

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL Y OBRAS  
PÚBLICAS  
**TRABAJO FIN DE GRADO**

***“CÁLCULO Y DISEÑO DE UN ALMACÉN  
DE MATERIAL DEPORTIVO CON  
PANELES SOLARES EN  
ZORROTZAURRE, BILBAO (BIZKAIA)”***

***DOCUMENTO 1- MEMORIA***

**Alumno/Alumna:** Parbole Aldamiz-Echevarria, Amaya

**Director/Directora:** Larrauri Gil, Marcos

**Curso:** 2018-2019

**Fecha:** Bilbao, 11, mayo, 2019

Memoria descriptiva

## Índice

---

1.	Objeto.....	1
2.	Antecedentes .....	1
3.	Situación y emplazamiento .....	3
3.1	Los orígenes de la actual Zorrotzaurre.....	4
3.2	Master Plan de Zorrotzaurre.....	5
4.	Estudio de alternativas.....	6
4.1	Ubicación.....	6
4.1.1	Olabeaga.....	6
4.1.2	Zorrotzaurre .....	6
4.2	Selección del tipo de techo .....	7
4.2.1	Techos con cubierta tipo plana .....	7
4.2.2	Techos con cubierta inclinada .....	7
4.2.3	Techos con cubierta tipo bóveda .....	7
4.2.4	Conclusión .....	8
4.3	Material de la estructura.....	8
4.3.1	Estructura de hormigón armado.....	8
4.3.2	Estructura metálica .....	9
5.	Especificaciones del proyecto .....	11
5.1	Climatología.....	11
5.2	Geología y Geotecnia .....	12
5.2.1	Geotecnia .....	12
5.2.2	Geología .....	12
5.2.3	Excavabilidad.....	12
5.2.4	Opciones de cimentación.....	12
6.	Descripción de la obra.....	13
6.1	Actuaciones previas.....	13
6.2	Movimiento de tierras.....	13
6.3	Distribución de la superficie útil.....	13
6.3.1	Accesibilidad.....	15
6.4	Sistema estructural de la nave .....	15
6.4.1	Material y perfiles .....	16
6.4.2	Uniones .....	17
6.4.3	Cálculos y comprobaciones.....	17
6.5	Cerramientos.....	17

6.5.1	Cerramientos laterales .....	17
6.5.2	Correas .....	18
6.5.3	Cubierta.....	18
6.5.4	Cubierta fotovoltaica.....	18
6.6	Cimentación .....	22
6.6.1	Hormigón de limpieza .....	23
6.6.2	Armadura.....	23
6.7	Divisiones interiores y acabados .....	24
6.8	Lucernarios .....	24
6.9	Accesos.....	25
6.10	Pavimentos.....	25
6.11	Instalaciones.....	25
6.11.1	Cuarto técnico .....	25
6.11.2	Abastecimiento .....	26
6.11.3	Saneamiento .....	29
6.11.4	Instalación Eléctrica.....	33
6.11.5	Climatización .....	33
6.11.6	Suministro de gas .....	34
6.11.7	Iluminación interior.....	34
7.	Plan de obra .....	36
8.	Resumen del presupuesto.....	37
9.	Normativa.....	38
10.	Bibliografía y referencias.....	38
10.1	Libros consultados y proyectos consultados.....	38
10.2	Instituciones y empresas.....	38
10.3	Páginas web.....	38
11.	Índice de anejos .....	39
12.	Índice Planos .....	39
13.	Índice Tablas.....	41
14.	Índice Figuras .....	46

## 1. Objeto

---

El objeto del presente proyecto es describir los principales parámetros y obras necesarias para la construcción de una nave dedicada a satisfacer las necesidades recreativas, vinculadas al entorno de la ría de Bilbao. Esta iniciativa, se alinea con las actividades promocionadas por Bilbao Kirolak-Instituto Municipal de Deportes del Ayuntamiento de Bilbao.

La nave está diseñada en una planta con una superficie de 420 m<sup>2</sup>. El espacio se distribuye en: dos vestuarios, habilitados para discapacitados, una zona de entrada con cabina de control, el área de almacenamiento y una zona con acceso a la ría.

En la cubierta irán colocadas placas solares fotovoltaicas , para cubrir una gran parte de la demanda eléctrica de las instalaciones, con el objetivo de conseguir la mayor autosuficiencia energética posible.

## 2. Antecedentes

---

Las ciudades cambian, evolucionan y se transforman. Eso es lo que ha pasado con Bilbao, dejando atrás su pasado industrial se ha convertido en una villa enfocada a los servicios, cosmopolita y de diseño; una capital cultural.

Durante los siglos XIX y XX Bilbao y su economía giraban en torno a la industria, tales como la siderurgia y la construcción naval. En 1973, a raíz de la fuerte crisis industrial que se vivió en la villa, se ideó un ambicioso plan de rehabilitación con el objetivo de relanzar la economía, mejorar la calidad de vida de los habitantes y revitalizar la urbe como centro de servicios.

Estas grandes transformaciones, tienen como eje vertebrador la ría de Bilbao, Bilbao no se entiende sin su ría y la ría no se entiende sin Bilbao, son dos conceptos que van de la mano. Hoy día es el principal corredor natural existente en el espacio urbano, alzándose en sus orillas el museo Guggenheim, el palacio Euskalduna o el teatro Arriaga, además de otros emblemas arquitectónicos de la urbe. Se ha recuperado un espacio abierto, expandido, que es aprovechado cada día como lugar de ocio y deporte, cuando antes había sido el máximo exponente de la industrialización vasca.

Bilbao ha sido una de las últimas ciudades en unirse a la tendencia europea de practicar deportes acuáticos en el núcleo urbano ,en el último estudio realizado en 2016; 6000 personas practican, al año, kayak en la ría y 300 paddle surf, cifras que ya han sido superadas en lo que llevamos de 2018. Además, con el tiempo, se podrían introducir otros deportes como la vela ligera, aprovechando las corrientes y vientos del estuario de la ría.

La creciente demanda de las actividades de ocio en la ría, plantea a las instituciones la necesidad de ofrecer a la ciudadanía herramientas para realizar una práctica deportiva saludable. A raíz de ello surge el proyecto; diseñar unas instalaciones de uso público destinadas a almacenamiento de material deportivo y desarrollo de actividades recreativas, así como un enclave para encuentros deportivos. De la mano viene el nuevo Plan Especial de Ordenación Urbana de Zorrotzaurre que convierte esta zona en una localización ideal para los fines buscados.

Los usuarios podrán almacenar el material necesario para la práctica de actividades como; kayak, paddle surf, piragüismo... Se trata de una herramienta indispensable por varias razones; las viviendas, en general, no gozan de las instalaciones necesarias que permitan guardar el equipo adecuadamente, asimismo, su traslado hasta el punto de uso es complicado e incómodo, debido a sus grandes dimensiones y peso.

Es por todo ello que las instalaciones, suponen una optimización del tiempo de los usuarios, incluso un ahorro de dinero ya que no tendrán que recurrir al alquiler del material en los locales que se encuentran a lo largo de las orillas de la ría, o sacar el coche para trasladar el equipo. Además, con estas facilidades muchos vecinos de Bilbao tendrán el incentivo que les faltaba para comenzar a realizar deporte en la ría.

Bilbao Kirolak también lo entiende como una promoción de imagen para la villa, y por tanto, una fuente de ingresos, en línea con los últimos eventos internacionales de gran impacto mediático y social, como el campeonato de salto de altura de estos últimos años, organizado por Red Bull, que mueve a miles de personas motivadas por el deporte. En la última edición de 2018, el evento reunió a 25 000 aficionados en un solo día, cifra que ha ido en aumento desde su primera realización en 2014, y que ya entonces supuso un impacto económico de 3 millones de euros para la urbe. Asimismo, la difusión realizada por los hasta 160 medios de comunicación internacionales presentes, coloca a la villa en un escaparate mundial, impulsando la marca Bilbao hacia la proyección internacional.

Siguiendo ese camino se pueden promover campeonatos o encuentros tanto de kayak, como de paddle surf o vela siendo las instalaciones de Bilbao Kirolak el enclave para estas actividades. El material de las personas que vengan de fuera deberá guardarse en la instalación, y al pasar el día aquí invertirán en la oferta de ocio de Bilbao, incluso sponsors pueden estar interesados en promocionar este tipo de encuentros, un modo de publicitar la imagen de Bilbao.

### 3. Situación y emplazamiento

El proyecto se desarrollará en el municipio de Bilbao, concretamente en la isla de Zorrotzaurre.

La isla ocupa una superficie total de 838.781 m<sup>2</sup>, estos metros cuadrados se reparten en su mayoría entre entidades públicas; Autoridad Portuaria de Bilbao, Ayuntamiento de Bilbao y Gobierno Vasco, los restantes entre propietarios privados.

La zona rodeada de agua, linda con Olabeaga y Zorroza en una de sus orillas, y en su otro extremo con los barrios de Sarriko, San Ignacio y Deusto, siendo este último al que pertenece la isla.



Figura 1. Situación del municipio de Bilbao en el País Vasco.

