aire exterior de ventilación se introduce al edificio debidamente filtrado según el apartado I.T.1.1.4.2.4. Se ha considerado un nivel de calidad de aire exterior para toda la instalación ODA 2, aire con concentraciones altas de partículas y/o de gases contaminantes.

Las clases de filtración empleadas en la instalación cumplen con lo establecido en la tabla 4 para filtros previos y finales.

Clases de filtración:

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Tabla 4. Clases de filtración

Aire de extracción

En función del uso del edificio o local, el aire de extracción se clasifica en una de las siguientes categorías:

- AE 1 (bajo nivel de contaminación): aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire que procede de locales donde se permite fumar.
- AE 2 (moderado nivel de contaminación): aire de locales ocupados con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está prohibido fumar.
- AE 3 (alto nivel de contaminación): aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.
- AE 4 (muy alto nivel de contaminación): aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

Se describe a continuación la categoría de aire de extracción que se ha considerado para cada uno de los recintos de la instalación:

Referencia	Categoría
Oficinas	AE 1
Vestíbulo de entrada	AE 1

Tabla 5. Categoría de aire de extracción

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE HIGIENE

La preparación de agua caliente sanitaria se ha realizado cumpliendo con la legislación vigente higiénico-sanitaria para la prevención y control de la legionelosis.

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE CALIDAD ACÚSTICA

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

3.2 EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA GENERACIÓN DE CALOR Y FRÍO

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

CARGAS TÉRMICAS MÁXIMAS SIMULTÁNEAS

A continuación, se muestra el resumen de la carga máxima simultánea para cada uno de los conjuntos de recintos:

Refrigeración:

REFRIGERACIÓN NAVE													
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m ³ /h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m ²)	Sensible (W)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Despacho	Planta baja	47.92	565.64	686.59	631.97	752.92	70.63	-17.70	112.46	61.26	614.26	822.38	865.38
Recepción	Planta baja	1251.55	2343.06	3008.29	3702.44	4367.68	493.01	123.56	784.99	52.26	3578.88	5152.66	5152.66
Total							563.6	Carga total simultánea			5975.0		

Tabla 6. Refrigeración de la nave

Calefacción:

CALEFACCIÓN NAVE							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m ³ /h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m ²)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Despacho	Planta baja	564.05	70.63	432.20	70.52	996.25	996.25
Vestuario 2	Planta baja	920.05	90.61	554.41	43.94	1474.47	1474.47
Vestuario 1	Planta baja	1191.88	92.36	565.13	51.37	1757.01	1757.01
Recepción	Planta baja	3306.14	493.01	3016.70	64.13	6322.84	6322.84
Total			746.6	Carga total simultánea	10550.6		

Tabla 7. Calefacción de la nave

CARGAS TÉRMICAS PARCIALES Y MÍNIMAS

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

Refrigeración:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
NAVE	4.21	4.65	5.08	5.14	5.24	4.85	5.64	5.98	5.85	5.47	4.66	4.15

Tabla 8. Carga máxima simultánea de refrigeración por mes

Calefacción:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
NAVE	10.55	10.55	10.55

Tabla 9. Carga máxima simultánea de calefacción por mes

POTENCIA TÉRMICA INSTALADA

En la tabla 10 se resume el cálculo de la carga máxima simultánea, la pérdida de calor en las tuberías y el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos con la potencia instalada para cada conjunto de recintos.

Conjunto de recintos	$P_{\text{instalada}}$ (kW)	$\%q_{\text{tub}}$	$\%q_{\text{equipos}}$	Q_{cal} (kW)	Total (kW)
NAVE	15.00	2.46	2.00	10.55	11.22
Abreviaturas utilizadas					
$P_{\text{instalada}}$	Potencia instalada (kW)	$\%q_{\text{equipos}}$	Porcentaje del equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos respecto a la potencia instalada (%)		
$\%q_{\text{tub}}$	Porcentaje de pérdida de calor en tuberías para calefacción respecto a la potencia instalada (%)	Q_{cal}	Carga máxima simultánea de calefacción (kW)		

Tabla 10. Cálculo de la carga máxima instalada

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia instalada de calefacción (kW)	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	15.00	10.55
Total	15.0	10.6

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera de pie, de condensación, con cuerpo de fundición de aluminio/silicio y quemador presurizado a gas, para calefacción y A.C.S. acumulada, sonda de A.C.S. y sonda exterior

Tabla 11. Potencia instalada de los equipos

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS REDES DE TUBERÍAS Y CONDUCTOS DE CALOR Y FRÍO

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado'. Este método define los espesores de aislamiento según la temperatura del fluido y el diámetro exterior de la tubería sin aislar. La tabla 12 muestra el aislamiento mínimo para un material con conductividad de referencia a 10 °C de 0.040 W/(m·K).

El cálculo de la transmisión de calor en las tuberías se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 12241.

AISLAMIENTO TÉRMICO DE TUBERÍAS EN CONTACTO CON EL AMBIENTE EXTERIOR

Se han considerado las siguientes condiciones exteriores para el cálculo de la pérdida de calor:

Temperatura seca exterior de verano: 23.8 °C

Temperatura seca exterior de invierno: 2.2 °C

AISLAMIENTO TÉRMICO DE TUBERÍAS EN CONTACTO CON EL AMBIENTE INTERIOR

Se han considerado las condiciones interiores de diseño en los recintos para el cálculo de las pérdidas en las tuberías especificados en la justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 3.1.

A continuación, se describen las tuberías en el ambiente interior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	Ø	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\Phi_{\text{m.ref.}}$ (W/m)	$q_{\text{ref.}}$ (W)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (W/m)	$q_{\text{cal.}}$ (W)
Tipo 1	16 mm	0.037	25	51.54	44.37	0.00	0.0	5.15	494.2
Total							494		

Abreviaturas utilizadas

Ø	Diámetro nominal	$\Phi_{\text{m.ref.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para refrigeración por unidad de longitud
$\lambda_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento	$q_{\text{ref.}}$	Pérdidas de calor para refrigeración
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento	$\Phi_{\text{m.cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión	$q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción
$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno		

Tubería	Referencia
Tipo 1	Tubería general de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, PN=6 atm, empotrado en paramento, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Tabla 12. Tuberías y aislamientos del ambiente interior

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 15 % al cálculo de la pérdida de calor.

PÉRDIDA DE CALOR EN TUBERIAS

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	15.00
Total	15.00

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera de pie, de condensación, con cuerpo de fundición de aluminio/silicio y quemador presurizado a gas, para calefacción y A.C.S. acumulada, sonda de A.C.S. y sonda exterior

Tabla 13. Potencia de calefacción

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación es el siguiente:

Calefacción

Potencia de los equipos (kW)	q_{cal} (W)	Pérdida de calor (%)
15.00	369.6	2.5

Tabla 14. Pérdida de calor en las tuberías de la instalación

Por tanto, la pérdida de calor en tuberías es inferior al 4.0 %.

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS EQUIPOS PARA EL TRANSPORTE DE FLUIDOS

Se describe a continuación la potencia específica de los equipos de propulsión de fluidos y sus valores límite según la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.5.

Equipos	Sistema	Categoría	Categoría límite
Tipo 1 (Recepción - Planta 0)	Ventilación y extracción	SFP5	SFP2
Tipo 1 (Recepción - Planta 0)	Ventilación y extracción	SFP5	SFP2

Equipos	Referencia
Tipo 1	Ventilador centrífugo de perfil bajo, con motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, protección IP 55 y caja de bornes ignífuga, de 1130 r.p.m., potencia absorbida 950 W, caudal máximo de 2350 m ³ /h, dimensiones 520x320 mm y 565 mm de largo y nivel de presión sonora de 66 dBA

Tabla 15. Potencia de los equipos para el transporte de fluidos

EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS MOTORES ELÉCTRICOS

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

REDES DE TUBERÍAS

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL CONTROL DE INSTALACIONES TÉRMICAS

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

CONTROL DE LAS CONDICIONES TERMOHIGROMÉTRICAS

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

- THM-C1: Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.
- THM-C2: Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.
- THM-C3: Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.
- THM-C4: Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.
- THM-C5: Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

A continuación, se describe el sistema de control empleado para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Sistema de control
NAVE	THM-C1

Tabla 16. Sistema de control de la nave

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR EN LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la siguiente tabla:

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Tabla 17. Métodos para el control de calidad

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE LIMITACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE ENERGÍA CONVENCIONAL

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.
- No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interacción de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.
- No se contempla en el proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

- EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA

Se incluye a continuación un resumen de todos los equipos proyectados, con su consumo de energía.

Calderas y grupos térmicos

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera de pie, de condensación, con cuerpo de fundición de aluminio/silicio y quemador presurizado a gas, para calefacción y A.C.S. acumulada, sonda de A.C.S. y sonda exterior

Tabla 18. Tipo de caldera

Equipos de transporte de fluidos

Equipos	Referencia
Tipo 1	Ventilador centrífugo de perfil bajo, con motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, protección IP 55 y caja de bornes ignífuga, de 1130 r.p.m., potencia absorbida 950 W, caudal máximo de 2350 m ³ /h, dimensiones 520x320 mm y 565 mm de largo y nivel de presión sonora de 66 dBA
Tipo 2	Electrobomba centrífuga, de hierro fundido, de tres velocidades, con una potencia de 0,071 kW

Tabla 19. Tipos de equipos de transporte de fluidos

Sistema de expansión directa

Equipos	Referencia
Tipo 1	Equipo de aire acondicionado, sistema aire-aire split 1x1, de pared, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 5 kW (temperatura de bulbo seco en el interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo en el interior 19°C, temperatura de bulbo seco en el exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo en el exterior 24°C), potencia calorífica nominal 5,8 kW (temperatura de bulbo seco en el interior 20°C, temperatura de bulbo húmedo en el exterior 6°C), SEER = 6,3 (clase A++), SCOP = 4,9 (clase A++), EER = 3,23 (clase A), COP = 3,65 (clase A), formado por una unidad interior de 294x798x229 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 25 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 678 m ³ /h, con filtro alergénico, filtro desodorizante fotocatalítico y control inalámbrico, con programador semanal, modelo Weekly Timer, y una unidad exterior con compresor de tipo rotativo, de 640x800x290 mm, nivel sonoro 51 dBA y caudal de aire 2160 m ³ /h, con control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio)

Tabla 20. Tipo de sistema de expansión directa

3.3 EXIGENCIA DE SEGURIDAD

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE SEGURIDAD EN GENERACIÓN DE CALOR Y FRÍO

Los generadores de calor y frío utilizados en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

SALAS DE MÁQUINAS

El ámbito de aplicación de las salas de máquinas, así como las características comunes de los locales destinados a las mismas, incluyendo sus dimensiones y ventilación, se ha dispuesto según la instrucción técnica 1.3.4.1.2 Salas de máquinas del RITE.

CHIMENEAS

La evacuación de los productos de la combustión de las instalaciones térmicas del edificio se realiza de acuerdo a la instrucción técnica 1.3.4.1.3 Chimeneas, así como su diseño y dimensionamiento y la posible evacuación por conducto con salida directa al exterior o al patio de ventilación.

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE SEGURIDAD EN LAS REDES DE TUBERÍAS Y CONDUCTOS DE CALOR Y FRÍO

ALIMENTACIÓN

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua.

El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor DN (mm)	Frio DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

Tabla 21. Diámetros de conexión de alimentación

VACIADO Y PURGA

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Tabla 22. Diámetros de punto accesible para vaciado

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

EXPANSIÓN Y CIRCUITO CERRADO

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionamiento de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

DILATACIÓN, GOLPE DE ARIETE, FILTRACIÓN

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

CONDUCTOS DE AIRE

El cálculo y el dimensionamiento de la red de conductos de la instalación, así como elementos complementarios (plenums, conexión de unidades terminales, pasillos, tratamiento de agua, unidades terminales) se ha realizado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Se cumple la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que es de aplicación a la instalación térmica.

- CUMPLIMIENTO DE LA EXIGENCIA DE SEGURIDAD Y UTILIZACIÓN

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

La accesibilidad a la instalación, la señalización y la medición de la misma se ha diseñado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

4. INSTALACIÓN

A continuación, se especifican las características y componentes de la instalación de climatización, para la calefacción y refrigeración de la nave, y la ventilación de la misma.

4.1 SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AIRE

- CONDUCTOS

Conductos									
Tramo		Q (m ³ /h)	w x h (mm)	V (m/s)	Φ (mm)	L (m)	ΔP ₁ (Pa)	ΔP (Pa)	D (Pa)
Inicio	Final								
A134-Planta baja	N22-Planta baja	1500.0	300x250	5.9	299.1	3.80		30.83	
N22-Planta baja	N21-Planta baja	874.7	250x250	4.1	273.3	2.75	10.27	44.35	1.24
N22-Planta baja	N21-Planta baja	437.3	250x250	2.1	273.3	5.88	10.27	45.60	
N22-Planta baja	N21-Planta baja		250x250		273.3	0.22		35.33	
N22-Planta baja	N23-Planta baja	625.3	250x200	3.7	244.1	1.26	10.27	43.31	2.29
N22-Planta baja	N23-Planta baja	188.0	150x150	2.5	164.0	2.02	7.59	41.73	3.86
N22-Planta baja	N23-Planta baja		150x150		164.0	0.17		34.15	
A135-Planta baja	A134-Planta baja	1500.0	300x250	5.9	299.1	0.43	19.01	25.97	
A136-Planta baja	N24-Planta baja	1500.0	300x250	5.9	299.1	0.97	29.49	57.49	10.75
A136-Planta baja	N24-Planta baja	844.0	250x200	5.0	244.1	2.56	29.49	68.24	
A136-Planta baja	N24-Planta baja	188.0	150x150	2.5	164.0	1.22	10.39	50.92	17.32
A136-Planta baja	N24-Planta baja		150x150		164.0	0.17		40.53	
A137-Planta baja	A136-Planta baja	1500.0	300x250	5.9	299.1	0.43	13.39	20.35	

Abreviaturas utilizadas	
Q	Caudal
w x h	Dimensiones (Ancho x Alto)
V	Velocidad
Φ	Diámetro equivalente.
L	Longitud
ΔP ₁	Pérdida de presión
ΔP	Pérdida de presión acumulada
D	Diferencia de presión respecto al difusor o rejilla más desfavorable