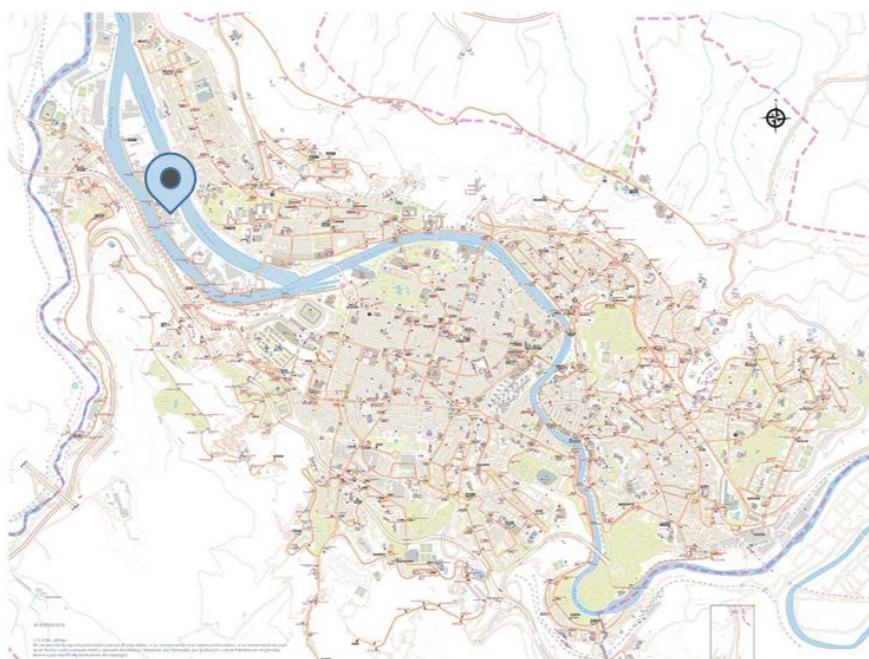


Figura 2. Situación de la isla de Zorrotzaurre en el municipio de Bilbao.

La obra se va realizar en una parcela localizada en la parte final del estuario. Actualmente no existe ninguna edificación, en sus alrededores hay una fábrica abandonada y varios accesos. No obstante, a raíz del Nuevo Plan de Zorrotzaurre se reorganizará la zona.

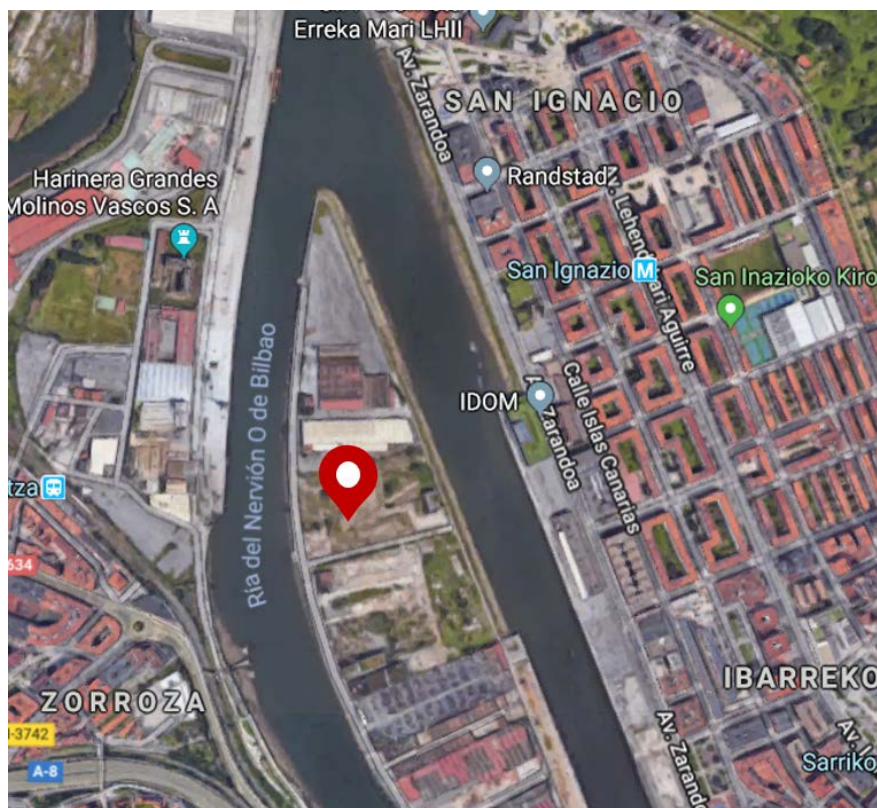


Figura 3. Emplazamiento de la parcela de la obra. Fuente: Google Maps

### 3.1 Los orígenes de la actual Zorrotzaurre

En sus primeras referencias documentales de principios de s. XIV, este enclave se describe como una llanura dedicada a la agricultura, ya provista de fondeadero, en la que principalmente se cultivaban tomates, seña de identidad inequívoca del barrio de Deusto.

Como consecuencia de los cambios socio-económicos que han tenido lugar a lo largo de su historia, fueron varias las actividades económicas que se fueron desarrollando en la zona, destacándose el apogeo de la construcción naval y de sus industrias auxiliares en el siglo XVI.

En los años 70, ya convertida en una zona industrial, a raíz de la necesidad de facilitar el paso de los grandes barcos hacia el muelle de Abandoibarra, surge por primera vez la idea de realizar el canal de la ribera de Deusto, que conectaría el astillero Euskalduna con el mar. Como consecuencia de la crisis económica de los 80, el canal no se pudo terminar y el proyecto se abandonó, y lo que iba a ser una isla pasaría a ser una península artificial. Zorrotzaurre se convirtió poco a poco en una zona degradada de la ciudad con algunas industrias y unos pocos vecinos, ya que durante las obras del canal, la mayoría fueron reubicados en el barrio de Olabeaga.

Tras una reordenación urbana en 1995, la península dejó de ser una zona de uso industrial y se convirtió en zona residencial, al mismo tiempo, tras la crisis, Bilbao comenzaba a dar sus



primeros pasos con las actuaciones arquitectónicas y de obra civil de mano de: Foster, Gerhy o Calatrava.

En 2002 los principales dueños de los terrenos de la península, promotores, constructoras e instituciones gubernamentales, se unieron para formar una Comisión Gestora con el objetivo de impulsar el desarrollo de Zorrotzaurre, desde la que se contrató a la arquitecta de renombre Zaha Hadid, y es ella quien diseña el Master Plan de regeneración de la actual isla.

### 3.2 Master Plan de Zorrotzaurre

El Master Plan busca recuperar la antigua vitalidad de la zona y al mismo tiempo introducir un concepto de metrópoli más dinámica e innovadora dentro de una red social y económica, que define nuevas formas de vivir y trabajar, pero manteniendo las señas de identidad locales.

El proyecto de regeneración urbana de Zorrotzaurre es la última gran propuesta del municipio de Bilbao, representa un plan integral y sostenible que recupera un espacio degradado para convertirlo en un barrio nuevo de la urbe; bien conectado, con nuevas viviendas, una zona empresarial, amplios espacios verdes y con numerosas infraestructuras sociales y culturales. La transformación culmina con la apertura del canal de Deusto, convirtiéndose Zorrotzaurre en una isla para vivir, disfrutar y trabajar, que ya se ha bautizado como “el Manhattan de Bilbao”.

El Plan reserva dos manzanas para la implantación de un parque tecnológico urbano, también se han reservado espacios para una sede de Bilbao Bizkaia Kutxa (BBK) y otra de la universidad de Navarra, también se han diseñado varios puentes que conectan las orillas de la isla con sus vecindades, como el que la unirá con el barrio de San Ignacio o el ya construido en Deusto.

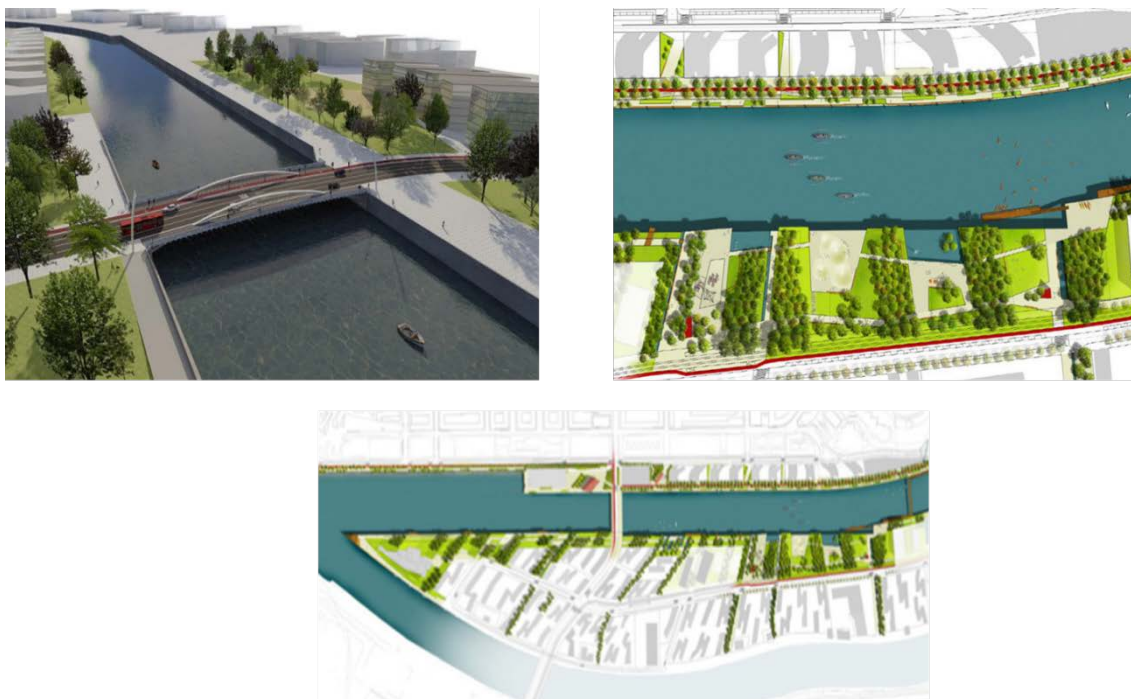


Figura 4. Imágenes del proyecto de Zorrotzaurre

## 4. Estudio de alternativas

---

### 4.1 Ubicación

A continuación se exponen las alternativas estudiadas para la ubicación de la nave.

#### 4.1.1 Olabeaga

El barrio de Olabeaga, en Bilbao, se encuentra a continuación de la zona de Abandoibarra. Cuenta con la presencia del Museo Marítimo de la ría de Bilbao o la grúa Carola, señas de identidad de su pasado marítimo y portuario.

Uno de los puntos a favor de esta ubicación es su accesibilidad única a la ría, todo el barrio se encuentra proyectado hacia ella y disfruta de numerosos accesos al agua. Es una zona tranquila e idónea para hacer deporte, desde la cual se puede avanzar hacia el ramal principal de la ría, más transitado, o continuar hacia Portugalete.

No obstante, no goza de buenas conexiones, el transporte público pasa con poca frecuencia y únicamente esta en uso la línea A3, la parada tanto de tranvía como de metro más cercanas están como mínimo a 10 minutos a pie. Además, como vienen reiterando los vecinos es necesario que se acondicionen los accesos para los transeúntes, sobre todo desde San Mames, ya que se han ido deteriorando con el paso del tiempo.

Otro obstáculo que se encuentra es la adversa topografía, el monte Arraiz penetra en forma de cuña hasta la ribera de la ría lo que supone un condicionante en la configuración urbana de Olabeaga, que ha debido adaptarse al terreno disponible. Esto supone, por tanto, un límite para la superficie construida de las instalaciones de este proyecto.

#### 4.1.2 Zorrotzaurre

Es una península artificial localizada en el barrio de Deusto, en Bilbao. Se construyó como parque industrial, pero a raíz del plan de regeneración urbana aprobado en 2012 se va a reconvertir en una zona residencial y empresarial. Como parte de este plan ha pasado a convertirse en una isla que conecta con ambos márgenes de la ría mediante puentes.

Es, por tanto, un lugar idóneo para practicar deportes acuáticos al estar el emplazamiento rodeado de agua, y además ser una zona tranquila y retirada, pero también con vía directa hacia las entrañas de la ciudad.

En este caso se vuelven a encontrar algunos problemas con las conexiones para llegar hasta la zona. Actualmente el transporte público con él se puede contar es únicamente el autobús, ya que las paradas de metro y tranvía quedan muy a desmano. Además, al quedarse la isla a merced de los puentes, el nuevo plan de movilidad deberá estar bien organizado para que exista un tráfico fluido, sino se hará incomodo el paso. En el plan de Regeneración de Zorrotzaurre se ha diseñado un puente para uso exclusivo del tranvía que contara con cuatro paradas en la isla, lo que mejorara notablemente la accesibilidad con que se cuenta hoy día.

Al tratarse de una zona en proceso de diseño, hay más posibilidades para realizar la instalación de la forma más accesible y cómoda para los usuarios. Existen más parcelas vacías, y no hay

límites para la superficie proyectada, dotando al proyecto de mayor margen de maniobra y menos condicionantes.

No obstante, todas las ventajas que presenta una zona frente a la otra se materializaran a largo plazo, ya que toda la reurbanización y regeneración de Zorrotzaurre es un proceso de gran envergadura que se acaba de iniciar.

## 4.2 Selección del tipo de techo

Se ha de tener en cuenta que los techos de las naves han de cubrir grandes superficies, alturas elevadas y deben tener la misma resistencia en la totalidad de su estructura. Por todo ello, las tipologías más utilizadas actualmente son las cubiertas inclinadas, tipo planas o bóveda. A continuación se analizaran las ventajas y desventajas que presentan las opciones en relación al entorno, costes y actividad de la nave.

### 4.2.1 Techos con cubierta tipo plana

Se trata de una plataforma horizontal. A pesar de ser considerada como plana debe contar con una mínima inclinación para drenar el agua y que esta no se estanque.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Escaso mantenimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montaje caro</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drenaje óptimo, una única canalización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la superficie es grande hay que construir columnas, entorpece el espacio diáfano.</li> </ul>

Tabla 1. Ventajas y desventajas de cubierta tipo plana.

### 4.2.2 Techos con cubierta inclinada

En este caso el techo está formada por varios planos inclinados (aguas), el grado de inclinación dependerá de la actividad a la que este destinada del edificio y las condiciones climatológicas de la zona. Dentro de esta opción la solución más utilizada es la cubierta a dos aguas.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Su geometría permite una canalización del agua en cantidades proporcionales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere mantenimiento</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El tipo más común debido a su instalación rápida y bajo coste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mal comportamiento frente al viento dominante</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Buena alternativa para naves altas, dando opción a hacer varios pisos</li> </ul>	

Tabla 2. Ventajas y desventajas de cubierta tipo inclinada

### 4.2.3 Techos con cubierta tipo bóveda

Es una estructura auto portante, se caracteriza por trabajar a compresión, esto es, que los elementos que la conforman se sostienen transmitiendo la carga unos sobre otros.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aislante térmico debido a su forma</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perdida de espacio por su forma curva</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>No necesita mantenimiento</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil de desmontar</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Duradero, forma aerodinámica</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muros de apoyo muy resistentes para contrarrestar las fuerzas que actúan sobre el techo</li> </ul>

Tabla 3. *Ventajas y desventajas de cubierta tipo bóveda*

#### 4.2.4 Conclusión

Teniéndose en cuenta estos datos, se ha decidido utilizar una **cubierta a dos aguas**. La ventaja que presenta la tipología tipo bóveda en cuanto al aislamiento térmico tiene un impacto despreciable ya que la nave no posee una superficie de grandes dimensiones, además su difícil montaje y desmontaje deshecha la idea de poder ampliar las instalaciones verticalmente, en caso de que el proyecto tenga un gran impacto o se quiera expandir hacia más actividades. La cubierta plana entorpece el objetivo del proyecto debido a la posible presencia de columnas, y tiene un mayor coste respecto a las otras alternativas. La cubierta a dos aguas, a pesar de que requiere mayor mantenimiento, se adapta mejor a los edificios de la zona, sin generar impacto visual y favorece la actividad de la nave y su objetivo.

### 4.3 Material de la estructura

En este apartado se analizarán y elegirán las opciones de material para cada elemento de la estructura, la elección se basa en una media ponderada. Consiste en;

1. Establecer una serie de criterios
2. Asignar un porcentaje de peso a cada criterio
3. Estudiar cada alternativa de material estructural, y dar una valoración numérica a los distintos criterios.
4. Media, y posterior suma ponderada de todos los valores.

Los criterios que se tendrán en cuenta son cuatro; el aspecto estructural y económico, el tiempo de ejecución y el impacto ambiental. Dependiendo de su relevancia se les ha dado un porcentaje de peso; el criterio estructural tiene una carga del 40%, ya que aquí interviene el posible fallo de la estructura, el siguiente con un 25% será el económico, puesto que tiene una relación directa con el presupuesto fijado para la obra, a continuación la duración de la ejecución con un 20% y por último, el impacto ambiental con un peso del 15%.

Las estructuras a valorar serán las de **hormigón armado y metálicas**.

#### 4.3.1 Estructura de hormigón armado

Primero se hará un breve repaso sobre las ventajas y desventajas que presenta esta opción de material estructural.

*Ventajas:*

- Durabilidad, lo que le permite mantener las propiedades intactas.
- Gran resistencia ante el fuego, hasta una o tres horas.
- Bajo mantenimiento.
- Resistencia a la compresión, flexión y tracción.
- Maleable, lo que permite obtener diversas formas.
- Monolitismo, que lo dota de gran seguridad frente a las acciones dinámicas.

*Desventajas:*

- Puesta en obra lenta, debido a su dependencia de la climatología y los tiempos de curado.
- Se caracteriza por tener grandes secciones, y por tanto un mayor peso que el acero.
- Comparado con el acero, tiene una menor eficiencia para cubrir grandes luces.

El hecho de que no sea apto para cubrir grandes luces, supone una gran contrariedad para el objetivo constructivo de la nave, ya que se ha proyectado como un espacio diáfano para almacenar material y el tránsito confortable de sus usuarios.

Criterio	Porcentaje de peso	Puntuación
Estructural	40%	7
Económico	25%	6
Método constructivo	20%	7
Ambiental	15%	6
	Media ponderada	6.6

Tabla 4. *Criterios de ponderación para la selección del material*

El aspecto estructural no cumple con todas las necesidades planteadas, a pesar de garantizar una mayor durabilidad no permite construir luces tan amplias como el acero, en este caso se ha proyectado 14 metros de luz. Incorpora acero y hormigón en grandes secciones, en pilares y vigas, lo que eleva el coste en comparación con la otra solución. El tiempo de ejecución, se ve retrasado por la técnica de curado, el endurecimiento o la mayor precisión necesaria en este método constructivo. Solo se podrá reciclar el acero, el hormigón no es reutilizable.

#### 4.3.2 Estructura metálica

Como segunda opción esta la estructura metálica, de la que también se analizarán brevemente sus ventajas y desventajas.

*Ventajas:*

- Gran resistencia, teniendo menor sección que el hormigón, y así ocupando menos espacio.
- Menor peso propio que el hormigón. Al ser más ligera es más económica.
- Uniforme, sus propiedades no varían con el tiempo.
- Es dúctil, luego avisa con grandes deformaciones antes de fallar.
- Rapidez de montaje, lo que supone un ahorro en los costes fijos de la obra.

- Permite cubrir grandes luces
- Se adapta fácilmente a necesidades concretas, variando sus propiedades mecánicas.
- Puede laminarse en una gran variedad de formas y tamaños.
- La estructura puede ser desmontada y después reutilizada o adaptada para otros usos.

En el aspecto ambiental se le dará la máxima nota posible, ya que es reciclable al 100%, siendo un material respetuoso con el medio ambiente durante y después de su vida útil.

*Desventajas:*

- Corrosión, dependerá de la ubicación y los agentes corrosivos.
- Pandeo, este material se aplica en estructuras esbeltas sometidas a compresión. No obstante se realizan los cálculos pertinentes para evitar que fallen los elementos.
- Costes de mantenimiento, relacionados con la corrosión, el fuego (paneles de protección), etc...
- Fatiga, ante acciones dinámicas.

Las estructuras metálicas se recomiendan sobre todo cuando son necesarias grandes luces, debido a su gran resistencia por unidad de peso, o se prevé un posible crecimiento de la actividad del edificio.