Tabla 23. Características de los conductos de ventilación

- DIFUSORES Y REJILLAS

Difusores y rejillas									
Tipo	Φ (mm)	w x h (mm)	Q (m ³ /h)	A (cm ²)	X (m)	P (dBA)	ΔP ₁ (Pa)	ΔP (Pa)	D (Pa)
A135-Planta baja: Rejilla de extracción		400x330	1500.0	825.83		34.2	19.01	25.97	0.00
A137-Planta baja: Rejilla de toma de aire		400x330	1500.0	660.66		40.0	13.39	20.35	0.00
N22 -> N21, (17.00, 8.96), 2.75 m: Rejilla de retorno		425x125	437.3	220.00		35.9	10.27	44.35	1.24
N22 -> N21, (11.12, 8.96), 8.64 m: Rejilla de retorno		425x125	437.3	220.00		35.9	10.27	45.60	0.00
N22 -> N23, (19.76, 10.22), 1.26 m: Rejilla de retorno		425x125	437.3	220.00		35.9	10.27	43.31	2.29
N22 -> N23, (19.76, 12.25), 3.29 m: Rejilla de retorno		225x125	188.0	110.00		31.3	7.59	41.73	3.86
A136 -> N24, (22.59, 9.90), 0.97 m: Rejilla de impulsión		425x125	656.0	290.00	13.6	40.9	29.49	57.49	10.75
A136 -> N24, (20.54, 10.41), 3.53 m: Rejilla de impulsión		425x125	656.0	290.00	13.6	40.9	29.49	68.24	0.00
A136 -> N24, (20.54, 11.63), 4.75 m: Rejilla de impulsión		225x125	188.0	140.00	5.6	25.0	10.39	50.92	17.32

Difusores y rejillas										
Tipo	Φ (mm)	w x h (mm)	Q (m ³ /h)	A (cm ²)	X (m)	P (dBA)	ΔP_1 (Pa)	ΔP (Pa)	D (Pa)	
Abreviaturas utilizadas										
Φ	Diámetro		P	Potencia sonora						
w x h	Dimensiones (Ancho x Alto)		ΔP_1	Pérdida de presión						
Q	Caudal		ΔP	Pérdida de presión acumulada						
A	Área efectiva		D	Diferencia de presión respecto al difusor o rejilla más desfavorable						
X	Alcance									

Tabla 24. Características de los difusores y de las rejillas de ventilación

4.2 SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA

• TUBERÍAS

Tuberías (Calefacción)									
Inicio	Tramo		Tipo	Φ	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP_1 (kPa)	ΔP (kPa)
	Final								
N1-Planta baja	A24-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.04	0.4	0.39	0.086	5.00
N1-Planta baja	A90-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.04	0.4	0.13	0.029	5.03
N5-Planta baja	N17-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.1	4.80	0.101	6.86
N5-Planta baja	N19-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.03	0.3	1.22	0.164	6.92
N7-Planta baja	A84-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.01	0.0	0.34	0.009	7.70
N8-Planta baja	N13-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.01	0.0	1.17	0.008	7.50
N8-Planta baja	A85-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.34	0.009	7.68
N9-Planta baja	A88-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.34	0.009	7.08
N10-Planta baja	N16-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	1.25	0.008	6.88
N10-Planta baja	A89-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.34	0.009	7.07
N13-Planta baja	N7-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.01	0.0	0.56	0.004	7.50
N14-Planta baja	N8-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.01	0.1	0.55	0.012	7.49
N14-Planta baja	N18-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.01	0.1	5.31	0.111	7.48
N16-Planta baja	N9-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.72	0.005	6.88
N17-Planta baja	N10-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.1	0.65	0.014	6.87
A69-Planta baja	N2-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.48	0.015	7.62
A72-Planta baja	N3-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.48	0.011	7.60
A86-Planta baja	N6-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.47	0.010	7.42
A87-Planta baja	N11-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.48	0.011	7.25
N3-Planta baja	N12-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	0.57	0.004	7.41
N4-Planta baja	N3-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.1	1.07	0.022	7.40
N6-Planta baja	N18-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.02	0.2	2.13	0.144	7.37
N11-Planta baja	N15-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.03	0.2	1.04	0.103	7.16
N12-Planta baja	N2-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.0	2.10	0.014	7.42
N15-Planta baja	N6-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.03	0.2	0.64	0.063	7.22
N19-Planta baja	N11-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.03	0.3	1.00	0.135	7.06
A90-Planta baja	N5-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.04	0.4	7.80	1.726	6.76
N18-Planta baja	N4-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.01	0.1	0.71	0.015	7.38
A24-Planta baja	A24-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.04	0.4	0.05	0.011	4.92
N1-Planta baja	A90-Planta baja		Retorno (*)	16 mm	0.04	0.4	0.13	0.032	0.14
A84-Planta baja	N13-Planta baja		Retorno (*)	16 mm	0.01	0.0	0.34	0.004	2.80
A85-Planta baja	N14-Planta baja		Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.34	0.004	2.79
A88-Planta baja	N16-Planta baja		Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.34	0.005	2.18
A89-Planta baja	N17-Planta baja		Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.34	0.005	2.16

Tuberías (Calefacción)								
Tramo			Φ	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP_1 (kPa)	ΔP (kPa)
Inicio	Final	Tipo						
N5-Planta baja	N17-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.1	4.80	0.114	2.16
N5-Planta baja	N19-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.03	0.3	1.22	0.182	2.23
N8-Planta baja	N13-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.01	0.0	1.17	0.009	2.80
N10-Planta baja	N16-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.0	1.25	0.010	2.17
N14-Planta baja	N8-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.01	0.0	0.55	0.004	2.79
N14-Planta baja	N18-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.01	0.1	5.31	0.126	2.79
N17-Planta baja	N10-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.65	0.005	2.17
A69-Planta baja	N12-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.48	0.011	2.70
A72-Planta baja	N4-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.48	0.007	2.69
A86-Planta baja	N15-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.47	0.006	2.46
A87-Planta baja	N19-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.48	0.007	2.24
N3-Planta baja	N12-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.0	0.57	0.004	2.69
N4-Planta baja	N3-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.0	1.07	0.008	2.69
N6-Planta baja	N18-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.02	0.2	2.13	0.160	2.66
N11-Planta baja	N15-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.03	0.2	1.04	0.114	2.45
N15-Planta baja	N6-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.02	0.2	0.64	0.048	2.50
N19-Planta baja	N11-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.03	0.2	1.00	0.110	2.34
A90-Planta baja	N5-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.04	0.4	7.80	1.907	2.05
N18-Planta baja	N4-Planta baja	Retorno	16 mm	0.01	0.1	0.71	0.017	2.68
A24-Planta baja	A24-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.04	0.4	0.05	0.012	0.01
A24-Planta baja	N1-Planta baja	Retorno (*)	16 mm	0.04	0.4	0.39	0.095	0.11
(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.								
Abreviaturas utilizadas								
Φ	Diámetro nominal			L	Longitud			
Q	Caudal			ΔP_1	Pérdida de presión			
V	Velocidad			ΔP	Pérdida de presión acumulada			

Tabla 25. Características de las tuberías de calefacción

4.3 EMISORES PARA CALEFACCIÓN

Conjunto de recintos	Recintos	Plantas	Tipo de emisor	Tipo	Referencia	Pérdidas caloríficas (W)	Elementos		Longitud (mm)	Potencia (W)
							Número	Altura (mm)		
NAVE	Vestuario 1	Planta baja	Radiador	1	A84	1757	6	781	480	462
			Radiador	1	A85	1757	6	781	480	462
			Radiador	1	A69	1757	6	781	480	462
			Radiador	1	A72	1757	6	781	480	462
	Vestuario 2	Planta baja	Radiador	1	A88	1474	6	781	480	462
			Radiador	1	A89	1474	6	781	480	462
			Radiador	1	A86	1474	6	781	480	462
			Radiador	1	A87	1474	6	781	480	462

Tipos de radiadores	
Tipo	Descripción
1	Radiador de aluminio inyectado, formado por elementos de 781 mm de altura, con frontal plano, con una emisión calorífica de 135,8 kcal/h cada uno, según UNE-EN 442-1, para una diferencia media de temperatura de 50°C entre el radiador y el ambiente

Tabla 26. Características de los emisores de calefacción

5. OBJETO

El objeto de esta parte del anejo es la descripción de los elementos que componen la instalación de suministro de gas de la nave, así como las condiciones técnicas que deberá cumplir para que esta instalación tenga un correcto funcionamiento.

También tiene como objetivo el diseño de la instalación de gas y servir de base para la correcta realización de dicha instalación, estableciendo la forma de ejecución de la misma, así como las características de los materiales a emplear. El adecuado funcionamiento de la climatización de la nave dependerá de una correcta ejecución de la instalación de gas.

Los cálculos se realizarán mediante el programa CYPECAD MEP v2017.d.

6. CARACTERÍSTICAS DEL GAS SUMINISTRADO

El combustible utilizado en las instalaciones de distribución de GLP es propano comercial en fase gaseosa, efectuándose el trasvase y almacenamiento en el depósito en fase líquida.

Cuando en la zona se prevea un cambio del tipo de gas, el diseño de la instalación se debe realizar de tal forma que la instalación receptora de gas resultante sea compatible para ambos, de acuerdo con el RD 919/2006.

Las características específicas del gas utilizado en la instalación, propano, y del gas natural, se indican en la siguiente tabla

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS	PROPANO COMERCIAL	GAS NATURAL
Presión de vapor a 1 °C (bar)	9.20	
Temperatura de ebullición a presión atmosférica (°C)	-40 °C	
Densidad del líquido a 15 °C (kN/m ³)	4.925 ÷ 5.248	
Densidad del gas a 15 °C y presión atmosférica (kN/m ³)	18.296	5.89
Poder Calorífico Superior en fase líquida (kcal/kg)	11.90	
Poder Calorífico Inferior en fase líquida (kcal/kg)	10.80	
Poder Calorífico Superior en fase gaseosa (kcal/m ³)	24.80	11.22
Poder Calorífico Inferior en fase gaseosa (kcal/m ³)	20.40	10.10
Índice de Wobbe: W _s (kcal/m ³)	18.36	12.12
Índice de Wobbe: W _i (kcal/m ³)	16.90	10.90
Tensión de vapor absoluta a 20 °C (bar)	9.00	
Tensión de vapor absoluta a 50 °C (bar)	18.00	

Tabla 27. Características del gas suministrado

7. PROGRAMA DE NECESIDADES

A pesar de que la potencia calorífica instalada es 30.00 KW, la caldera de gas instalada en la nave tendrá una potencia de 15.00 KW. La caldera será a gas para calefacción y para agua caliente sanitaria (ACS).

8. INSTALACIÓN DE SUMINISTRO

La empresa distribuidora contratada para el suministro de gas será REPSOL, siendo a granel el tipo de suministro. Éste se realizará mediante una flota de camiones cisterna que abastecen el depósito de almacenamiento.

Depósito homologado de gases licuados del petróleo (GLP), de superficie, de chapa de acero, "REPSOL", de 1000 mm de diámetro y 1470 mm de longitud, con una capacidad de 1000 litros. Tratamiento exterior: granallado SA 2 1/2, imprimación antioxidante y acabado con esmalte de poliuretano color blanco. Incluso capó abatible, boca de carga, indicador de nivel magnético, tubo buzo para toma de gas en fase líquida, valvulería, manómetro, tapón de drenaje, accesorios de conexión, borne de toma de tierra y elementos de protección según normativa.

8.1 CONDICIONES DE LA UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO

- El depósito está instalado en posición horizontal con pendiente del 0,5% hacia el extremo en que está montado el dispositivo de purga.
- Se dispone de puesta a tierra con una resistencia inferior a 80.00 Ohm.
- El depósito está sustentado sobre apoyos construidos con materiales de clase A1FL o A2FL-s1 de acuerdo con la norma UNE-EN 13501-1.
- La distancia de los orificios de purga situados en la generatriz inferior al suelo cumple lo establecido en la norma UNE 60250
 - o Si $V \leq 20.00 \text{ m}^3 \rightarrow d \geq 0.50 \text{ m}$
 - o Si $V > 20.00 \text{ m}^3 \rightarrow d \geq 0.80 \text{ m}$

9. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN

9.1 BOCA DE CARGA

Está incorporada en el depósito, y dispone de medios para poder acceder a ella.

Es un dispositivo de doble cierre, uno de ellos de retención, situado siempre en el interior del depósito, y el otro manual, situado en la conexión con la manguera.

9.2 ELEMENTOS DE REGULACIÓN

A la salida del depósito, y dentro de la estación de GLP, se coloca un equipo de regulación compuesto por un conjunto regulador-limitador y un dispositivo de seguridad por exceso de flujo, para el control de la presión de gas emitido a la red de distribución.

El equipo de regulación es de tipo "de intemperie" y está protegido contra la corrosión. Su montaje se realiza de forma que tenga una pendiente aproximada del 3% hacia el depósito y dispone de llaves de corte anterior y posterior, que permiten su desmontaje, y de manómetros para el control de la presión.

Regulador de presión regulable con manómetro, de 8 kg/h de caudal nominal, 20 bar de presión máxima de entrada y de 0 a 3 bar de presión de salida.

El conjunto regulador-limitador permite un caudal de 2.18 kg/h, siendo la presión de salida 1.75 bar.

La primera etapa de regulación se realiza de forma individual mediante un conjunto de regulación por usuario, tipo A-4P polivalente (GLP/GN), situado en el armario de regulación y medida; la presión de entrada al conjunto de regulación es de 3.00 bar, estando la presión de salida fijada a 1.75 bar. Inmediatamente después de esta regulación han instalado los contadores de medida. Los conjuntos de regulación cumplen los requisitos de la norma UNE 60404-1.

La segunda etapa de regulación se realiza en el interior de cada vivienda o local. A continuación de la llave general de corte de gas se coloca un regulador por aparato polivalente (GLP/GN), que dispone de dispositivo de seguridad y llave de corte incorporada, de rearme manual. La presión de entrada al regulador es de 80 mbar y la presión de salida de fija de 37 mbar.

10. IMPACTO AMBIENTAL Y AMBIENTE ATMOSFÉRICO

El impacto ambiental de las instalaciones de GLP en el suelo, la atmósfera, el agua y la flora y fauna es despreciable debido a la sencillez de las instalaciones y a las características del producto.

10.1 EMISIONES A LA ATMÓSFERA

Generalmente, en las instalaciones de GLP no se produce ningún tipo de emisión a la atmósfera.

Excepcionalmente, en caso de avería, pueden producirse pequeñas emisiones directas de GLP a la atmósfera. Debido al nivel de seguridad de las instalaciones, este tipo de incidente es muy poco frecuente y en cualquier caso el GLP no es un gas tóxico ni un gas de efecto invernadero.