Se ha de tener en cuenta, la desventaja que supone que la nave se encuentre en una isla rodeada por una ría. Al ser una ría, el agua es una mezcla de salada y dulce, lo que minimiza el efecto corrosivo al no ser agua salada en su totalidad. Asimismo, la desembocadura en el mar se produce a una gran distancia de la ubicación de las instalaciones, luego se ha considerado que el impacto será mínimo, además existen otros edificios en la zona, construidos con este material, en buen estado.

Criterio	Porcentaje de peso	Puntuación
Estructural	40%	9
Económico	25%	6
Método constructivo	20%	8
Ambiental	15%	9
	Media ponderada	8.05

Tabla 5. *Criterios de ponderación para la selección del material*

Estructuralmente el material cumple con todos los requisitos que impone la actividad de nuestra nave; grandes luces, alta resistencia y mantenimiento de las propiedades a largo plazo. En el aspecto económico, la valoración es baja para dejar holgura en el caso de que los costes de mantenimiento excedan las previsiones. El método constructivo es rápido y eficaz, además de sencillo, y por último, como ya se ha mencionado anteriormente, prácticamente el 100% de los elementos en los que se utilice este material se podrán reciclar.

## 5. Especificaciones del proyecto

---

### 5.1 Climatología

El municipio de Bilbao pertenece a la vertiente Atlántica. El clima se define como templado de tipo oceánico, que se caracteriza por ser muy lluvioso y no tener variaciones bruscas de temperatura debido al efecto termorregulador del mar.

Su elevado régimen de lluvias se debe a la orografía, la orientación de las cordilleras y su proximidad al mar hacen que al chocar contra ellas los frentes que atraviesan el territorio, se originen precipitaciones. La precipitación media anual es de unos 1200 mm, registrándose los picos máximos en noviembre y diciembre, y los mínimos en septiembre y octubre. La distribución de lluvias es heterogénea dependiendo de la zona de la provincia.

Asimismo, se producen fuertes aguaceros durante los meses de marzo y abril, como consecuencia de los frentes polares procedentes del continente Europeo. Por otro lado el número de heladas, cuando las temperaturas descienden por debajo de los 0° C, no alcanza los 20 días en la costa.

La altura respecto al nivel del mar a la que se encuentra Bilbao, hace que los episodios de nieve sean un fenómeno raro. No obstante, en la zona de las montañas las precipitaciones de nieve pueden empezar incluso en Octubre, si bien no son abundantes, y las últimas ser en Mayo, si alguna borrasca consigue llegar desde latitudes polares.

En cuanto a sus temperaturas, las más bajas se distribuyen desde diciembre hasta principios de marzo, siendo el mes de agosto cuando se recogen los valores más elevados. En la costa las oscilaciones de temperatura no son muy acusadas, la variación entre el mes más frío y el cálido es solo de unos 11 o 12 ° C, al contrario que en el interior. En Bilbao concretamente, la temperatura media en invierno es de 8° C y en verano de 20° C, llegando a darse cortos episodios de 40° C.

Algunas zonas de la península de Zorrotzaurre, ahora isla, se localizan en Zona de Flujo Preferente según los mapas de Peligrosidad y Riesgos de inundación de la CAPV, elaborados por Sener en 2013. El vial de la Ribera se encuentra aproximadamente en la cota +3, que es muy similar a la marea en pleamar máxima, lo que genera problemas de inundabilidad y evacuación del agua.

Han sido varias las soluciones propuestas para abordar el problema, la que finalmente consiguió luz verde fue la apertura del canal de Deusto. En el “Estudio Hidráulico de la Apertura del Canal de Deusto”, realizado por la empresa SAITEC también se añaden como medidas adicionales: la creación de dos depósitos de agua, la subida de la rasante y el recrecimiento de los muros.

Las características climáticas de la zona de estudio se detallan en mayor profundidad en el Anejo 01.

## 5.2 Geología y Geotecnia

Para la realización de este proyecto se ha recogido la información geológica de un estudio realizado por *Euroconsult Norte S.A* para el “*Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrotzaurre*”, que se ha considerado adaptable a las características geológicas de la ubicación de la obra.

En el estudio se recogen los datos necesarios para caracterizar la composición y mecánica del terreno, y así después diseñar y seleccionar la tipología de cimentación más adecuada.

A continuación se resumen los datos más relevantes de la información geomorfológica aplicable a la ejecución de este proyecto, descritos con mayor detalle en el Anejo 02.

### 5.2.1 Geotecnia

La zona sometida a estudio se encuentra en la cuenca Vasco-Cantábrica, en el denominado Arco-Vasco, es una cuenca sedimentaria marina de grandes dimensiones generada a finales de del Jurásico sobre corteza continental.

Predominan los sedimentos detríticos cretácicos, los cuales aparecen en ocasiones recubiertos por depósitos cuaternarios de origen aluvial y coluvial; gravas y gravas con arena y limos.

### 5.2.2 Geología

El objetivo de los estudios geotécnicos es conocer las características de los estratos y los niveles litológicos. A partir de los datos obtenidos en campo, el trabajo realizado en el laboratorio y anteriores informes se han identificado las siguientes Unidades Geotécnicas:

- I. Unidad Q<sub>R</sub>. Rellenos antrópicos
- II. Unidad Q. Depositos aluviales
- III. Unidad C<sub>L</sub>. Sustrato rocoso-Limolitas

### 5.2.3 Excavabilidad

En general todos los materiales presentes en la zona son excavables por medios mecánicos convencionales, la unidad rocosa presenta muy buena rozabilidad y muy poca agresividad.

### 5.2.4 Opciones de cimentación

En el caso de que la cimentación se realizara sobre la II-UG, teniendo en cuenta las características geotécnicas, la cimentación superficial se haría a través de **zapatas corridas** o una **losa de cimentación**. De esta forma las cargas transmitidas al terreno se reducirían y los asentamientos se limitarían gracias a la gran superficie de apoyo y rigidez de la cimentación, además de absorber los movimientos diferenciales.

Otra posibilidad sería cimentar sobre la III-UG a través de una cimentación profunda con **pilotes** empotrados. Esta tipología permite repartir las cargas al terreno por fuste y/o punta, actuando sobre un estrato más resistente.



## 6. Descripción de la obra

---

### 6.1 Actuaciones previas

De manera previa al comienzo de las obras, antes de realizar el replanteo general, se llevaran a cabo las actuaciones de desbroce y nivelado del terreno. Aunque actualmente la superficie de proyecto se encuentra libre de maleza y arbolado, será necesario retirar una capa de 25 cm de espesor de tierra vegetal y algunos escombros. Se hará acopio de una parte de esa tierra vegetal para replantar las zonas ajardinadas, y los sobrantes de tierra se trasladarán al vertedero.

Posteriormente, se realizará el replanteo general de la nave como se especifica en el Anejo 03.

### 6.2 Movimiento de tierras

Se van a llevar a cabo dos tipos de zanjas, la correspondiente a las instalaciones, y la necesaria para retirar el espesor equivalente a los rellenos antrópicos hasta llegar a la segunda unidad geotécnica, aproximadamente 3 metros, como se observa en el plano del perfil del terreno adjunto en el Anejo 04.

El espesor de los rellenos antrópicos deberá ser verificado antes de iniciar los trabajos sobre el terreno.

La zanja correspondiente a los rellenos antrópicos, será rellenada por un terreno mejorado y compactado, sobre el que se realizara la cimentación de forma posterior al vertido del hormigón de limpieza. Se deberá dejar la holgura necesaria para las instalaciones y cimentación de la estructura.

Dado que no hay forma de conocer en una primera instancia la calidad y la correcta puesta en obra del nuevo material, se han establecido una serie de aspectos a cumplir con el objetivo de sentar unas bases óptimas. El volumen de tierra excavada y demás especificaciones se encuentran en mayor detalle en el Anejo 03.

### 6.3 Distribución de la superficie útil

El número de usuarios de las instalaciones se ha definido a partir de la demanda actual de los establecimientos de alquiler deportivo del entorno de ría, que han estimado que quitando los grupos de estudiantes y extranjeros, unas 400 personas locales hacen uso de su servicio a lo largo del año, siendo mayor la demanda de kayaks. Dentro de esta cifra aproximadamente casi la mitad son clientes ocasionales, por lo que se ha decidido dimensionar una nave para 200 usuarios pero de tal manera que sus instalaciones puedan ser ampliables.

Los usuarios se han dividido entre; 120 kayaks y 80 tablas de paddle surf, cada uno con su determinado espacio. Teniéndose en cuenta las dimensiones del material e instrumentación deportiva, el número de usuarios y la función de las instalaciones, se ha definido una nave con una superficie útil de 420 m<sup>2</sup>.

Se han diseñado unas zonas auxiliares de  $7 \times 6 \text{ m}^2$ , que cuentan con 5 duchas, 5 baños, 5 lavabos, además de un espacio para cambiarse y taquillas. Para el dimensionamiento se ha considerado que no van a coincidir todos los usuarios de la instalación al mismo tiempo.

La entrada cuenta con un pasillo de 14 metros de largo y 3 de ancho que da acceso a los vestuarios y a la zona donde se encuentra el material.

Para calcular la superficie de almacenamiento se han tenido en cuenta las características técnicas de la gama de canoas, kayaks y tablas de paddle surf, dentro de las posibilidades ofertadas se encuentran distintas tipologías dependiendo de cuál vaya ser su modalidad de uso: excursión, olas o competición.

Se han utilizado las dimensiones estándar del equipamiento recomendado para excursiones, que sirve tanto para pequeñas como largas travesías y paseos, ya que se considera que es la práctica que más se adapta al entorno de la ría y por tanto más usuarios realizarán.



Dimensiones	
Alto	300 cm
Ancho	78 cm
Espesor	35 cm



Dimensiones	
Alto	305 cm
Ancho	84 cm
Espesor	13 cm

Una vez con estos datos se le ha asignado a cada kayak o tabla una “plaza” que de manera sobredimensionada es de 3,5 m de largo, 1 m de ancho y 0,40 m de alto, considerándose que también incluye el chaleco y los remos. Si el material se apila en 5 alturas (2 metros de alto), a cada lado de manera proporcional, en una orientación perpendicular al eje longitudinal de la nave, se obtiene que para un número de 200 usuarios, es necesaria una longitud de 20 m. Dejando 2 metros más de holgura además de la longitud de la “plaza” quedan en transversal 5,5 m a cada lado, para así extraer el material correctamente.

Además en esta zona se ha diseñado un pasillo de 3 metros de ancho, sin paredes, para que se pueda transportar bien el material y se crucen varios usuarios.

Queda 1 metro de holgura, a lo largo, por si se decide ampliar el material o tener un mayor espacio para guardar chalecos, remos y demás equipamiento.

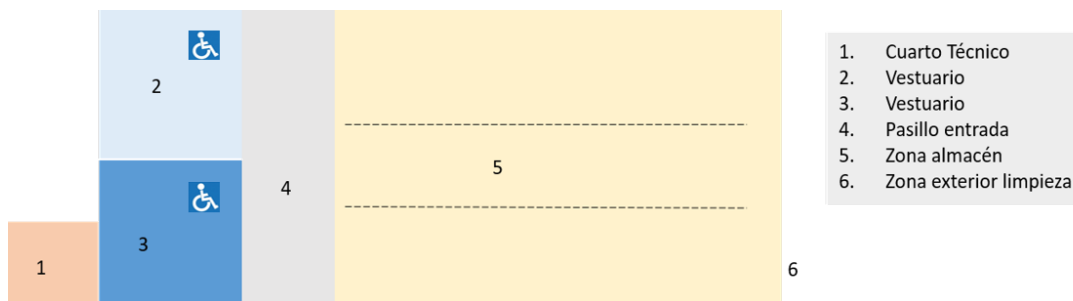


Figura 5. Distribución de la superficie útil de la nave

### 6.3.1 Accesibilidad

El conjunto de las instalaciones de la nave han sido diseñadas para facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura a las personas con discapacidad, y así puedan disfrutar también de esta iniciativa, teniéndose en cuenta las condiciones de accesibilidad para personas discapacitadas indicadas en la norma CTE DB SUA.

Ambos vestuarios cuentan con una ducha adaptada, con barra y asiento, y un baño con cabina individual, que incluye: lavabo, inodoro, espejo y una barra de apoyo. Todos los accesorios irán colocados a la altura regulada.

En la zona de almacenaje se reservarán unas plazas para personas discapacitadas.

### 6.4 Sistema estructural de la nave

La nave se ha diseñado a base de pórticos metálicos simétricos a dos aguas, 7 pórticos biempotrados en total, con un vano de 5 metros entre medias y luces de 14 metros.

Longitud de la nave	30m
Luz máxima entre los pilares del pórtico	14m
Distancia entre pórticos	5m
Pendiente de la cubierta	14,3%
Superficie de la nave	420 m <sup>2</sup>

Tabla 6. Resumen dimensiones de la nave

Se ha utilizado una viga perimetral de atado para unir los pórticos interiores. La viga ira arriostrada mediante cruces de San Andrés en los primeros vanos, para evitar la traslacionalidad de los pilares en el plano de la fachada lateral.

Las fachadas frontales difieren de las interiores. Se han dispuesto 2 pilares intermedios con 7 metros de separación, empotrados en la base y apoyados en la cabeza, con el fin de mejorar la absorción de las acciones del viento frontal. Asimismo, para asegurar el apoyo de los pilares del pórtico de la fachada, se dispone una viga contraviento con combinación de mallas Warren, entre los dos primeros pórticos.

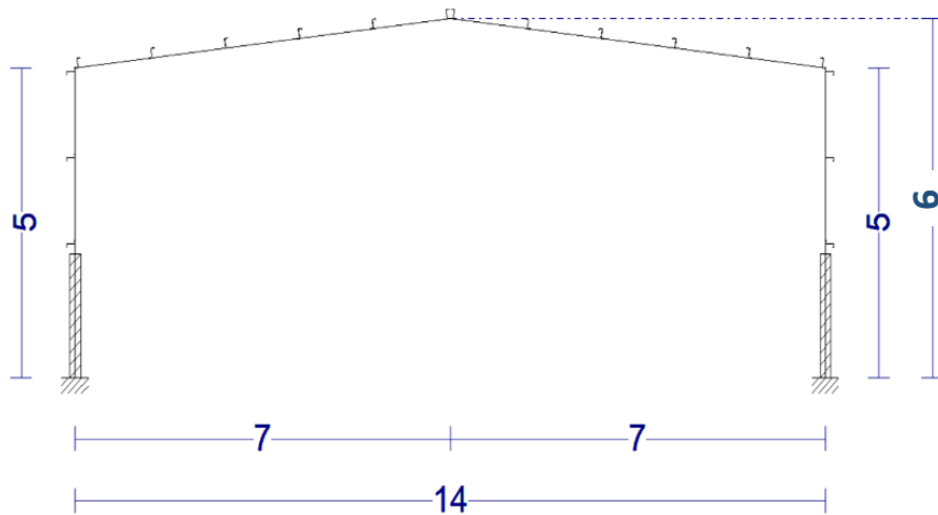


Figura 6. Pórtico interior tipo de la nave

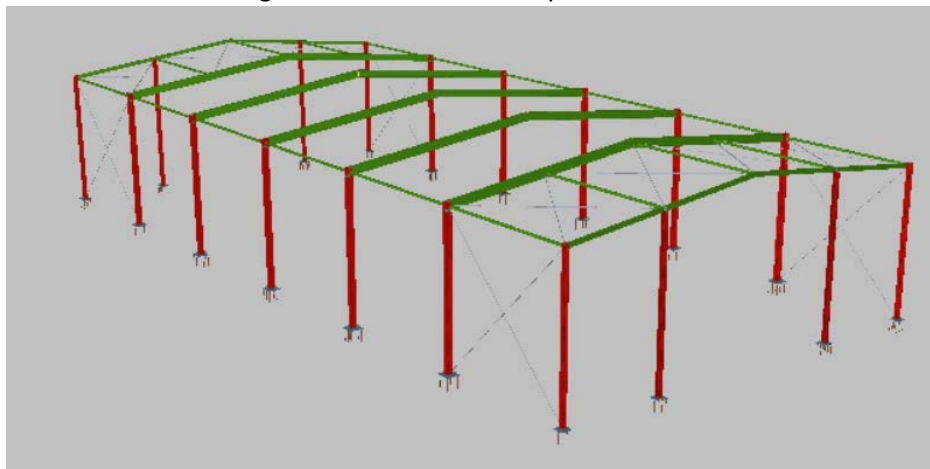


Figura 7. Vista 3D de la estructura de la nave

#### 6.4.1 Material y perfiles

La nave se ha realizado mediante perfiles metálicos laminados y armados. Las características del acero utilizado:

Material		E (MPa)	$\nu$	G (MPa)	$f_y$ (MPa)	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01

Tabla 7. Metal de los perfiles

Se han utilizado perfiles laminados de distinto tipo, en función del elemento estructural. A continuación se enumeran las tipologías y mediciones de los perfiles que conforman la estructura metálica de la nave:

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 140 B	41.600	91.600		0.179	0.505		1404.21	3967.23	
			HE 180 B	50.000			0.327			2563.02		
			IPE 140	28.182			0.046			362.82		
			IPE 270	70.456			0.323			2538.62		
			IPE 100	90.000			0.093			727.70		
		IPE	L 20 x 20 x 3		188.638	0.462	3629.14					
					154.430	0.017	135.78					
		L		154.430	0.017	135.78						
					434.668		0.985		7732.14			

Tabla 8. Resumen de mediciones

La selección de perfiles se ha realizado a través de un proceso iterativo de optimización estructural.

#### 6.4.2 Uniones

Para la ejecución de la estructura se han calculado las uniones de los pórticos ejecutadas con soldadura, y arriostradas con tirantes (perfiles angulares).

#### 6.4.3 Cálculos y comprobaciones

Se han realizado todas las combinaciones de hipótesis entre los distintos esfuerzos, así como las comprobaciones a ELU en acero.

Los cálculos, comprobaciones y detalles constructivos realizados con el programa Cype 3D versión 2017d, se encuentran en el anejo 05, específico para los cálculos estructurales.

Se han realizado comprobaciones manuales de algunos apartados para corroborar los resultados dados por el programa.

### 6.5 Cerramientos

#### 6.5.1 Cerramientos laterales

Se divide en dos tramos:

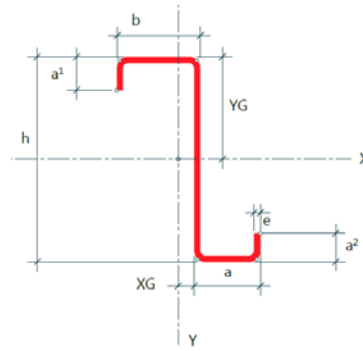
- La parte inferior, hasta los dos metros de altura, es un murete de bloques prefabricados de hormigón. Se ha utilizado esta solución constructiva para evitar hurtos en la nave.
- Hasta la unión con el alero se utilizarán paneles sándwich aislantes de 30 mm de espesor. Los paneles se fijarán a las correas mediante grecas, siguiendo las prescripciones técnicas de montaje suministradas por el fabricante. La distancia entre los apoyos será de 1,5 metros.

### 6.5.2 Correas

Se han predefinido perfiles tipo **Z de acero S235 conformado**.

Las correas de la cubierta tienen unas dimensiones de 160x60x53 y espesor de 2,5 mm, el peso por metro lineal es 5,71 kg/ml. Se han distribuido cada 1,5 metros.

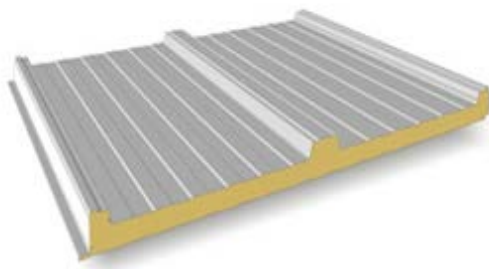
Las correas del cerramiento lateral tienen unas dimensiones de 140x60x53 y espesor de 2,5 mm, el peso por metro lineal es 5,22 kg/ml. Se han distribuido cada 1,5 m.