10.2 AFECCIÓN AL SUELO O A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

El GLP no presenta riesgos de contaminación de los suelos ni de las aguas subterráneas o superficiales ya que su condición de gas a presión atmosférica hace que cualquier eventual fuga o derrame en fase líquida se vaporice y difunda inmediatamente en la atmósfera.

10.3 IMPACTO AMBIENTAL DE UNA INSTALACIÓN DE GLP EN FASE DE CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

La principal característica de las obras de construcción y montaje de una instalación de GLP es su escasa capacidad para generar impactos ambientales de carácter permanente o irreversible, por tratarse de una instalación muy sencilla, con una red de distribución enterrada en toda su longitud.

Solamente durante la ejecución de las obras se produce un impacto negativo de carácter temporal, (generación de residuos de construcción y demolición, movimiento de tierras, generación de ruido), asociado a la propia obra civil y que finaliza una vez enterrada la conducción y repuestos los terrenos a su estado original.

Los impactos ambientales sobre el medio son los siguientes:

FASE DE CONSTRUCCIÓN

- Ocupación de suelo.
- Eliminación de la cubierta vegetal (desbroces y talas).
- Generación de residuos de construcción y demolición.
- Generación de ruido.

FASE DE EXPLOTACIÓN

- Impacto visual en las instalaciones con depósitos de superficie.
- Vertido de pluviales.

10.4 CONDICIONES DE EMERGENCIA

Excepcionalmente, se pueden producir emisiones de GLP a la atmósfera en el proceso de suministro, por fallo de algún elemento de la instalación o disparo de una válvula de seguridad.

10.5 CONSUMO FINAL DE GLP

Se deben destacar las importantes ventajas medioambientales que el GLP presenta frente a la mayoría de los combustibles fósiles.

La combustión del GLP es netamente más limpia que la del carbón, fuel y gasóleo. Frente a estos combustibles presenta una disminución de los contaminantes emitidos, como óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, partículas e inquemados. Además, su combustión emite menos cantidad de CO₂ (principal gas de efecto invernadero).

El GLP es, junto con el gas natural, el combustible fósil más limpio. El carácter gaseoso de ambos favorece la combustión y reduce la emisión de contaminantes.

Finalmente, mientras que el gas natural es un gas de efecto invernadero con un factor de calentamiento global 21 veces superior al CO₂, el GLP no lo es.

11. INSTALACIÓN RECEPTORA

11.1 INSTALACIÓN COMÚN

Tubería para instalación común de gas, colocada superficialmente, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, según UNE-EN 1057, con vaina metálica

11.2 MONTANTES INDIVIDUALES

Tubería para montante individual de gas, colocada superficialmente, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, según UNE-EN 1057, con dos manos de esmalte y vaina metálica.

11.3 INSTALACIONES PARTICULARES

Tubería para instalación interior de gas, colocada superficialmente, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, según UNE-EN 1057.

11.4 VALVULERÍA

En los tramos de la instalación receptora, realizados con tuberías de acero y polietileno, se utilizan válvulas aceptadas por REPSOL. En los tramos realizados con tubería de cobre, se utilizan válvulas de paso total con bola de acero inoxidable AISI 316, eje eyectable de acero inoxidable AISI 316, estanquidad por anillos tóricos, cuerpo de latón y presión nominal mínima de 4.90 bar.

11.5 CONTADORES

Las aberturas de ventilación pueden ser por orificio o por conducto y deben tener una superficie libre mínima indicada en la tabla siguiente:

Ventilación		Local técnico	Armario exterior		Armario interior		Conducto técnico
		Cuarto de contadores	N ≤ 2 Contadores	N > 2 Contadores	N ≤ 2 Contadores	N > 2 Contadores	
Superior	Directa	200 cm ²	5 cm ²	50 cm ²	5 cm ²	200 cm ²	150 cm ²
	Indirecta	No se permite	No se permite	No se permite	5 cm ²	No se permite	No se permite
Inferior	Directa	200 cm ²	5 cm ²	50 cm ²	5 cm ²	200 cm ²	150 cm ²
	Indirecta	200 cm ² (*)	No se permite	No se permite	5 cm ² (*)	200 cm ² (*)	150 cm ² (*)

* En el caso de gases menos densos que el aire, si el local o armario está situado en un primer sótano, no se debe utilizar la ventilación indirecta.

Tabla 28. Superficie libre mínima de las aberturas de ventilación

12. CÁLCULO

En los siguientes apartados se desarrollará el consumo de gas combustible en base a la demanda y a las condiciones de uso.

12.1 GRADO DE GASIFICACIÓN

En función de la potencia de diseño de la instalación individual, referida al poder calorífico superior 'Hs', se establecen tres grados de gasificación según se indica a continuación

Grado	Potencia de diseño de la instalación individual (Pi)	
	kW	W
1	$P_i \leq 30$	$P_i \leq 29958.2$
2	$30 < P_i \leq 70$	$29958.2 < P_i \leq 69902.5$
3	$P_i > 70$	$P_i > 69902.5$

Tabla 29. Grados de gasificación en función de la potencia de diseño de la instalación individual

El grado de gasificación, se determina en función de los aparatos a gas previstos en cada una de las viviendas o locales existentes en un edificio.

Se debe asignar, como mínimo, el valor máximo de la potencia de diseño correspondiente al grado 1 de gasificación (30.00 kW).

12.2 POTENCIA DE DISEÑO DE LA INSTALACIÓN INDIVIDUAL

La potencia de diseño de la instalación se determina mediante la siguiente expresión

$$P_{ii} = (Q_A + Q_B + Q_C + Q_D + \dots) \times 1,10$$

siendo:

P_{ii}: potencia de diseño de la instalación individual del local de uso no doméstico (kW)

Q_A, Q_B, Q_C, ... : consumos caloríficos, referidos al H_i, de los aparatos de consumo (kW)

1,10: coeficiente corrector medio, función de 'Hs' y de 'H_i (Hs/H_i)', del gas suministrado

En caso de utilizarse un coeficiente de simultaneidad, se debe justificar debidamente.

12.3 CAUDALES DE DISEÑO

El caudal o consumo volumétrico de una instalación o de un aparato se calcula mediante una de las siguientes expresiones, según corresponda

$$V(m^3/h) = Q(H_i)/H_i$$

$$V(m^3/h) = Q(H_s)/H_s$$

siendo:

V: caudal o consumo volumétrico de una instalación o de un aparato (m³/h)

Q(H_i): consumo calorífico nominal referido a 'H_i' (kW)

Q(H_s): consumo calorífico nominal referido a 'H_s' (kW)

H_i: poder calorífico inferior del gas suministrado (kcal/m³)

H_s: poder calorífico superior del gas suministrado (kcal/m³)

12.4 PÉRDIDAS DE CARGA

La pérdida de carga se determina mediante las fórmulas de Renouard, válidas para los casos en los que se cumple la relación

$$\frac{Q}{D} < 150$$

siendo:

Q: caudal (m³/h)

D: diámetro (mm)

Fórmulas de Renouard

- Para 0.05 bar < MOP ≤ 1.75 bar

$$P_a^2 - P_b^2 = 48,6 \times S \times L \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

- Para MOP ≤ 0.05 bar

$$P_a - P_h = 232.000 \times S \times L \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

siendo:

Pa, Pb: presiones absolutas en el origen y en el extremo del tramo cuya pérdida de carga queremos calcular, expresadas en bar para $5.00 \text{ bar} \geq \text{MOP} > 0.05 \text{ bar}$ y en mbar para $\text{MOP} \leq 50.00 \text{ mbar}$.

S: densidad corregida. Factor que depende de la densidad relativa del gas y de la viscosidad y compresibilidad del mismo. 0,6 para gas natural y 1,16 para gas propano.

S: longitud de cálculo (m). Se debe incrementar un 20% la longitud real para tener en cuenta las pérdidas debidas a accesorios, cambios de dirección, etc.

Q: caudal (m^3/h)

D: diámetro interior de la tubería (mm)

Presión final corregida

$$P_{fc} = P_f + 0.1293 \times (1 - dr) \times h$$

siendo:

P_{fc} : presión final corregida

P_f : presión final

dr: densidad del gas relativa al aire

h: desnivel geométrico

12.5 VELOCIDAD DEL GAS

La velocidad del gas en la tubería (a una temperatura de $15.00 \text{ }^\circ\text{C}$) se determinará por la fórmula:

$$V = 374 \times \frac{Q}{P \times D^2}$$

siendo:

V: velocidad del gas (m/s)

P: presión absoluta media de la conducción del tramo analizado (bar)

D: diámetro interior de la tubería (mm)

Q: Caudal (m^3/h)

12.6 CAPACIDAD DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO

El cálculo de la capacidad total de la instalación de almacenamiento se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$C = G_T \times d$$

siendo:

C: capacidad de la instalación de almacenamiento (kg)

G_T : consumo diario máximo de la instalación (kg/día)

d: autonomía (días)

12.7 VOLUMEN TOTAL DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO

Teniendo en cuenta la densidad del propano líquido y la capacidad útil de la instalación de almacenamiento, el cálculo del volumen total de la instalación de almacenamiento se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$V_T = \frac{d \times G_T}{\rho \times C_U}$$

siendo:

V_T : volumen total de la instalación (m^3)

d: autonomía (días)

G_T : consumo diario máximo de la instalación (kg/día)

ρ : densidad del propano comercial en fase líquida (510.00 kg/m^3)

C_U : capacidad útil de la instalación (0,55 en vaporización natural)

12.8 AUTONOMÍA REAL DE LA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO

El tiempo de funcionamiento de los distintos aparatos se indica en la siguiente tabla:

Aparato	Funcionamiento diario
Caldera a gas para calefacción y ACS	8.0 horas

La autonomía real de la instalación de almacenamiento se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{\rho \times C_U \times V_T}{G_T}$$

siendo:

d: autonomía (días)

V_T : volumen total geométrico (m^3)

p: densidad del propano comercial en fase líquida ($510.00 \text{ kg}/m^3$)

C_U : capacidad útil de la instalación (0,55 en vaporización natural)

G_T : consumo diario máximo de la instalación ($\text{kg}/\text{día}$)

12.9 VAPORIZACIÓN

El cálculo de la cantidad de propano 'E' que se puede vaporizar se determina mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{q \times S_M (T_e - T_p)}{C}$$

siendo:

E: capacidad de vaporización de propano (kg/h)

q: coeficiente de transmisión de calor a través de la chapa. Su valor se estima en $11.61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

T_e : temperatura exterior. Como temperatura ambiente mínima, en caso de depósitos de superficie se toma la temperatura para los cálculos de calefacción indicada en la norma UNE 100001, y en el caso de depósitos enterrados la temperatura del terreno, igual a $5.00 \text{ }^\circ\text{C}$.

T_D : temperatura de vaporización a la presión de servicio. Para una presión de operación $OP = 1.75 \text{ bar}$ sería $T_D = -18.50 \text{ }^\circ\text{C}$.

C: calor latente de vaporización del combustible. Su valor puede considerarse de $92.00 \text{ kcal}/\text{kg}$.

S_M : superficie del depósito mojada por el líquido (m^2). Viene dada por la siguiente expresión:

$$S_M = S \times n$$

siendo:

S: superficie total del depósito (m^2)

n: factor que depende del grado de llenado del depósito, según se indica en la tabla siguiente:

Grado de llenado	n
10%	0,250
20%	0,330
30%	0,390
40%	0,450

NOTA: A efectos de cálculo de la vaporización natural, se toma un grado de llenado del 30% de la capacidad del depósito.

NOTA: Es importante tener en cuenta que la vaporización de un depósito enterrado supone el 55% de la de un depósito de superficie en las mismas condiciones.

12.10 DESCARGA DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad instaladas en los depósitos deben cumplir las especificaciones de la norma UNE 60250.

Cálculo del caudal mínimo de descarga

El cálculo del caudal mínimo de evacuación de la válvula de seguridad se realiza mediante la fórmula:

$$G = 10,6552 \times S^{0,82}$$

siendo:

G: caudal de aire (m³/min)

S: superficie del depósito (m²)

Cálculo del factor de corrección

Para obtener el caudal de "GLP" se debe dividir el caudal de aire G por un factor de corrección:

$$Y = 1,2 \times \sqrt{1 - \frac{p^2}{785}}$$

siendo:

Y: factor de corrección

p: presión de tarado de la válvula de seguridad (bar)

Cálculo del caudal de descarga

El caudal mínimo de descarga de la válvula de seguridad en m³/min para depósitos de GLP se determina por:

$$C_{GLP} = \frac{G}{Y}$$

siendo:

CGLP: caudal mínimo de descarga (m³/min)

G: caudal de aire (m³/min)

Y: factor de corrección

13. DIMENSIONADO

PARÁMETROS DE CÁLCULO PARA LOS DEPÓSITOS DE GLP	
Tipo de gas suministrado	Propano
Poder calorífico superior	24800 kcal/m ³ - 11900 kcal/kg
Poder calorífico inferior	22320 kcal/m ³
Densidad relativa	1.87
Densidad corregida	1.16
Presión máxima de salida del Centro de Almacenamiento	1.75 bar
Coefficiente de transmisión global del acero	11.6 W/(m ² ·K)
Coefficiente para calcular la superficie mojada	0.390
Temperatura mínima del ambiente en que está instalado el depósito	2.2 °C
Temperatura de equilibrio líquido-gas del propano	-20 °C
Calor latente de vaporización del propano	92.0 kcal/kg
Superficie de cálculo	2.3 m ²
Consumo diario	9.5 kg
Caudal total	2.18 kg/h
Autonomía	29 días

Tabla 30. Parámetros de cálculo para los depósitos de GLP

DEPÓSITO	
Capacidad	1000 l
Clasificación	A-1
Caudal total	4.89 kg/h
Superficie del depósito	5.20 m ²
Cantidad disponible	280.50 kg
Caudal de aire a 15°C y presión atmosférica	41.18 m ³ /min

Tabla 31. Características del depósito de gas

PARÁMETROS DE CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN RECEPTORA DE GAS	
Zona climática	C
Coefficiente corrector en función de la zona climática	1.00
Tipo de gas suministrado	Propano
Poder calorífico superior	24800 kcal/m ³ - 11900 kcal/kg
Poder calorífico inferior	22320 kcal/m ³
Densidad relativa	1.87
Densidad corregida	1.16
Presión máxima de salida del Centro de Almacenamiento	1.75 bar
Presión mínima de entrada a los reguladores de aparatos	80 mbar
Presión mínima en llave de aparato	37.0 mbar
Velocidad máxima en la instalación común	20.0 m/s
Velocidad máxima en un montante individual	10.0 m/s
Velocidad máxima en la instalación interior	10.0 m/s
Coefficiente de mayoración de la longitud en conducciones	1.2
Potencia total en la acometida	30.0 kW