### 6.5.3 Cubierta

Se ha diseñado a partir de paneles sandwich de 30 mm, con dos laminas de acero a ambas caras de 0,4 mm de espesor, con una pendiente aproximadamente del 14% (equivalente a 8,13º de inclinación).

Los paneles se fijaran a las correas mediante grecas, siguiendo las prescripciones técnicas de montaje suministradas por el fabricante. La distancia entre los apoyos será de 1,5 m.



Peso: 8,57 kg/m<sup>2</sup>

Espesor: 30 mm

Transmitancia termica: 0,54 w/m<sup>2</sup>Cº

### 6.5.4 Cubierta fotovoltaica

La nave cuenta con una cubierta fotovoltaica a lo largo de toda la superficie del agua con orientación sur; el objetivo es generar energía eléctrica para autoconsumo.

Los elementos que componen la instalación fotovoltaica; placas solares, cableado e inversores fotovoltaicos.

Cubierta Fotovoltaica a 1 agua	
Superficie disponible para la instalación	210 m <sup>2</sup>
Número de módulos	84
Número de módulos conectados en serie	14
Número de Strings	6
Potencia del Grupo	23,5 KW
Vmpp/módulo	35,89 V
Impp/módulo	7,81 A
Número de inversores	2
Potencia/inversor	15 kWp
Potencia salida/inversor	10 kWAC
Potencia nominal	20 kWAC

Tabla 9. Características cubierta fotovoltaica

Se ha planteado una instalación sin vertidos a red, lo que la norma recoge como Autoconsumo Sin excedentes. La posibilidad de verter energía a red se contemplará si una vez iniciado el uso de la nave se observa un consumo significativamente inferior a la producción eléctrica de la instalación fotovoltaica.

#### Contribución fotovoltaica mínima

Actualmente los edificios de nueva construcción y de uso público tienen la obligación de incorporar placas solares, como viene regulado en el Código Técnico de la Edificación en el documento "Ahorro Energético HE". El documento CTE DB HE establece una contribución mínima de energía eléctrica obtenida por sistemas de transformación de energía solar a partir de procedimientos fotovoltaicos.

No obstante, la norma incluye como condición a su aplicación; que la superficie construida debe ser superior a los 5000 m<sup>2</sup>, luego el proyecto de 420 m<sup>2</sup>, queda fuera del ámbito de aplicación de la norma.

#### Montaje y disposición

Como las aguas de la nave ya cuenta con cierta inclinación, los módulos irán fijados sobre la cubierta mediante railes y anclajes, prescindiendo de la estructura de soporte, ya que encarece la instalación, y el efecto sobre el rendimiento es mínimo.

Los módulos fotovoltaicos se acoplan al panel sándwich mediante railes e irán fijados con tornillos o grapas. No obstante, se seguirán las instrucciones facilitadas por el fabricante.



Figura 8. Solución de montaje adoptada

En cuanto a la disposición de los módulos en la superficie de la cubierta se han desarrollado varios planteamientos:

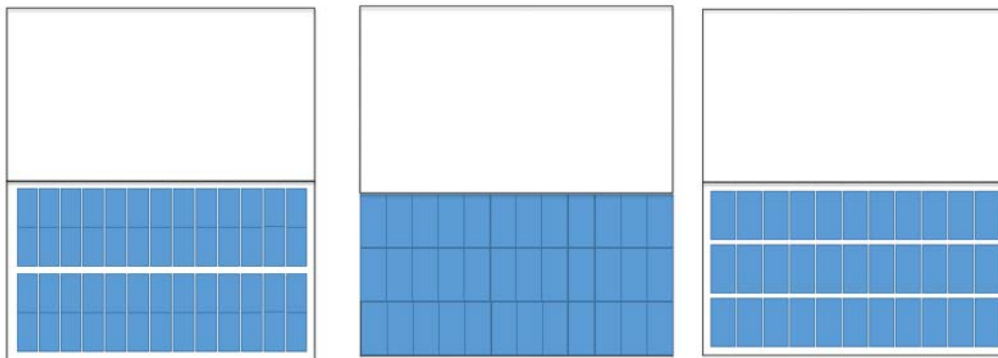


Figura 9. Esquema con las posibles disposiciones de los módulos fotovoltaicos en la cubierta

Entre las tres posibles soluciones, la primera no es viable ya que las dimensiones de las 4 filas de paneles son superiores a la superficie disponible para la instalación, la segunda plantea problemáticas en el mantenimiento y ventilación; en casos de una temperatura ambiente elevada, luego la última disposición prevalece como la óptima.

A continuación se hace un breve repaso de los distintos elementos de la instalación.



### Generador Fotovoltaico

El generador fotovoltaico es el dispositivo encargado de transformar la radiación solar en electricidad. Está constituido por una asociación serie-paralelo de módulos que, a su vez, son el resultado de una agrupación serie-paralelo de células solares.

El generador fotovoltaico estará formado por 84 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino capaces de entregar una potencia unitaria de 280 W/módulo en condiciones estándar, la potencia pico de la instalación es de 23,52 kWp (20 kWn).

En cuanto a las características eléctricas y físicas de cada módulo:

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Dimensiones (mm)	1000x2000x50
Peso (kg)	25
Tipo de células	Silicio monocristalino
Número de células	72
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	
Potencia máxima (Wp)	280 W
Tensión punto de máxima potencia (Vmp)	35,89 V
Corriente punto máxima potencia (Imp)	7,81 A

Tabla 10. Características modulo fotovoltaico

Se han dispuesto las placas en 3 filas de 28 módulos en orientación vertical, dejando una holgura de 2 metros en horizontal y 1 metro en vertical, para facilitar las labores de mantenimiento, instalación y disposición del cableado.

En cada fila se conectan 14 módulos en serie, de forma que hay un total de 6 strings. Por cada 3 strings se ha instalado un inversor al que se conectan en paralelo.

El término “string” se refiere a la cantidad de módulos fotovoltaicos conectados en serie, esto es, 6 strings corresponden a 6 filas de módulos conectados en serie. El inversor seleccionado debe disponer de una entrada para cada string.

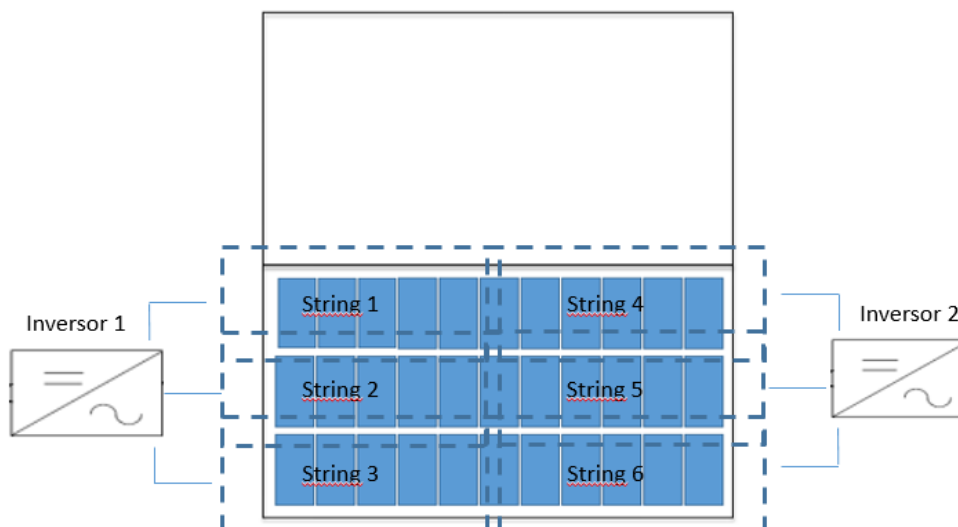


Figura 10. Boceto instalación eléctrica

### Inversor

El inversor será el equipo encargado de transformar la tensión de entrada de corriente continua, generada por los módulos fotovoltaicos, en tensión de corriente alterna. A la salida del inversor se instalará un cuadro eléctrico que protegerá del lado de corriente alterna.

La selección del modelo de inversor está limitada por su tensión máxima y corriente admisible de entrada, así como de la potencia pico de la instalación.

Teniendo en cuenta la disposición de los módulos y las características técnicas del generador fotovoltaico, se calculan los valores de tensión e intensidad de entrada que deberá ser capaz de cubrir el inversor seleccionado.

1 Inversor	
Total Módulos	42
Módulos por String	14
Nº Strings/Inversor	3
Potencia/Módulo (Wp)	280
Potencia Salida (kWAC)	10
Potencia Pico Total (kWp)	11.76
Vmp/Módulo (V)	35.89
Vmp por String (V)	502.46
Vmp por Inversor (V)	502.46
Imp/módulo (A)	7.81
Imp por String (A)	7.81
Imp por inversor (A)	23.43

Tabla 11. Resumen cálculos

Además de la instrumentación necesaria para la conversión de corriente continua a alterna, el inversor dispone internamente de las protecciones necesarias para poder asegurar la seguridad de la instalación y las personas, como para garantizar la calidad de la electricidad.

### Contador

La instalación también incorpora un contador con telegestión, para cuantificar el pequeño consumo de la red eléctrica; en los casos de ausencia de radiación solar o una producción eléctrica deficitaria.

Los cálculos y el equipo empleado se desarrollan en mayor detalle en el anejo 11, específico de la cubierta fotovoltaica.

## 6.6 Cimentación

Teniéndose en cuenta las características geotécnicas del terreno y las dimensiones de la nave, se ha seleccionado una **losa de cimentación**. El terreno de asiento es flojo y esta solución constructiva permite transmitir las cargas al terreno distribuyendo los esfuerzos uniformemente.

La longitudes en planta de la losa son de 31,2 m de largo y 15,2 m de ancho, valores superiores al perímetro de la estructura de la nave; 30x14 m, ya que para evitar que la cimentación se despegue del terreno y se produzcan acciones de vuelco se ha dimensionado con una holgura de 0,6 m en todas las direcciones. En cuanto al canto de la losa se ha sobredimensionado a 60 cm, 15 cm más respecto al espesor de cálculo, para optimizarla como solera de la nave.

Se cimentara sobre el nuevo relleno de terreno mejorado, que deberá tener una carga admisible de  $2\text{kg/cm}^2$ , tras el vertido del hormigón de limpieza, a una cota de -0.40 m de forma que la losa queda a +0,20 m respecto de la cota del terreno.

#### 6.6.1 Hormigón de limpieza

Se debe disponer una solera de asiento previa a la ejecución de la losa, con el fin de evitar el contacto directo del hormigón de la cimentación con el terreno.

El Código Técnico de la Edificación establece un espesor mínimo de 10 cm y una tipología de hormigón para este uso HL-150/B/20

#### 6.6.2 Armadura

Se ha diseñado una armadura principal en la parte superior para contrarrestar la presión del terreno y el empuje del agua, además de una armadura inferior debajo de los pilares para evitar que se originen flechas desiguales.

Armadura Superior	Longitudinal $\varnothing 12$ cada 25 cm
	Transversal $\varnothing 12$ cada 25 cm
Armadura inferior	Longitudinal $\varnothing 12$ cada 25 cm
	Transversal $\varnothing 12$ cada 25 cm

Tabla 12. Distribución del armado

Las barras de acero del hormigón armado empleado en la cimentación son de acero B500S, su resistencia característica es de  $f_{yk}=500\text{ N/mm}^2$

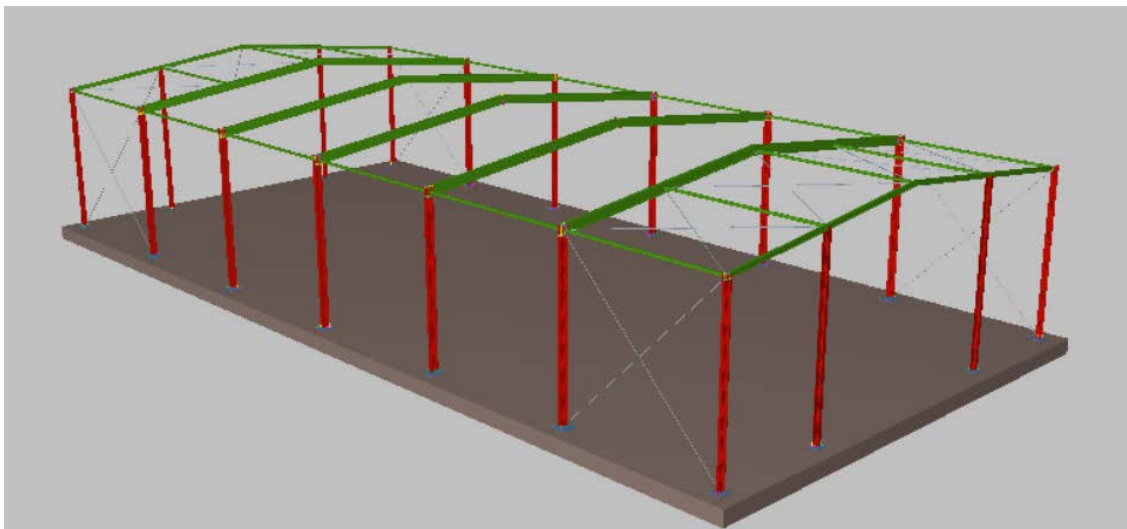


Figura 11. Vista 3D losa de cimentación. Fuente: CYPECAD

Los cálculos, comprobaciones y detalles constructivos se encuentran en el anejo 05, específico para los cálculos estructurales.

## 6.7 Divisiones interiores y acabados

Todas las particiones interiores serán de fábrica de ladrillo cerámico hueco de 7 cm de espesor, con un tabique longitudinal que se prolonga hasta 3,80 metros, por encima ira un falso techo que deja una cámara de aire en el espacio libre hasta la cubierta. Esta configuración es aplicable a los espacios auxiliares; vestuarios y zona de entrada.

Los tabiques de estos espacios se prolongan hasta el falso techo para permitir el paso de las conducciones de electricidad, calefacción y agua por la cámara de aire sobre el falso techo.

En todos los espacios auxiliares; vestuarios y entrada, las luminarias irán empotradas en el falso techo, únicamente en la zona de almacenamiento del material las luminarias se suspenderán directamente sobre la cubierta.

El almacenamiento del material deportivo se realizara mediante estructuras metálicas diseñadas para ese fin.

## 6.8 Lucernarios

La nave se ha diseñado a base de grandes lucernarios para aportar al espacio diáfano luz natural.

Ubicación	Dimensiones (h x b)	Cota
Fachada izquierda	1 (1 x 20) m	2.5 m
Fachada derecha	6 ( 2,5 x 2) m	0.0 m
Pórtico frontal	1 (1 x 13) m	2.5 m
Pórtico trasero	2(1 x 4) m	2 m

Tabla 13. Lucernarios de la nave

## 6.9 Accesos

Los accesos a la nave son dos: una puerta principal de acero galvanizado en la fachada de entrada, las dimensiones son de 2 metros de alto y 2, 5 metros de ancho. La segunda puerta, también de acero galvanizado, está en el hastial situado frente a la ría, en este caso las dimensiones serán de 2 metros de alto y 3 metros de ancho para permitir una cómoda circulación con el material.

En el interior de la nave: cada vestuario tendrá una puerta de 0,90x1, 80 m de PVC , al igual que el cuarto técnico, pero en este caso se usará acero galvanizado como material, en cuanto al acceso desde el pasillo de entrada al almacén será un hueco libre de 3 metros de ancho.

Acceso	Dimensiones (h x b)	Material
Entrada	2 x 2,5	Acero galvanizado
Salida a la ría	2 x 3	Acero galvanizado
Vestuarios	1,80 x 0,90	PVC
Cuarto técnico	1,80 x 0,90	PVC

Tabla 14. Accesos exteriores e interiores de la nave

## 6.10 Pavimentos

En la entrada y la zona de almacenamiento de la nave el pavimento se hará a base de adoquines de hormigón gris. Los vestuarios y el cuarto técnico irán adoquinados en terrazo.

## 6.11 Instalaciones

En este apartado se recogen las redes de abastecimiento y saneamiento de la nave, la instalación de climatización para calefacción, la instalación de suministro de gas correspondiente para el funcionamiento de la caldera , así como la instalación eléctrica y la iluminación interior de los distintos espacios de la nave.

### 6.11.1 Cuarto técnico

Se ha diseñado un cuarto técnico de 3x2 m<sup>2</sup> anexo a la nave, con el objetivo de alojar el equipo de las distintas instalaciones y así facilitar las tareas de mantenimiento.

En cuanto a la instalación de abastecimiento, en la habitación se alojan:

- La preinstalación de control
- Una llave de abonado
- Una caldera de gas para calefacción y ACS
- Una bomba de impulsión para retorno de ACS

Equipos de la instalación eléctrica:

- Caja de protección y medida
- Cuadro general de mando y protección

Suministro de gas:

- Tuberías del montante individual e instalaciones particulares
- Llave de corte general

- Elementos reguladores

### 6.11.2 Abastecimiento

La instalación incluye el abastecimiento de agua fría de los vestuarios y la zona de limpieza del equipo, así como el diseño de la red de agua caliente sanitaria (ACS) y dimensionado de los equipos de calentamiento.

La red se divide en 3 cuartos húmedos: aseo hombres, aseo mujeres, grifería exterior. En los aseos se disponen los puntos de consumo de: lavabos, duchas e inodoros.

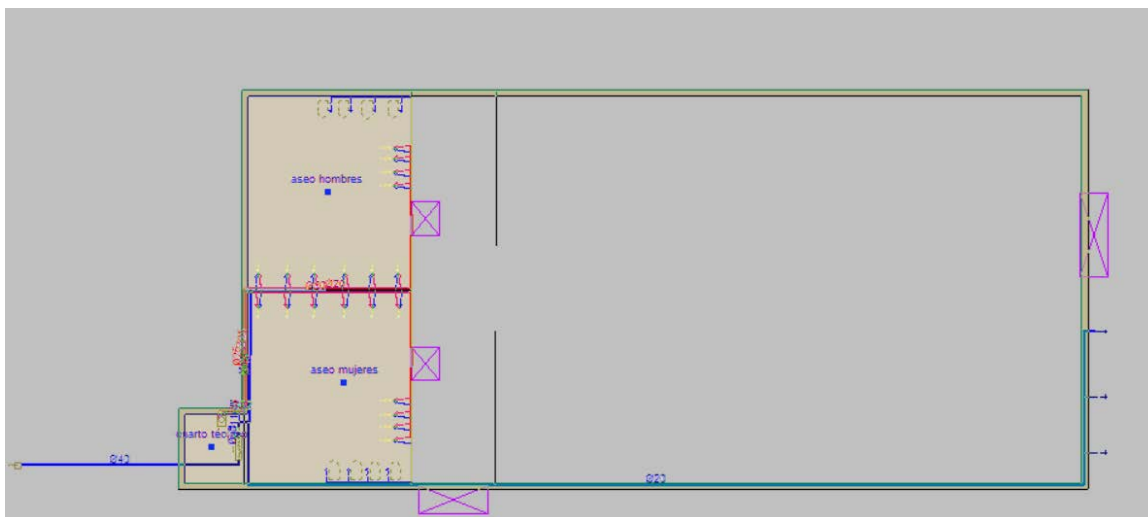


Figura 12. Vista en planta de la red de abastecimiento. Fuente: CYPECAD MEP

### Instalación exterior

#### Acometida

Se han utilizado los planos proporcionados por el Consorcio de Aguas de Bilbao para seleccionar el punto de toma de la acometida. Entre las posibles opciones; se ha dispuesto la toma en la tubería de suministro público que transcurre a lo largo de la calle Ribera de Zorrozaurre, por debajo de la acera de la zona posterior de la nave.