Tabla 32. Parámetros de cálculo de la instalación receptora de gas

INSTALACIÓN COMÚN															
Tramo	L (m)	L eq. (m)	h (m)	Qt (m ³ /h)	N	Fs	Qc (m ³ /h)	v (m/s)	P in. (mbar)	P f. (mbar)	P fc. (mbar)	ΔP (mbar)	ΔP acum. (mbar)	DN	
Dep 1 - 1	3.73	4.47	0.62	1.04	1	1.00	1.04	0.38	3000.00	2999.95	3000.02	-0.02	-0.02	Cu 16/18	
Abreviaturas utilizadas															
L	Longitud real							v	Velocidad						
L eq.	Longitud equivalente							P in.	Presión de entrada (inicial)						
h	Longitud vertical acumulada							P f.	Presión de salida (final)						
Qt	Caudal total							P fc.	Presión de salida corregida (final)						
N	Número de abonados							ΔP	Pérdida de presión						
Fs	Factor de simultaneidad							ΔP acum.	Caída de presión acumulada						
Qc	Caudal calculado							DN	Diámetro nominal						

Tabla 33. Características de la instalación común de gas

INSTALACIÓN INTERIOR												
Tramo	L (m)	L eq. (m)	h (m)	Q (m ³ /h)	v (m/s)	P in. (mbar)	P f. (mbar)	P fc. (mbar)	ΔP (mbar)	ΔP acum. (mbar)	DN	
Montante	1.64	1.97	0.50	1.04	1.41	1750.00	1749.67	1749.73	0.27	0.27	Cu 10/12	
Caldera a gas para calefacción y ACS	1.50	1.80	0.65	0.57	0.77	1749.73	1749.62	1749.55	0.18	0.45	Cu 10/12	
Abreviaturas utilizadas												
L	Longitud real					P f.	Presión de salida (final)					
L eq.	Longitud equivalente					P fc.	Presión de salida corregida (final)					
h	Longitud vertical acumulada					ΔP	Pérdida de presión					
Q	Caudal					ΔP acum.	Caída de presión acumulada					
v	Velocidad					DN	Diámetro nominal					
P in.	Presión de entrada (inicial)											

Tabla 34. Características de la instalación interior de gas

ANEJO 12: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	368
2.	EXIGENCIA BÁSICA SI 1: PROPAGACIÓN INTERIOR.....	368
2.1	COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO	368
2.2	LOCALES DE RIESGO ESPECIAL	369
2.3	ESPACIOS OCULTOS. PASO DE INSTALACIONES A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACIÓN DE INCENDIOS	369
2.4	REACCIÓN AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, DECORATIVOS Y DE MOBILIARIO	369
3.	EXIGENCIA BÁSICA SI 2: PROPAGACIÓN EXTERIOR.....	370
3.1	MEDIANERÍAS Y FACHADAS.....	370
3.2	CUBIERTAS	371
4.	EXIGENCIA BÁSICA SI 3: EVACUACIÓN DE OCUPANTES	371
4.1	COMPATIBILIDAD DE LOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN.....	371
4.2	CÁLCULO DE OCUPACIÓN, SALIDAS Y RECORRIDOS DE EVACUACIÓN	371
4.3	SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN	372
4.4	CONTROL DEL HUMO DE INCENDIO	373
5.	EXIGENCIA BÁSICA SI 4: INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	374
5.1	DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	374
5.2	SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES MANUALES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	374
6.	EXIGENCIA BÁSICA SI 5: INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS	375
6.1	CONDICIONES DE APROXIMACIÓN Y ENTORNO	375
6.2	ACCESIBILIDAD POR FACHADA.....	375
7.	EXIGENCIA BÁSICA SI 6: RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA 375	
7.1	ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES	375

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del siguiente anejo es exponer el cumplimiento del proyecto con la normativa que establece el Código Técnico de la Edificación en el apartado correspondiente a las exigencias básicas de seguridad en caso de incendios CTE DB SI.

Los cálculos se realizarán mediante el programa CYPECAD MEP v2017.d.

2. EXIGENCIA BÁSICA SI 1: PROPAGACIÓN INTERIOR

2.1 COMPARTIMENTACIÓN EN SECTORES DE INCENDIO

Las distintas zonas del edificio se agrupan en sectores de incendio, en las condiciones que se establecen en la tabla 1.1 (CTE DB SI 1 Propagación interior), que se compartimentan mediante elementos cuya resistencia al fuego satisface las condiciones establecidas en la tabla 1.2 (CTE DB SI 1 Propagación interior).

A efectos del cómputo de la superficie de un sector de incendio, se considera que los locales de riesgo especial, las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos de independencia y las escaleras compartimentadas como sector de incendios, que estén contenidos en dicho sector no forman parte del mismo.

El uso principal del edificio es Administrativo y se desarrolla en un único sector.

Sectores de incendio							
Sector	Sup. construida (m ²)		Uso previsto ⁽¹⁾	Resistencia al fuego del elemento compartimentador ⁽²⁾			
	Norma	Proyecto		Paredes y techos ⁽³⁾		Puertas	
				Norma	Proyecto	Norma	Proyecto
Sc_Administrativo_1	2500	200.01	Administrativo	EI 60	-	EI ₂ 30-C5	-
Notas: ⁽¹⁾ Según se consideran en el Anejo A Terminología (CTE DB SI). Para los usos no contemplados en este Documento Básico, se procede por asimilación en función de la densidad de ocupación, movilidad de los usuarios, etc. ⁽²⁾ Los valores mínimos están establecidos en la tabla 1.2 (CTE DB SI 1 Propagación interior). ⁽³⁾ Los techos tienen una característica 'REI', al tratarse de elementos portantes y compartimentadores de incendio.							

Tabla 1. Sectores de incendio

2.2 LOCALES DE RIESGO ESPECIAL

No existen zonas de riesgo especial en el edificio.

2.3 ESPACIOS OCULTOS. PASO DE INSTALACIONES A TRAVÉS DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTACIÓN DE INCENDIOS

La compartimentación contra incendios de los espacios ocupables tiene continuidad en los espacios ocultos, tales como patinillos, cámaras, falsos techos, suelos elevados, etc., salvo cuando éstos se compartimentan respecto de los primeros al menos con la misma resistencia al fuego, pudiendo reducirse ésta a la mitad en los registros para mantenimiento.

Se limita a tres plantas y una altura de 10 m el desarrollo vertical de las cámaras no estancas en las que existan elementos cuya clase de reacción al fuego no sea B-s3-d2, B_L-s3-d2 o mejor.

La resistencia al fuego requerida en los elementos de compartimentación de incendio se mantiene en los puntos en los que dichos elementos son atravesados por elementos de las instalaciones, tales como cables, tuberías, conducciones, conductos de ventilación, etc., excluidas las penetraciones cuya sección de paso no exceda de 50 cm².

Para ello, se optará por una de las siguientes alternativas:

- Mediante elementos que, en caso de incendio, obturen automáticamente la sección de paso y garanticen en dicho punto una resistencia al fuego al menos igual a la del elemento atravesado; por ejemplo, una compuerta cortafuegos automática EI t(i↔o) ('t' es el tiempo de resistencia al fuego requerido al elemento de compartimentación atravesado), o un dispositivo intumescente de obturación.
- Mediante elementos pasantes que aporten una resistencia al menos igual a la del elemento atravesado, por ejemplo, conductos de ventilación EI t(i↔o) ('t' es el tiempo de resistencia al fuego requerido al elemento de compartimentación atravesado).

2.4 REACCIÓN AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, DECORATIVOS Y DE MOBILIARIO

Los elementos constructivos utilizados cumplen las condiciones de reacción al fuego que se establecen en la tabla 4.1 (CTE DB SI 1 Propagación interior).

Las condiciones de reacción al fuego de los componentes de las instalaciones eléctricas (cables, tubos, bandejas, regletas, armarios, etc.) se regulan en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT-2002).

Reacción al fuego		
Situación del elemento	Revestimiento ⁽¹⁾	
	Techos y paredes ⁽²⁾⁽³⁾	Suelos ⁽²⁾
Zonas comunes del edificio	C-s2, d0	E _{FL}
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos ⁽⁴⁾ , suelos elevados, etc.	B-s3, d0	B _{FL} -s2 ⁽⁵⁾
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Siempre que se supere el 5% de las superficies totales del conjunto de las paredes, del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado.</p> <p>⁽²⁾ Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. Cuando se trate de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica, pero incorporando el subíndice 'L'.</p> <p>⁽³⁾ Incluye a aquellos materiales que constituyan una capa, contenida en el interior del techo o pared, que no esté protegida por otra que sea EI 30 como mínimo.</p> <p>⁽⁴⁾ Excepto en falsos techos existentes en el interior de las viviendas.</p> <p>⁽⁵⁾ Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Por ejemplo, en la cámara de los falsos techos se refiere al material situado en la cara superior de la membrana. En espacios con clara configuración vertical (por ejemplo, patinillos), así como cuando el falso techo esté constituido por una celosía, retícula o entramado abierto con una función acústica, decorativa, etc., esta condición no es aplicable.</p>		

Tabla 2. Reacción al fuego de los elementos constructivos

3. EXIGENCIA BÁSICA SI 2: PROPAGACIÓN EXTERIOR

3.1 MEDIANERÍAS Y FACHADAS

En fachadas, se limita el riesgo de propagación exterior horizontal del incendio mediante el control de la separación mínima entre huecos de fachada pertenecientes a sectores de incendio distintos, entre zonas de riesgo especial alto y otras zonas, o hacia una escalera o pasillo protegido desde otras zonas, entendiéndose que dichos huecos suponen áreas de fachada donde no se alcanza una resistencia al fuego mínima EI 60.

En la separación con otros edificios colindantes, los puntos de la fachada del edificio considerado con una resistencia al fuego menor que EI 60, cumplen el 50% de la distancia exigida entre zonas con resistencia menor que EI 60, hasta la bisectriz del ángulo formado por las fachadas del edificio objeto y el colindante.

Propagación horizontal				
Plantas	Fachada ⁽¹⁾	Separación ⁽²⁾	Separación horizontal mínima (m) ⁽³⁾	
			Ángulo ⁽⁴⁾	Norma Proyecto
Planta baja	Fachada cara vista de hoja de fábrica, con trasdosado autoportante	No	No procede	
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Se muestran las fachadas del edificio que incluyen huecos donde no se alcanza una resistencia al fuego EI 60.</p> <p>⁽²⁾ Se consideran aquí las separaciones entre diferentes sectores de incendio, entre zonas de riesgo especial alto y otras zonas o hacia una escalera o pasillo protegido desde otras zonas, según el punto 1.2 (CTE DB SI 2).</p> <p>⁽³⁾ Distancia mínima en proyección horizontal 'd (m)', tomando valores intermedios mediante interpolación lineal en la tabla del punto 1.2 (CTE DB SI 2).</p> <p>⁽⁴⁾ Ángulo formado por los planos exteriores de las fachadas consideradas, con un redondeo de 5°. Para fachadas paralelas y enfrentadas, se obtiene un valor de 0°.</p>				

Tabla 3. Propagación horizontal del fuego

No existe riesgo de propagación vertical del incendio por la fachada del edificio.

La clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior de las fachadas o de las superficies interiores de las cámaras ventiladas que dichas fachadas puedan tener, será B-s3 d2 o mejor hasta una altura de 3,5 m como mínimo, en aquellas fachadas cuyo arranque inferior sea accesible al público, desde la rasante exterior o desde una cubierta; y en toda la altura de la fachada cuando ésta tenga una altura superior a 18 m, con independencia de dónde se encuentre su arranque.

3.2 CUBIERTAS

No existe en el edificio riesgo alguno de propagación del incendio entre zonas de cubierta con huecos y huecos dispuestos en fachadas superiores del edificio, pertenecientes a sectores de incendio o a edificios diferentes, de acuerdo al punto 2.2 de CTE DB SI 2.

4. EXIGENCIA BÁSICA SI 3: EVACUACIÓN DE OCUPANTES

4.1 COMPATIBILIDAD DE LOS ELEMENTOS DE EVACUACIÓN

Los elementos de evacuación del edificio no deben cumplir ninguna condición especial de las definidas en el apartado 1 (DB SI 3), al no estar previsto en él ningún establecimiento de uso 'Comercial' o 'Pública Concurrencia', ni establecimientos de uso 'Docente', 'Hospitalario' o 'Residencial Público', de superficie construida mayor de 1500 m².

4.2 CÁLCULO DE OCUPACIÓN, SALIDAS Y RECORRIDOS DE EVACUACIÓN

El cálculo de la ocupación del edificio se ha resuelto mediante la aplicación de los valores de densidad de ocupación indicados en la tabla 2.1 (DB SI 3), en función del uso y superficie útil de cada zona de incendio del edificio.

En el recuento de las superficies útiles para la aplicación de las densidades de ocupación, se ha tenido en cuenta el carácter simultáneo o alternativo de las distintas zonas del edificio, según el régimen de actividad y uso previsto del mismo, de acuerdo al punto 2.2 (DB SI 3).

El número de salidas necesarias y la longitud máxima de los recorridos de evacuación asociados, se determinan según lo expuesto en la tabla 3.1 (DB SI 3), en función de la ocupación calculada. En los casos donde se necesite o proyecte más de una salida, se aplican las hipótesis de asignación de ocupantes del punto 4.1 (DB SI 3), tanto para la inutilización de salidas a efectos de cálculo de capacidad de las escaleras, como para la determinación del ancho necesario de las salidas, establecido conforme a lo indicado en la tabla 4.1 (DB SI 3).

En la planta de desembarco de las escaleras, se añade a los recorridos de evacuación el flujo de personas que proviene de las mismas, con un máximo de 160 A personas (siendo 'A' la anchura, en metros, del desembarco de la escalera), según el punto 4.1.3 (DB SI 3); y considerando el posible carácter alternativo de la ocupación que desalojan, si ésta proviene de zonas del edificio no ocupables simultáneamente, según el punto 2.2 (DB SI 3).

Ocupación, número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación									
Planta	$S_{\text{útil}}^{(1)}$ (m ²)	$\rho_{\text{ocup}}^{(2)}$ (m ² /p)	$P_{\text{calc}}^{(3)}$	Número de salidas ⁽⁴⁾		Longitud del recorrido ⁽⁵⁾ (m)		Anchura de las salidas ⁽⁶⁾ (m)	
				Norma	Proyecto	Norma	Proyecto	Norma	Proyecto
Sc_Administrativo_1 (Uso Administrativo), ocupación: 77 personas									
Planta baja	195	2.5	77	1	1	25	20.2	0.80	0.80
Notas: ⁽¹⁾ Superficie útil con ocupación no nula, $S_{\text{útil}}$ (m ²). Se contabiliza por planta la superficie afectada por una densidad de ocupación no nula, considerando también el carácter simultáneo o alternativo de las distintas zonas del edificio, según el régimen de actividad y de uso previsto del edificio, de acuerdo al punto 2.2 (DB SI 3). ⁽²⁾ Densidad de ocupación, ρ_{ocup} (m ² /p); aplicada a los recintos con ocupación no nula del sector, en cada planta, según la tabla 2.1 (DB SI 3). Los valores expresados con una cifra decimal se refieren a densidades de ocupación calculadas, resultantes de la aplicación de distintos valores de ocupación, en función del tipo de recinto, según la tabla 2.1 (DB SI 3). ⁽³⁾ Ocupación de cálculo, P_{calc} , en número de personas. Se muestran entre paréntesis las ocupaciones totales de cálculo para los recorridos de evacuación considerados, resultados de la suma de ocupación en la planta considerada más aquella procedente de plantas sin origen de evacuación, o bien de la aportación de flujo de personas de escaleras, en la planta de salida del edificio, tomando los criterios de asignación del punto 4.1.3 (DB SI 3). ⁽⁴⁾ Número de salidas de planta exigidas y ejecutadas, según los criterios de ocupación y altura de evacuación establecidos en la tabla 3.1 (DB SI 3). ⁽⁵⁾ Longitud máxima admisible y máxima en proyecto para los recorridos de evacuación de cada planta y sector, en función del uso del mismo y del número de salidas de planta disponibles, según la tabla 3.1 (DB SI 3). ⁽⁶⁾ Anchura mínima exigida y anchura mínima dispuesta en proyecto, para las puertas de paso y para las salidas de planta del recorrido de evacuación, en función de los criterios de asignación y dimensionado de los elementos de evacuación (puntos 4.1 y 4.2 de DB SI 3). La anchura de toda hoja de puerta estará comprendida entre 0.60 y 1.23 m, según la tabla 4.1 (DB SI 3).									

Tabla 4. Ocupación, número de salidas y longitud de los recorridos de evacuación

4.3 SEÑALIZACIÓN DE LOS MEDIOS DE EVACUACIÓN

Conforme a lo establecido en el apartado 7 (DB SI 3), se utilizarán señales de evacuación, definidas en la norma UNE 23034:1988, dispuestas conforme a los siguientes criterios:

- Las salidas de recinto, planta o edificio tendrán una señal con el rótulo "SALIDA", excepto en edificios de uso 'Residencial Vivienda' o, en otros usos, cuando se trate de salidas de recintos cuya superficie no exceda de 50 m², sean fácilmente visibles desde todos los puntos de dichos recintos y los ocupantes estén familiarizados con el edificio.
- La señal con el rótulo "Salida de emergencia" se utilizará en toda salida prevista para uso exclusivo en caso de emergencia.
- Se dispondrán señales indicativas de dirección de los recorridos, visibles desde todo origen de evacuación desde el que no se perciban directamente las salidas o sus señales indicativas y, en particular, frente a toda salida de un recinto con ocupación mayor que 100 personas que acceda lateralmente a un pasillo.

- En los puntos de los recorridos de evacuación en los que existan alternativas que puedan inducir a error, también se dispondrán las señales antes citadas, de forma tal que quede claramente indicada la alternativa correcta. Tal es el caso de determinados cruces o bifurcaciones de pasillos, así como de aquellas escaleras que, en la planta de salida del edificio, continúen su trazado hacia plantas más bajas, etc.
- En dichos recorridos, junto a las puertas que no sean salida y que puedan inducir a error en la evacuación, debe disponerse la señal con el rótulo "Sin salida" en lugar fácilmente visible, pero en ningún caso sobre las hojas de las puertas.
- Las señales se dispondrán de forma coherente con la asignación de ocupantes que se pretenda hacer a cada salida de planta, conforme a lo establecido en el apartado 4 (DB SI 3).
- Los itinerarios accesibles para personas con discapacidad (definidos en el Anejo A de CTE DB SUA) que conduzcan a una zona de refugio, a un sector de incendio alternativo previsto para la evacuación de personas con discapacidad, o a una salida del edificio accesible, se señalarán mediante las señales establecidas en los párrafos anteriores a), b), c) y d) acompañadas del SIA (Símbolo Internacional de Accesibilidad para la movilidad). Cuando dichos itinerarios accesibles conduzcan a una zona de refugio o a un sector de incendio alternativo previsto para la evacuación de personas con discapacidad, irán además acompañadas del rótulo "ZONA DE REFUGIO".
- La superficie de las zonas de refugio se señalará mediante diferente color en el pavimento y el rótulo "ZONA DE REFUGIO" acompañado del SIA colocado en una pared adyacente a la zona.

Las señales serán visibles incluso en caso de fallo en el suministro al alumbrado normal. Cuando sean fotoluminiscentes, sus características de emisión luminosa cumplirán lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.

4.4 CONTROL DEL HUMO DE INCENDIO

No se ha previsto en el edificio ningún sistema de control del humo de incendio, por no existir en él ninguna zona correspondiente a los usos recogidos en el apartado 8 (DB SI 3):

- Zonas de uso Aparcamiento que no tengan la consideración de aparcamiento abierto;
- Establecimientos de uso Comercial o Pública Concurrencia cuya ocupación exceda de 1000 personas;

- Atrios, cuando su ocupación, en el conjunto de las zonas y plantas que constituyan un mismo sector de incendio, exceda de 500 personas, o bien cuando esté prevista su utilización para la evacuación de más de 500 personas.

5. EXIGENCIA BÁSICA SI 4: INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

5.1 DOTACIÓN DE INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

El edificio dispone de los equipos e instalaciones de protección contra incendios requeridos según la tabla 1.1 de DB SI 4 Instalaciones de protección contra incendios. El diseño, ejecución, puesta en funcionamiento y mantenimiento de dichas instalaciones, así como sus materiales, componentes y equipos, cumplirán lo establecido, tanto en el artículo 3.1 del CTE, como en el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios (RD. 1942/1993, de 5 de noviembre), en sus disposiciones complementarias y en cualquier otra reglamentación específica que les sea de aplicación.

Dotación de instalaciones de protección contra incendios en los sectores de incendio					
Dotación	Extintores portátiles ⁽¹⁾	Bocas de incendio equipadas	Columna seca	Sistema de detección y alarma	Instalación automática de extinción
Sc_Administrativo_1 (Uso 'Administrativo')					
Norma	Sí	No	No	No	No
Proyecto	Sí (7)	No	No	No	No
Notas: ⁽¹⁾ Se indica el número de extintores dispuestos en cada sector de incendio. Con dicha disposición, los recorridos de evacuación quedan cubiertos, cumpliendo la distancia máxima de 15 m desde todo origen de evacuación, de acuerdo a la tabla 1.1, DB SI 4. Los extintores que se han dispuesto, cumplen la eficacia mínima exigida: de polvo químico ABC polivalente, de eficacia 21A-144B-C.					

Tabla 5. Dotación de instalaciones de protección contra incendios en los sectores de incendio

5.2 SEÑALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES MANUALES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Los medios de protección contra incendios de utilización manual (extintores, bocas de incendio, hidrantes exteriores, pulsadores manuales de alarma y dispositivos de disparo de sistemas de extinción) están señalizados mediante las correspondientes señales definidas en la norma UNE 23033-1. Las dimensiones de dichas señales, dependiendo de la distancia de observación, son las siguientes:

- De 210 x 210 mm cuando la distancia de observación no es superior a 10 m.
- De 420 x 420 mm cuando la distancia de observación está comprendida entre 10 y 20 m.

- De 594 x 594 mm cuando la distancia de observación está comprendida entre 20 y 30 m.

Las señales serán visibles, incluso en caso de fallo en el suministro eléctrico del alumbrado normal, mediante el alumbrado de emergencia o por fotoluminiscencia. Para las señales fotoluminiscentes, sus características de emisión luminosa cumplen lo establecido en las normas UNE 23035-1:2003, UNE 23035-2:2003 y UNE 23035-4:2003 y su mantenimiento se realizará conforme a lo establecido en la norma UNE 23035-3:2003.

6. EXIGENCIA BÁSICA SI 5: INTERVENCIÓN DE LOS BOMBEROS

6.1 CONDICIONES DE APROXIMACIÓN Y ENTORNO

Como la altura de evacuación del edificio (0.0 m) es inferior a 9 m, según el punto 1.2 (CTE DB SI 5) no es necesario justificar las condiciones del vial de aproximación, ni del espacio de maniobra para los bomberos, a disponer en las fachadas donde se sitúan los accesos al edificio.

6.2 ACCESIBILIDAD POR FACHADA

Como la altura de evacuación del edificio (0.0 m) es inferior a 9 m, según el punto 1.2 (CTE DB SI 5) no es necesario justificar las condiciones de accesibilidad por fachada para el personal del servicio de extinción de incendio.

7. EXIGENCIA BÁSICA SI 6: RESISTENCIA AL FUEGO DE LA ESTRUCTURA

7.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES PRINCIPALES

La resistencia al fuego de los elementos estructurales principales del edificio es suficiente si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

- Alcanzan la clase indicada en las tablas 3.1 y 3.2 (CTE DB SI 6 Resistencia al fuego de la estructura), que representan el tiempo de resistencia en minutos ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura en función del uso del sector de incendio o zona de riesgo especial, y de la altura de evacuación del edificio.
- Soportan dicha acción durante el tiempo equivalente de exposición al fuego indicado en el Anejo B (CTE DB SI Seguridad en caso de incendio).

Resistencia al fuego de la estructura						
Sector o local de riesgo especial ⁽¹⁾	Uso de la zona inferior al forjado considerado	Planta superior al forjado considerado	Material estructural considerado ⁽²⁾			Estabilidad al fuego mínima de los elementos estructurales ⁽³⁾
			Soportes	Vigas	Forjados	
Sc_Administrativo_1	Administrativo	Cubierta	estructura metálica	estructura metálica	estructura metálica	R 60
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Sector de incendio, zona de riesgo especial o zona protegida de mayor limitación en cuanto al tiempo de resistencia al fuego requerido a sus elementos estructurales. Los elementos estructurales interiores de una escalera protegida o de un pasillo protegido serán como mínimo R 30. Cuando se trate de escaleras especialmente protegidas no es necesario comprobar la resistencia al fuego de los elementos estructurales.</p> <p>⁽²⁾ Se define el material estructural empleado en cada uno de los elementos estructurales principales (soportes, vigas, forjados, losas, tirantes, etc.)</p> <p>⁽³⁾ La resistencia al fuego de un elemento se establece comprobando las dimensiones de su sección transversal, obteniendo su resistencia por los métodos simplificados de cálculo dados en los Anejos B a F (CTE DB SI Seguridad en caso de incendio), aproximados para la mayoría de las situaciones habituales.</p>						

Tabla 6. Resistencia al fuego de la estructura

ANEJO 13: ACCESIBILIDAD

ÍNDICE

1. OBJETO.....	377
2. LEGISLACIÓN APLICABLE	377
3. CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD.....	377
3.1 CONDICIONES FUNCIONALES.....	377
ACCESIBILIDAD EN EL EXTERIOR DEL EDIFICIO	377
ACCESIBILIDAD EN LAS PLANTAS DEL EDIFICIO	377
3.2 DOTACIÓN DE ELEMENTOS ACCESIBLES.....	378
PLAZAS DE APARCAMIENTO ACCESIBLES.....	378
SERVICIOS HIGIÉNICOS ACCESIBLES	378
MOBILIARIO FIJO.....	378
MECANISMOS	378
4. CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACION Y SEÑALIZACION PARA LA ACCESIBILIDAD	378
4.1 DOTACIÓN.....	378
4.2 CARACTERÍSTICAS	379
5. TERMINOLOGÍA	380
5.1 ITINERARIO ACCESIBLE.....	380
5.2 MECANISMOS ACCESIBLES	380
5.3 PLAZA DE APARCAMIENTO ACCESIBLE.....	381
5.4 PUNTO DE ATENCIÓN ACCESIBLE.....	381
5.5 SERVICIOS HIGIÉNICOS ACCESIBLES.....	381

1. OBJETO

El propósito de este documento es fijar y detallar las características que debe tener la nave proyectada en cuanto a la normativa de accesibilidad para facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los mismos a las personas con discapacidad. De esta manera, las personas que tengan discapacidades puedan entrar al recinto sin limitaciones de acceso.

2. LEGISLACIÓN APLICABLE

La norma que debe cumplir es la establecida en el CTE DB-SUA, en el apartado 9 referente a la accesibilidad. Esta normativa tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad.

3. CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización del recinto a las personas con discapacidad se cumplirán las condiciones funcionales y de dotación accesibles.

3.1 CONDICIONES FUNCIONALES

- ACCESIBILIDAD EN EL EXTERIOR DEL EDIFICIO

La parcela dispondrá al menos de un itinerario accesible que comunique una entrada principal al edificio, y en conjuntos de viviendas unifamiliares una entrada a la zona privativa de cada vivienda, con la vía pública y con las zonas comunes exteriores, tales como aparcamientos exteriores propios del edificio, jardines, piscinas, zonas deportivas, etc.

- ACCESIBILIDAD EN LAS PLANTAS DEL EDIFICIO

El edificio dispondrá de un itinerario accesible que comunique el acceso a la planta desde las zonas de uso privado exceptuando las zonas de ocupación nula, y con los elementos accesibles, tales como plazas de aparcamiento accesibles, servicios higiénicos accesibles, plazas reservadas en salones de actos y en zonas de espera con asientos fijos, alojamientos accesibles, puntos de atención accesibles, etc.

3.2 DOTACIÓN DE ELEMENTOS ACCESIBLES

- PLAZAS DE APARCAMIENTO ACCESIBLES

La nave deberá disponer de una plaza accesible por cada 33 plazas de aparcamiento o fracción.

- SERVICIOS HIGIÉNICOS ACCESIBLES

La nave dispondrá de un aseo accesible por cada 10 unidades o fracción de inodoros instalados, pudiendo ser de uso compartido para ambos sexos.

Además, en cada vestuario, tendrá una ducha accesible por cada 10 unidades o fracción de los instalados

- MOBILIARIO FIJO

El mobiliario fijo en zonas de atención al público incluirá al menos un punto de atención accesible.

- MECANISMOS

Los interruptores, los dispositivos de intercomunicación y los pulsadores de alarma serán mecanismos accesibles.

4. CONDICIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LA INFORMACION Y SEÑALIZACION PARA LA ACCESIBILIDAD

4.1 DOTACIÓN

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización independiente, no discriminatoria y segura de los edificios, se señalarán los elementos que se indican en la tabla 1 con las características indicadas en el apartado 4.2 siguiente, en función de la zona en la que se encuentren.

Elementos accesibles	En zonas de uso privado	En zonas de uso público
Entradas al edificio accesibles	Cuando existan varias entradas al edificio	En todo caso
<i>Itinerarios accesibles</i>	Cuando existan varios recorridos alternativos	En todo caso
<i>Ascensores accesibles,</i>		En todo caso
Plazas reservadas		En todo caso
Zonas dotadas con bucle magnético u otros sistemas adaptados para personas con discapacidad auditiva		En todo caso
<i>Plazas de aparcamiento accesibles</i>	En todo caso, excepto en uso <i>Residencial Vivienda</i> las vinculadas a un residente	En todo caso
<i>Servicios higiénicos accesibles</i> (aseo accesible, ducha accesible, cabina de vestuario accesible)	---	En todo caso
Servicios higiénicos de <i>uso general</i>	---	En todo caso
<i>Itinerario accesible</i> que comunique la vía pública con los <i>puntos de llamada accesibles</i> o, en su ausencia, con los <i>puntos de atención accesibles</i>	---	En todo caso

Tabla 1. Señalización de elementos accesibles en función de su localización

4.2 CARACTERÍSTICAS

- Las entradas al edificio accesibles, los itinerarios accesibles, las plazas de aparcamiento accesibles y los servicios higiénicos accesibles (aseo, cabina de vestuario y ducha accesible) se señalarán mediante SIA, complementado, en su caso, con flecha direccional.
- Los servicios higiénicos de uso general se señalarán con pictogramas normalizados de sexo en alto relieve y contraste cromático, a una altura entre 0,80 y 1,20 m, junto al marco, a la derecha de la puerta y en el sentido de la entrada.
- Las bandas señalizadoras visuales y táctiles serán de color contrastado con el pavimento, con relieve de altura 3 ± 1 mm en interiores y 5 ± 1 mm en exteriores. Las exigidas para señalar el itinerario accesible hasta un punto de llamada accesible o hasta un punto de atención accesible, serán de acanaladura paralela a la dirección de la marcha y de anchura 40 cm.
- Las características y dimensiones del Símbolo Internacional de Accesibilidad para la movilidad (SIA) se establecen en la norma UNE 41501:2002.

5. TERMINOLOGÍA

5.1 ITINERARIO ACCESIBLE

Aquel que, siendo utilizado en ambos sentidos, cumple las siguientes condiciones:

- Desniveles	- Los desniveles se salvan mediante rampa accesible conforme al apartado 4 del SUA 1, o <i>ascensor accesible</i> . No se admiten escalones
- Espacio para giro	- Diámetro Ø 1,50 m libre de obstáculos en el vestíbulo de entrada, o portal, al fondo de pasillos de más de 10 m y frente a <i>ascensores accesibles</i> o al espacio dejado en previsión para ellos
- Pasillos y pasos	- Anchura libre de paso $\geq 1,20$ m. En zonas comunes de edificios de <i>uso Residencial Vivienda</i> se admite 1,10 m - Estrechamientos puntuales de anchura $\geq 1,00$ m, de longitud $\leq 0,50$ m, y con separación $\geq 0,65$ m a huecos de paso o a cambios de dirección
- Puertas	- Anchura libre de paso $\geq 0,80$ m medida en el marco y aportada por no más de una hoja. En el ángulo de máxima apertura de la puerta, la anchura libre de paso reducida por el grosor de la hoja de la puerta debe ser $\geq 0,78$ m - Mecanismos de apertura y cierre situados a una altura entre 0,80 - 1,20 m, de funcionamiento a presión o palanca y maniobrables con una sola mano, o son automáticos - En ambas caras de las puertas existe un espacio horizontal libre del barrido de las hojas de diámetro Ø 1,20 m - Distancia desde el mecanismo de apertura hasta el encuentro en rincón $\geq 0,30$ m - Fuerza de apertura de las puertas de salida ≤ 25 N (≤ 65 N cuando sean resistentes al fuego)
- Pavimento	- No contiene piezas ni elementos sueltos, tales como gravas o arenas. Los felpudos y moquetas están encastrados o fijados al suelo - Para permitir la circulación y arrastre de elementos pesados, sillas de ruedas, etc., los suelos son resistentes a la deformación
- Pendiente	- La pendiente en sentido de la marcha es $\leq 4\%$, o cumple las condiciones de rampa accesible, y la pendiente transversal al sentido de la marcha es $\leq 2\%$

Tabla 2. Características de los itinerarios accesibles en función de su ubicación

5.2 MECANISMOS ACCESIBLES

Son los que cumplen las siguientes características:

- Están situados a una altura comprendida entre 80 y 120 cm cuando se trate de elementos de mando y control, y entre 40 y 120 cm cuando sean tomas de corriente o de señal.
- La distancia a encuentros en rincón es de 35 cm, como mínimo.
- Los interruptores y los pulsadores de alarma son de fácil accionamiento mediante puño cerrado, codo y con una mano, o bien de tipo automático.
- Tienen contraste cromático respecto del entorno.
- No se admiten interruptores de giro y palanca.
- No se admite iluminación con temporización en cabinas de aseos accesibles y vestuarios accesibles.

5.3 PLAZA DE APARCAMIENTO ACCESIBLE

Es una plaza de aparcamiento que cumple las siguientes condiciones:

- Está situada próxima al acceso peatonal al aparcamiento y comunicada con él mediante un itinerario accesible.
- Dispone de un espacio anejo de aproximación y transferencia, lateral de anchura $\geq 1,20$ m si la plaza es en batería, pudiendo compartirse por dos plazas contiguas, y trasero de longitud $\geq 3,00$ m si la plaza es en línea.

5.4 PUNTO DE ATENCIÓN ACCESIBLE

El mostrador de información y atención al público deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Está comunicado mediante un itinerario accesible con una entrada principal accesible al edificio.
- Su plano de trabajo tiene una anchura de 0,80 m, como mínimo, está situado a una altura de 0,85 m, como máximo, y tiene un espacio libre inferior de 70 x 80 x 50 cm (altura x anchura x profundidad), como mínimo.

5.5 SERVICIOS HIGIÉNICOS ACCESIBLES

Son los que cumplen las condiciones que se establecen en la siguiente tabla:

- Aseo accesible	<ul style="list-style-type: none"> - Está comunicado con un <i>itinerario accesible</i> - Espacio para giro de diámetro \varnothing 1,50 m libre de obstáculos - Puertas que cumplen las condiciones del <i>itinerario accesible</i>. Son abatibles hacia el exterior o correderas - Dispone de barras de apoyo, mecanismos y accesorios diferenciados cromáticamente del entorno
- Vestuario con elementos accesibles	<ul style="list-style-type: none"> - Está comunicado con un <i>itinerario accesible</i> - Espacio de circulación <ul style="list-style-type: none"> - En baterías de lavabos, duchas, vestuarios, espacios de taquillas, etc., anchura libre de paso $\geq 1,20$ m - Espacio para giro de diámetro \varnothing 1,50 m libre de obstáculos - Puertas que cumplen las características del <i>itinerario accesible</i>. Las puertas de cabinas de vestuario, aseos y duchas accesibles son abatibles hacia el exterior o correderas - Aseos accesibles <ul style="list-style-type: none"> - Cumplen las condiciones de los aseos accesibles - Duchas accesibles, vestuarios accesibles <ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones de la plaza de usuarios de silla de ruedas 0,80 x 1,20 m - Si es un recinto cerrado, espacio para giro de diámetro \varnothing 1,50 m libre de obstáculos - Dispone de barras de apoyo, mecanismos, accesorios y asientos de apoyo diferenciados cromáticamente del entorno

Tabla 3. Características de los servicios higiénicos accesibles

El equipamiento de los aseos accesibles cumple las condiciones que se establecen en la siguiente tabla:

- Aparatos sanitarios accesibles	- Lavabo	- Espacio libre inferior mínimo de 70 (altura) x 50 (profundidad) cm. Sin pedestal - Altura de la cara superior \leq 85 cm
	- Inodoro	- Espacio de transferencia lateral de anchura \geq 80 cm y \geq 75 cm de fondo hasta el borde frontal del inodoro. En <i>uso público</i> , espacio de transferencia a ambos lados - Altura del asiento entre 45 – 50 cm
	- Ducha	- Espacio de transferencia lateral de anchura \geq 80 cm al lado del asiento - Suelo enrasado con pendiente de evacuación \leq 2%
	- Urinario	- Cuando haya más de 5 unidades, altura del borde entre 30-40 cm al menos en una unidad
- Barras de apoyo	- Fáciles de asir, sección circular de diámetro 30-40 mm. Separadas del paramento 45-55 mm	
	- Fijación y soporte soportan una fuerza de 1 kN en cualquier dirección	
	- Barras horizontales	- Se sitúan a una altura entre 70-75 cm - De longitud \geq 70 cm - Son abatibles las del lado de la transferencia
	- En inodoros	- Una barra horizontal a cada lado, separadas entre sí 65 – 70 cm
- En duchas	- En el lado del asiento, barras de apoyo horizontal de forma perimetral en al menos dos paredes que formen esquina y una barra vertical en la pared a 60 cm de la esquina o del respaldo del asiento	
- Mecanismos y accesorios	- Mecanismos de descarga a presión o palanca, con pulsadores de gran superficie	
	- Grifería automática dotada de un sistema de detección de presencia o manual de tipo monomando con palanca alargada de tipo gerontológico. Alcance horizontal desde asiento \leq 60 cm	
	- Espejo, altura del borde inferior del espejo \leq 0,90 m, o es orientable hasta al menos 10° sobre la vertical	
	- Altura de uso de mecanismos y accesorios entre 0,70 – 1,20 m	
- Asientos de apoyo en duchas y vestuarios	- Dispondrán de asiento de 40 (profundidad) x 40 (anchura) x 45-50 cm (altura), abatible y con respaldo	
	- Espacio de transferencia lateral \geq 80 cm a un lado	

Tabla 4. Características del equipamiento de los aseos accesibles

**ANEJO 14: APARCAMIENTO
SUPERFICIAL**

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	383
2. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA Y SU ENTORNO.....	383
3. CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO	383
4. EXPLANADA	384
4.1 FORMACIÓN DE LA EXPLANADA	384
4.2 MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE LA EXPLANADA	385
5. SECCIONES DE FIRME.....	386
5.1 CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME.....	386
5.2 MATERIALES PARA LAS SECCIONES DE FIRME.....	387
6. SECCION FIRME DE CARRETERA	389
7. EVACUACIÓN DE AGUAS	389

1. INTRODUCCION

El objeto de este anejo es definir las características del pavimento para la construcción de un aparcamiento con servicio de acogida para los asistentes de la oficina proyectada, así como especificar todos los materiales a utilizar.

2. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA Y SU ENTORNO

La parte de parcela destinada a la construcción del aparcamiento tiene una superficie aproximada de 1.150,00 m². Bordeando a la parcela por su lado sur, existe un vial de tráfico rodado y por su lado oeste, una vía de acceso a las viviendas colindantes.

En cuanto al uso del aparcamiento en superficie como lugar de estacionamiento de vehículos de los usuarios asistentes a la oficina, una vez realizada la distribución de parcelas y tras reservar las parcelas que se destinarán al servicio de acogida de motocicletas y bicicletas, el aparcamiento dispondrá de otras 30 parcelas, 1 de las cuales estará reservadas para vehículos de personas con discapacidad.

En cuanto al uso de servicio de acogida de motocicletas y bicicletas, se ha establecido que podría ser suficiente en principio con aproximadamente 50 m², todo ello sin disponer de un estudio previo de la posible demanda esperada.

3. CATEGORÍA DE TRÁFICO DE PROYECTO

La estructura del firme, deberá adecuarse, entre otros factores, a la acción prevista del tráfico, fundamentalmente del más pesado, durante la vida útil del firme. Por ello, la sección estructural del firme dependerá en primer lugar de la intensidad media diaria de vehículos pesados (IMDp) que se prevea en el carril de proyecto en el año de puesta en servicio. Dicha intensidad se utilizará para establecer la categoría de tráfico pesado.

Para evaluarla se partirá de los aforos, de la proporción de vehículos pesados y de otros datos disponibles. Se tendrá en cuenta especialmente el tráfico inducido y el generado en los meses siguientes a la puesta en servicio, ya que la experiencia pone de manifiesto que puede llegar a modificar la categoría de tráfico pesado inicialmente considerada.

CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO	T00	T0	T1	T2	T31	T32	T41	T42
IMDp (vehículos pesados/día)	≥ 4 000	< 4 000 ≥ 2 000	< 2 000 ≥ 800	< 800 ≥ 200	< 200 ≥ 100	< 100 ≥ 50	< 50 ≥ 25	< 25

Tabla 1. Categorías de tráfico pesado. FUENTE: Norma 6.1 IC

En el aparcamiento no habrá circulación de vehículos pesados, salvo en ocasiones puntuales que pueda ser utilizada por ambulancias o servicios de bomberos. Por lo tanto, atendiendo a la tabla 1, la categoría de tráfico pesado del aparcamiento será la más baja,

T42. No se realizará el cálculo del IMD_p ya que como se ha comentado anteriormente, será 0 o un valor próximo a 0.

4. EXPLANADA

4.1 FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

A los efectos de definir la estructura del firme en cada caso, se establecen tres categorías de explanada, denominadas respectivamente E1, E2 y E3. Estas categorías se determinan según el módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga (E_{v2}), obtenido de acuerdo con la NLT-357 «Ensayo de carga con placa», cuyos valores se recogen en la tabla 2.

CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	E2	E3
E_{v2} (MPa)	≥ 60	≥ 120	≥ 300

Tabla 2. Módulo de compresibilidad en el segundo ciclo de carga. FUENTE: Norma 6.1 IC

La formación de las explanadas de las distintas categorías se recoge en la figura 1, dependiendo del tipo de suelo de la explanación o de la obra de tierra subyacente, y de las características y espesores de los materiales disponibles.

CATEGORÍA DE EXPLANADA	TIPOS DE SUELOS DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (TERRAPLENES, PEDRAPLENES O RELLENOS TODO-UNO)				
	SUELOS INADECUADOS Y MARGINALES (IN)	SUELOS TOLERABLES (0)	SUELOS ADECUADOS (1)	SUELOS SELECCIONADOS (2) y (3)	ROCA (R)
E1 $E_{v2} \geq 60$ MPa					
E2 $E_{v2} \geq 120$ MPa					
E3 $E_{v2} \geq 300$ MPa					

IN Suelo inadecuado o marginal (Art. 330 del PG-3)

0 Suelo tolerable (Art. 330 del PG-3)

1 Suelo adecuado (Art. 330 del PG-3)

2 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

3 Suelo seleccionado (Art. 330 del PG-3)

S-EST 1 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 2 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

S-EST 3 Suelo estabilizado in situ (Art. 512 del PG-3)

HM-20 Hormigón (Art. 610 del PG-3)

tipo de material

espesor mínimo en cm

S-EST3 30

2

suelo de explanación o de la obra de tierra subyacente

Figura 1. Formación de la explanada

Para la correcta aplicación de la figura 1 se deberán tener en cuenta los siguientes criterios:

- Todos los espesores que se indican son los mínimos especificados para cualquier punto de la sección transversal de la explanada.
- Los materiales empleados han de cumplir las prescripciones contenidas en los correspondientes artículos del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3), además de las complementarias recogidas en la tabla 4 de esta norma.
- La figura 1 se estructura según el tipo de suelo de la explanación en el caso de los desmontes, o de la obra de tierra subyacente en el caso de los rellenos (terraplenes, pedraplenes o rellenos todo-uno). Se consideran los siguientes tipos: inadecuados y marginales (IN), tolerables (0), adecuados (1), seleccionados (2), seleccionados con $CBR \geq 20$ en las condiciones de puesta en obra (3) y roca (R). A los efectos de aplicación de esta norma, los pedraplenes (artículo 331 del PG-3) y los rellenos todo-uno (artículo 333 del PG-3), salvo que se proyecten con materiales marginales de los definidos en el artículo 330 del PG-3, serán asimilables a los suelos tipo 3.
- Para poder asignar a los suelos de la explanación o de la obra de tierra subyacente una determinada clasificación, deberán tener un espesor mínimo de un metro (1 m) del material indicado en la figura 1. En caso contrario, se asignará la clasificación inmediatamente inferior.
- Salvo justificación en contrario, será preceptivo proyectar una capa de separación (estabilización in situ con cal en 15 cm de espesor, geotextil, membrana plástica, etc.) entre los suelos inadecuados o marginales con finos plásticos y las capas de suelo adecuado o seleccionado, para la formación de explanadas del tipo E2 y E3 en las categorías de tráfico pesado T00 a T2.
- Los espesores prescritos en la figura 1 no podrán ser reducidos, aunque se recurra al empleo de materiales de calidad superior a la especificada en cada una de las secciones.

Debido al movimiento de tierras que se realizará en la parcela y que la excavación llegará hasta la roca que está bajo la tierra vegetal y las arcillas, y que se realizará un encachado de 70 centímetros como indica el anejo 5 observando la figura 1, se determina que el tipo de suelo será roca y la explanada será E3.

4.2 MATERIALES PARA LA FORMACIÓN DE LA EXPLANADA

En desmontes en roca se evitará la retención del agua en la explanada mediante un sistema de drenaje adecuado y el relleno con hormigón tipo HM-20 (Art. 610 del PG-3) de las depresiones que puedan retener el agua o impedir su escurrimiento.

5. SECCIONES DE FIRME

5.1 CATÁLOGO DE SECCIONES DE FIRME

En esta norma se ha optado, para el dimensionamiento de las secciones de firme, por el procedimiento más generalizado entre las Administraciones de Carreteras. Se basa, fundamentalmente, en las relaciones, en cada tipo de sección estructural, entre las intensidades de tráfico pesado y los niveles de deterioro admisibles al final de la vida útil. Sin embargo, en la preparación de la figura 2 se ha recurrido también a comprobaciones analíticas.

La figura 2 recoge las secciones de firme según la categoría de tráfico pesado y la categoría de explanada. Entre las posibles soluciones se seleccionará en cada caso concreto la más adecuada técnica y económicamente. Todos los espesores de capa señalados se considerarán mínimos en cualquier punto de la sección transversal del carril de proyecto.

Cada sección se designa por un número de tres o cuatro cifras:

- la primera (si son tres cifras) o las dos primeras (si son cuatro cifras) indican la categoría de tráfico pesado, desde T00 a T42.
- la penúltima expresa la categoría de explanada, desde E1 a E3.
- la última hace referencia al tipo de firme, con el siguiente criterio:

1: Mezclas bituminosas sobre capa granular.

2: Mezclas bituminosas sobre suelocemento.

3: Mezclas bituminosas sobre gravacemento construida sobre suelocemento.

4: Pavimento de hormigón

A continuación, en la figura 2, se muestra el catálogo de secciones de firme solamente desde la categoría de tráfico pesado T31 hasta la T42, entre la que estará la categoría del firme del proyecto.

		CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO											
		T31			T32			T41			T42		
CATEGORÍA DE EXPLANADA	E1	3111 MB 20 ZA 40	3112 MB 15 SC 30	3114 HF 21 ZA 30	3211 MB 18 ZA 40	3212 MB 12 SC 30	3214 HF 21 ZA 20	4111 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 40	4112 MB 8 SC 30	4114 HF 20 ZA 20	4211 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 35	4212 MB 5 SC 25	4214 HF 18 ZA 20
	E2	3121 MB 16 ZA 40	3122 MB 12 SC 30	3124 HF 21 ZA 25	3221 MB 15 ZA 35	3222 MB 10 SC 30	3224 HF 21 ZA 20	4121 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 30	4122 MB 8 SC 25	4124 HF 20	4221 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 25	4222 MB 5 SC 22	4224 HF 18
	E3	3131 MB 16 ZA 25	3132 MB 12 SC 22	3134 HF 21 ZA 20	3231 MB 15 ZA 20	3232 MB 10 SC 22	3234 HF 21	4131 MB 10 ⁽¹⁾ ZA 20	4132 MB 8 SC 20	4134 HF 20	4231 MB 5 ⁽¹⁾ ZA 20	4232 MB 5 SC 20	4234 HF 18

Espesores mínimos en cm

MB Mezclas bituminosas
HF Hormigón de firme
SC Suelocemento
ZA Zahorra artificial

(1) Estas capas bituminosas podrán ser proyectadas con mezclas bituminosas en caliente muy flexibles, gravaemulsión sellada con un tratamiento superficial o mezcla bituminosa abierta en frío sellada con un tratamiento superficial.

Nota 1: Para las categorías de tráfico pesado T3 (T31 y T32) las capas tratadas con cemento deberán prefisurarse con espaciamientos de 3 a 4 m, de acuerdo con el artículo 513 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales (PG-3).

Nota 2: En la categoría de tráfico pesado T42 con tráficos de intensidad reducida (menor que 100 vehículos/carril/día) podrá disponerse un riego con gravilla bicapa como sustitución de los 5 cm de mezcla bituminosa.

Figura 2. Catálogo de secciones de firme para las categorías de tráfico pesado T31-T42. FUENTE: Norma 6.1 IC

Como se ha explicado en el anejo 5, desde la roca hasta la cota deseada se rellenará toda la superficie de zahorra. Por lo tanto, la sección de firme que se utilizará para el aparcamiento será la número 4231, que se compondrá de un espesor mínimo de 5 centímetros de mezcla bituminosa y 20 centímetros de zahorra. Igualmente, como se ha definido en el anejo de movimiento de tierras, el espesor de la zahorra se superará ya que se realizará un relleno de 25 centímetros.

5.2 MATERIALES PARA LAS SECCIONES DE FIRME

Los espesores de cada capa vendrán determinados por los valores dados en la tabla 3. Salvo justificación en contrario las secciones de firme se proyectarán con el menor número de capas posible compatible con los valores de dicha tabla, al objeto de proporcionar una mayor continuidad estructural del firme.

En las secciones en las que haya más de una capa de mezcla bituminosa el espesor de la capa inferior será mayor o igual al espesor de las superiores.

TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA (*)	CATEGORÍA DE TRÁFICO PESADO		
		T00 a T1	T2 y T31	T32 y T4 (T41 y T42)
Rodadura	PA	4		
	M	3	2-3	
	F			
	D y S		6-5	5
Intermedia	D y S	5-10 ^(**)		
Base	S y G	7-15		
	MAM	7-13		

Tabla 3. Espesor de capas de mezcla bituminosa en caliente. FUENTE: Norma 6.1 IC

Debido a la categoría de tráfico pesado definida, solo se podrán utilizar dos tipos de mezclas:

- Mezclas bituminosas en caliente D y S
- Mezclas bituminosas discontinuas en caliente M y F

Debido a que la mezcla bituminosa deberá tener 5 centímetros de espesor, se elegirá mezclas bituminosas en caliente D y S para tener el espesor completo del mismo tipo de mezcla.

TIPO DE CAPA	ESPESOR (cm)	TIPO DE MEZCLA	
		Denominación UNE-EN 13108-1(*)	Denominación anterior
RODADURA	4 – 5	AC16 surf D AC16 surf S	D12 S12
	> 5	AC22 surf D AC22 surf S	D20 S20
INTERMEDIA	5-10	AC22 bin D	D20
		AC22 bin S	S20
		AC32 bin S	S25
		AC 22 bin S MAM (**)	MAM(**)
BASE	7-15	AC32 base S	S25
		AC22 base G	G20
		AC32 base G	G25
		AC 22 base S MAM (***)	MAM(***)
ARCENES(****)	4-6	AC16 surf D	D12

(*) Se ha omitido en la denominación de la mezcla la indicación del tipo de ligante por no ser relevante a efectos de esta tabla.

(**) Espesor mínimo de seis centímetros (6 cm).

(***) Espesor máximo de trece centímetros (13 cm).

(****) En el caso de que no se emplee el mismo tipo de mezcla que en la capa de rodadura de la calzada.

Tabla 4. Tipo de mezcla a utilizar en función del tipo y espesor de la capa. FUENTE: Norma 6.1 IC

Como se observa en la tabla 4, solo se podrán elegir dos tipos de mezcla para la capa de rodadura. Para la ejecución del pavimento se ha elegido un pavimento de 5 centímetros de espesor con una mezcla de tipo AC16 surf S según denominación UNE-EN 13108-1.

Además, entre la zahorra con la que se rellenará la excavación y la mezcla bituminosa final, se efectuará un riego de imprimación como marca el apartado 6.2.1.4 de la Norma 6.1 IC donde se define que “Sobre la capa granular que vaya a recibir una capa de mezcla bituminosa o un tratamiento superficial, deberá efectuarse, previamente, un riego de imprimación, definido en el artículo 530 del PG-3.”

6. SECCION FIRME DE CARRETERA

A continuación, se muestra el esquema final del firme de la carretera:

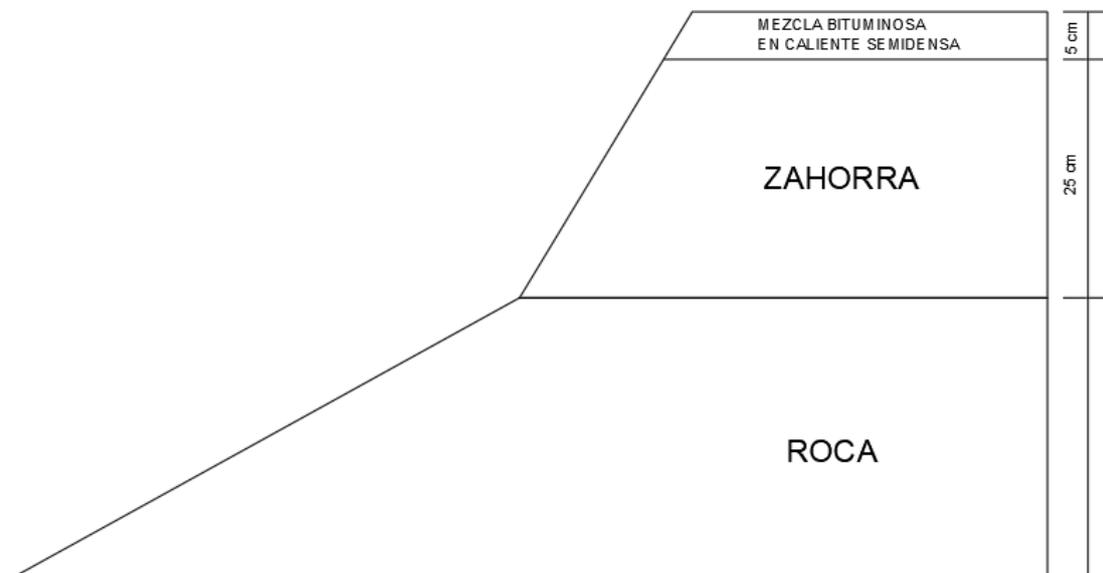


Figura 3. Sección del pavimento

7. EVACUACIÓN DE AGUAS

La evacuación de las aguas superficiales del aparcamiento se realizará de manera natural al terreno debido a una pendiente del 2% del aparcamiento. Como se puede observar en el plano n°3, plano 4 de 4, con la diferencia de cotas que había anterior a la ejecución de la obra entre la carretera y la parcela y tras realizar la nivelación y el relleno, se dispone de una cuneta natural de terreno. El agua discurrirá por esa cuneta hasta alcanzar una tubería que recoge el agua bajo el desvío que linda al oeste con la parcela. Bajo el acceso de la N-634 al aparcamiento se dispondrá de una tubería por la que fluirá el agua para llegar a la tubería de evacuación general. En el plano n°4, plano 5 de 13, se puede observar la evacuación de aguas del aparcamiento superficial.

ANEJO 15: GESTIÓN DE RESIDUOS

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	390
2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RESIDUOS	390
2.1 PREVENCIÓN EN LA ADQUISICIÓN DE MATERIALES	390
2.2 PREVENCIÓN EN LA PUESTA EN OBRA	391
2.3 PREVENCIÓN EN EL ALMACENAMIENTO EN OBRA	391
2.4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN EN OBRA	392

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo, tiene como objetivo la recogida, gestión y almacenamiento de forma segura y bien organizado de los residuos, tanto líquidos como sólidos, generados en la obra. De esta manera se pretende evitar la contaminación de los suelos, así como de las aguas superficiales y subterráneas de la ubicación donde se ejecutará la obra.

Debido a que la parcela donde se ubicará la nave proyectada está compuesta por un terreno virgen, en el que no ha habido ninguna actividad ni está contaminado y que se trata de una parcela privada, no es necesario un estudio de gestión de residuos. Simplemente, se especificarán las distintas medidas de prevención a tener en cuenta a la hora de ejecutar la obra.

2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE RESIDUOS

Las medidas para la prevención de residuos en la obra proyectada son:

2.1 PREVENCIÓN EN LA ADQUISICIÓN DE MATERIALES

- La adquisición de materiales se realizará ajustando la cantidad a las mediciones reales de obra, ajustando al máximo las mismas para evitar la aparición de excedentes de material al final de la obra.
- Se requerirá a las empresas suministradoras a que reduzcan al máximo la cantidad y volumen de embalajes priorizando aquellos que minimizan los mismos.
- Se primará la adquisición de materiales reciclables frente a otros de mismas prestaciones, pero de difícil o imposible reciclado.
- Se mantendrá un inventario de productos excedentes para la posible utilización en otras obras.
- Se realizará un plan de entrega de los materiales en que se detalle para cada uno de ellos la cantidad, fecha de llegada a obra, lugar y forma de almacenaje en obra, gestión de excedentes y en su caso gestión de residuos.
- Se priorizará la adquisición de productos "a granel" con el fin de limitar la aparición de residuos de envases en obra.
- Aquellos envases o soportes de materiales que puedan ser reutilizados como los palets, se evitará su deterioro y se devolverán al proveedor.

- Se incluirá en los contratos de suministro una cláusula de penalización a los proveedores que generen en obra más residuos de los previstos y que se puedan imputar a una mala gestión.
- Se intentará adquirir los productos en módulo de los elementos constructivos en los que van a ser colocados para evitar retallos.

2.2 PREVENCIÓN EN LA PUESTA EN OBRA

- Se optimizará el empleo de materiales en obra evitando la sobredosificación o la ejecución con derroche de material especialmente de aquellos con mayor incidencia en la generación de residuos.
- Los materiales prefabricados, por lo general, optimizan especialmente el empleo de materiales y la generación de residuos por lo que se favorecerá su empleo.
- En la puesta en obra de materiales se intentará realizar los diversos elementos a módulo del tamaño de las piezas que lo componen para evitar desperdicio de material.
- Se vaciarán por completo los recipientes que contengan los productos antes de su limpieza o eliminación, especialmente si se trata de residuos peligrosos.
- En la medida de lo posible se favorecerá la elaboración de productos en taller frente a los realizados en la propia obra que habitualmente generan mayor cantidad de residuos.
- Se primará el empleo de elementos desmontables o reutilizables frente a otros de similares prestaciones no reutilizables.
- Se agotará la vida útil de los medios auxiliares propiciando su reutilización en el mayor número de obras para lo que se extremarán las medidas de mantenimiento.
- Todo personal involucrado en la obra dispondrá de los conocimientos mínimos de prevención de residuos y correcta gestión de ellos.
- Se incluirá en los contratos con subcontratas una cláusula de penalización por la que se desincentivará la generación de más residuos de los previsibles por una mala gestión de los mismos.

2.3 PREVENCIÓN EN EL ALMACENAMIENTO EN OBRA

- Se realizará un plan de inspecciones periódicas de materiales, productos y residuos acopiados o almacenados para garantizar que se mantiene en las debidas condiciones.
- El Constructor se encargará de almacenar separadamente los residuos hasta su entrega al “gestor de residuos” correspondiente y, en su caso, especificará en los contratos a formalizar con los subcontratistas la obligación que éstos contraen de retirar de la obra

todos los residuos generados por su actividad, así como de responsabilizarse de su gestión posterior.

2.4 MEDIDAS DE SEPARACIÓN EN OBRA

Con objeto de conseguir una mejor gestión de los residuos generados en la obra de manera que se facilite su reutilización, reciclaje o valorización y para asegurar las condiciones de higiene y seguridad requeridas en el artículo 5.4 del Real Decreto 105/2008, se tomarán las siguientes medidas:

- Las zonas de obra destinadas al almacenaje de residuos quedarán convenientemente señalizadas y para cada fracción se dispondrá un cartel señalizador que indique el tipo de residuo que recoge.
- Todos los envases que lleven residuos deben estar claramente identificados, indicando en todo momento el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del poseedor y el pictograma de peligro en su caso.
- Las zonas de almacenaje para los residuos peligrosos habrán de estar suficientemente separadas de las de los residuos no peligrosos, evitando de esta manera la contaminación de estos últimos.
- Los residuos se depositarán en las zonas acondicionadas para ellos conforme se vayan generando.
- Los residuos se almacenarán en contenedores adecuados tanto en número como en volumen evitando en todo caso la sobrecarga de los contenedores por encima de sus capacidades límite.
- Los contenedores situados próximos a lugares de acceso público se protegerán fuera de los horarios de obra con lonas o similares para evitar vertidos descontrolados por parte de terceros que puedan provocar su mezcla o contaminación.
- Para aquellas obras en la que por falta de espacio no resulte técnicamente viable efectuar la separación de los residuos, esta se podrá encomendar a un gestor de residuos en una instalación de residuos de construcción y demolición externa a la obra.
- Teniendo en cuenta las cantidades estimadas en el apartado anterior de cada clase de residuo, no sería necesaria la separación por fracciones para ninguno de los residuos generados.

ANEJO 16: PLAN DE OBRA

ÍNDICE

1. INTRODUCCION	393
2. ACTIVIDADES DE OBRA.....	393
3. INICIO DE LAS OBRAS	394
4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS	394
5. DIAGRAMA DE GANTT	395

1. INTRODUCCION

El objeto de este anejo es definir el plan de obra a seguir. Estableciendo el inicio y fin de las obras, concretando la duración de las diferentes fases a seguir por la constructora para llevar a cabo la construcción de la nave y su aparcamiento.

2. ACTIVIDADES DE OBRA

Desbroce del terreno: Se retirará la primera capa superficial de 20 centímetros y los diferentes obstáculos que pueda haber en toda la superficie ocupada por la nave y el aparcamiento.

Replanteo: Se localizará en el terreno la posición los puntos principales de la nave expuestos en el anejo de replanteo.

Excavación y nivelación: Se realizarán las dos excavaciones diferentes y se nivelará el terreno mediante hormigón de limpieza en la zona de la nave.

Cimentación: Se ejecutarán las zapatas aisladas y sus vigas de atado.

Instalaciones enterradas: Mientras se realiza la cimentación, se irán colocando las diferentes instalaciones que irán enterradas, como los colectores de evacuación de aguas.

Relleno aparcamiento: Se realizará el encachado de la zona donde irá el aparcamiento y posteriormente el relleno con zahorra hasta la cota deseada.

Relleno bajo nave: Se rellenará mediante zahorra la superficie donde se realizará la excavación más profunda hasta la cota donde se ejecute la solera.

Solera: Se ejecutará el suelo de la nave, donde una vez realizado, toda la superficie quedará a nivel con el aparcamiento y la carretera de acceso

Estructura metálica: Se construirá la estructura de la nave, donde la celosía se ejecutará en taller para una mayor rapidez de construcción de la nave.

Cubierta: Se colocarán las correas y los paneles sándwich correspondientes al cerramiento de la nave.

Cerramiento lateral: Se realizará la colocación de los bloques de hormigón hasta el alero de la cubierta.

Suministro de agua: Ejecución de las instalaciones y aparatos sanitarios correspondientes al suministro de agua de la nave.

Evacuación de agua: Ejecución de las instalaciones correspondientes a la evacuación de aguas de la nave.

Instalación eléctrica e iluminación: Ejecución de las instalaciones correspondientes a la iluminación e instalación eléctrica de la nave.

Climatización y gas: Ejecución de las instalaciones correspondientes a la climatización y a la instalación de gas de la nave.

Particiones interiores: Ejecución de tabiques y falsos techos para delimitar los diferentes espacios de la nave.

Acabados interiores: consiste en la colocación de puertas interiores y el acabado de las superficies de la nave. En ellos se incluyen: pintado, alicatado y embaldosado.

Pavimentado del aparcamiento: Expansión de la mezcla bituminosa sobre el relleno ejecutado anteriormente y posterior pintado de las diferentes señales, tanto verticales como horizontales.

Limpieza de obra: Limpieza integral de la zona de obra y las infraestructuras de la nave, así como la retirada de las instalaciones provisionales de obra.

3. INICIO DE LAS OBRAS

Para el inicio de las obras, se ha tomado como referencia cuando se quiere concluir con las mismas. Ya que la prioridad será que la nave esté terminada sobre los meses de abril o mayo de 2020 para que entre en funcionamiento la oficina para la temporada de verano del año 2020. Por lo tanto, teniendo en cuenta posibles retrasos o demoras por la preparación de la nave para que esté operativa, se dará un pequeño margen.

Por ello, se ha establecido como fecha de inicio de las obras el 4 de noviembre de 2019.

4. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Una vez realizado el plan de obra se ha obtenido que la duración de la misma será de 135 días, contando días laborables. Sin realizar trabajos ni sábados, ni domingos, ni festivos.

Las obras concluirán el día 11 de mayo de 2020.

A continuación, se muestran las diferentes fases de la obra con la duración estimada de las mismas.

ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA FIN	DÍAS
1. Desbroce del terreno	04/11/2019	08/11/2019	5 días
2. Replanteo	11/11/2019	11/11/2019	1 día
3. Excavación y nivelación	12/11/2019	21/11/2019	8 días
4. Cimentación	22/11/2019	11/12/2019	14 días
5. Instalaciones enterradas	22/11/2019	27/11/2019	4 días
6. Relleno aparcamiento	12/12/2019	19/12/2019	6 días
7. Relleno bajo nave	12/12/2019	17/12/2019	4 días
8. Solera	18/12/2019	23/12/2019	4 días
9. Estructura metálica	24/12/2019	20/01/2020	20 días
10. Cubierta	21/01/2020	29/01/2020	7 días
11. Cerramiento lateral	30/01/2020	05/02/2020	5 días
12. Suministro de agua	06/02/2020	13/02/2020	6 días
13. Evacuación de agua	14/02/2020	25/02/2020	8 días
14. Instalación eléctrica e iluminación	26/02/2020	11/03/2020	11 días
15. Climatización y gas	12/03/2020	23/03/2020	8 días
16. Particiones interiores	24/03/2020	02/04/2020	8 días
17. Acabados interiores	03/04/2020	17/04/2020	11 días
18. Pavimentado aparcamiento	20/04/2020	01/05/2020	10 días
19. Limpieza de obra	04/05/2020	08/05/2019	5 días
20. Calidad	04/11/2019	08/05/2019	135 días
21. Seguridad y Salud	04/11/2019	08/05/2019	135 días
TOTAL	04/11/2019	08/05/2020	135 días

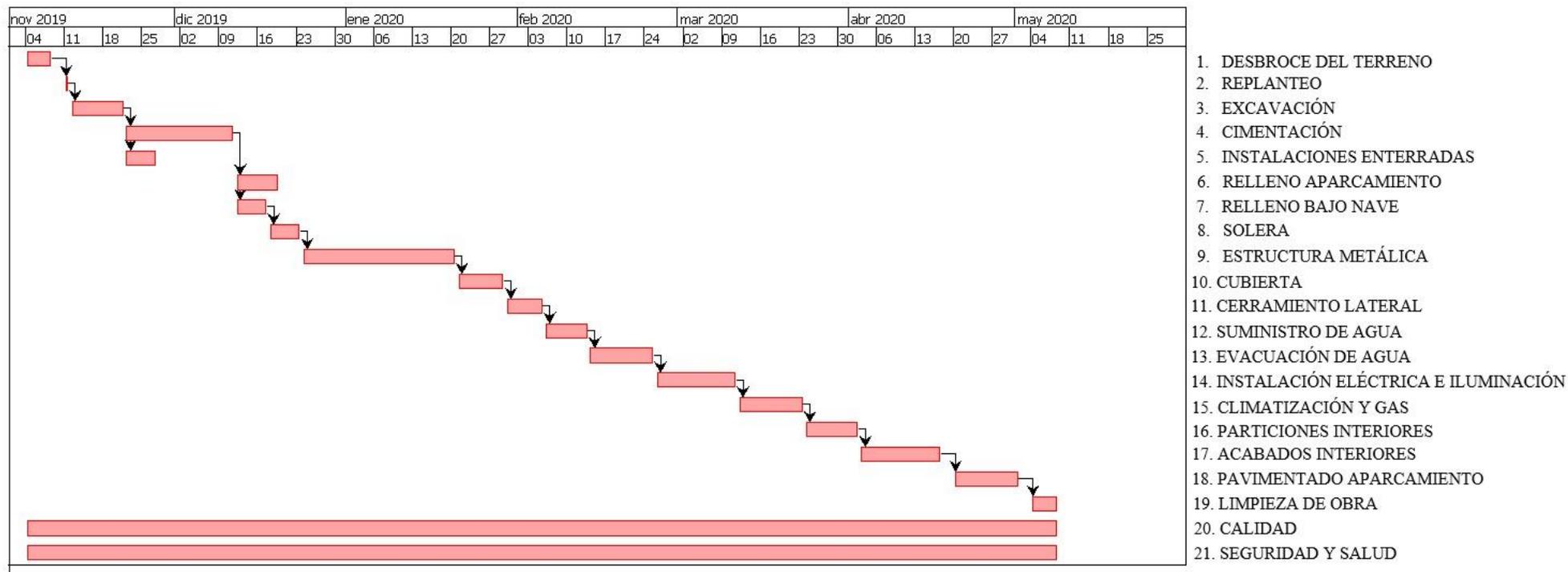
Tabla 1. Duración de las diferentes actividades de la obra

La ejecución de la nave, desde el comienzo hasta la conclusión de la obra, se llevará a cabo de acuerdo a la normativa y especificaciones de seguridad y salud recogidas en el documento n° 5: Estudio de Seguridad y Salud, y las exigencias de calidad.

5. DIAGRAMA DE GANTT

A continuación, se muestra el diagrama de Gantt con las diferentes tareas de la obra. Es una herramienta gráfica cuyo objetivo es exponer el tiempo de dedicación previsto para las diferentes actividades a lo largo de un tiempo total determinado. A pesar de esto, el diagrama de Gantt no indica las relaciones existentes entre actividades.

En él se puede observar la duración y el orden de ejecución de cada una, permitiendo visualizar directamente cuales se pueden realizar simultáneamente.



ANEJO 17: DOCUMENTO DE INTERÉS

ÍNDICE

1. DOCUMENTO DE INTERÉS.....	397
------------------------------	-----

Yo, Jorge González Conde con DNI 09418775-E, administrador de Canoas Ribadesella con CIF B-52525557, a petición de Aratz Mejuto Ruiz con DNI 45823279-B, expido el siguiente documento en el que mostramos interés por conocer la viabilidad de la ejecución de una nueva oficina para nuestra actividad económica en La Granda, Cangas de Onís.



Jorge González Conde