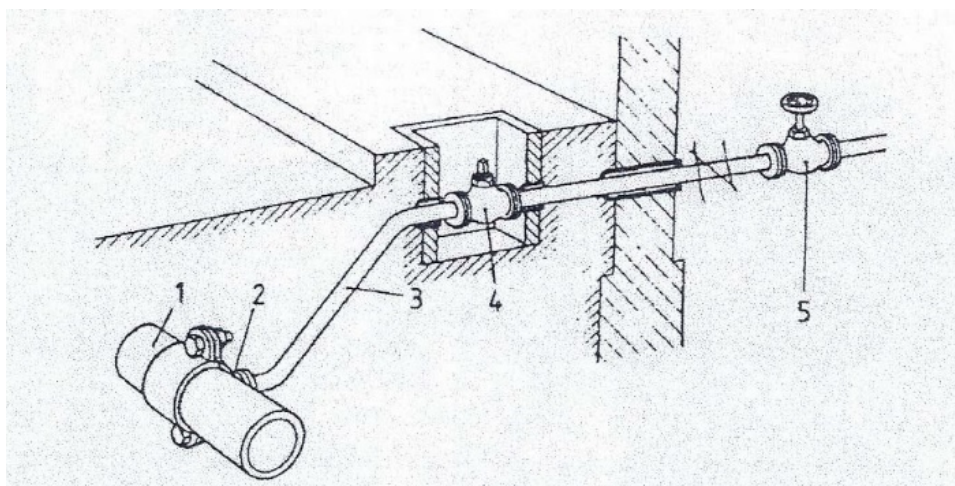


Figura 13. Esquema de la acometida

Siendo:

1. Tubería de la red pública
2. Punto de toma de la acometida
3. Tubo de acometida
4. Llave de corte exterior
5. Llave de corte general

Es una acometida con contador general enterrada a lo largo de 8,29 m, uniendo la red pública de abastecimiento de agua potable con la instalación general de la nave, su recorrido se ha diseñado sin uniones o empalmes intermedios no registrables. Se basa en un tubo de polietileno PE 100, de 40 mm de diámetro exterior y 2,4 mm de espesor, PN= 10 atm, colocada sobre un lecho de arena de 15 cm de espesor, en el fondo de una zanja previamente excavada.

#### Tubos de alimentación

El tubo de alimentación de agua potable tiene una longitud de 2,71 m y se utilizara un tubo de acero galvanizado estirado sin soldadura, de 40 mm de diámetro.

En cuanto a su instalación, irá enterrado sobre un lecho de arenas de 10 cm de espesor en el interior de una zanja excavada específicamente para ese fin, como se recoge en el anejo 3. Una vez colocado el tubo se rellenará con arena la zanja, ya compactada y nivelada, hasta la generatriz superior de la tubería.

#### Contador

La nave está dotada con un contador general único, alojado en un armario del cuarto técnico anexo a la nave.

El contador debe tener el mismo diámetro que el tubo de alimentación, luego su diámetro nominal será de 40 mm.

En cuanto a las dimensiones del armario donde se aloja, se deberán seguir las especificaciones del CTE DB HS, que en función del diámetro nominal pauta un armario de 1300x600x500 mm<sup>3</sup>.

#### Instalación interior

Es el conjunto de tuberías, elementos de maniobra, control y seguridad. Comienza en la llave de corte exterior de la acometida.

La red se divide en 3 cuartos húmedos: aseo hombres, aseo mujeres, grifería exterior. A continuación se adjunta el esquema de la red de suministro interior diseñada para la nave:

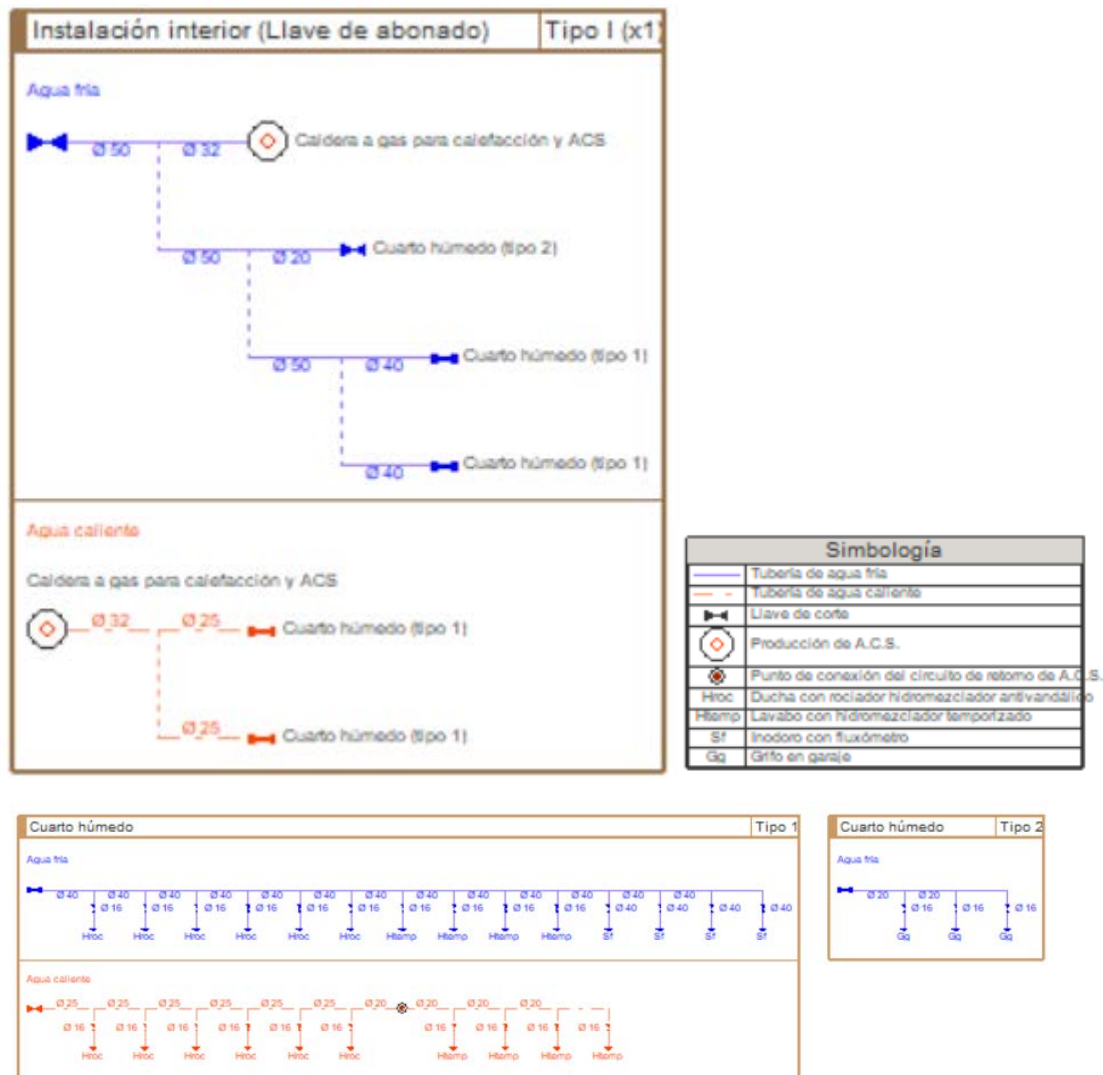


Figura 14. Esquema instalación interior. Fuente: CYPECAD MEP

### Derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace

Se han dispuesto 5 llaves de cuarto húmedo, de forma que, aunque se corte el suministro de un tramo de la red, no se impida el abastecimiento de agua al resto de puntos de consumo de la nave.

### Instalaciones particulares

Toda la instalación se ha planteado con tubos de polietileno reticulado (PE-X), para los siguientes diámetros: 16 mm (3.83 m), 20 mm (38.18 m), 40 mm (0.03 m), 50 mm (0.61 m). Irán colocados superficialmente y fijados al paramento a 0,2 metros del techo, a excepción de las tuberías de los grifos frontales que irán a 0,5 m del suelo.

### Instalación de ACS

Cuenta con redes de impulsión, una caldera para calefacción y ACS, redes de retorno, así como una bomba de circulación como elemento auxiliar del sistema de retorno diseñado.

### Instalación de ACS: redes de retorno



El CTE DB HS establece la necesidad de diseñar una Red de retorno en redes de ACS, cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea mayor o igual a 15 m, para evitar un gasto excesivo de agua fría.

El sistema de retorno planteado; se inicia en el tramo entre el punto de consumo de la primera ducha y el primer lavabo, hasta la caldera, en ambos vestuarios. De esta manera el gasto de agua fría previo a la salida del agua caliente; será únicamente la equivalente al tramo entre el extremo de la red de retorno y el primer lavabo.

#### Instalación de ACS: caldera de gas

Para la producción de ACS y calefacción se ha optado por una caldera de gas de mural, a 1,3 m sobre la cota del suelo.

A pesar de que en el proyecto se plantee esta solución, se recomienda hacer un estudio sobre la eficiencia de la implantación de placas solares térmicas para la producción de ACS, ya que supone una alternativa más sostenible.

#### Instalación de ACS: bomba de circulación

Para recircular e impulsar el agua caliente se ha instalado una electrobomba centrífuga a la salida de la caldera.

Las características, los cálculos hidráulicos y el proceso de dimensionamiento de la red de abastecimiento se detallan en mayor profundidad en el Anejo 06.

### 6.11.3 Saneamiento

La red de saneamiento la conforman; la red de aguas residuales, la red de aguas pluviales y los colectores mixtos, el conjunto recoge el conjunto de vertidos y comunica la instalación interior con la red de alcantarillado público. Todo el sistema incorpora elementos auxiliares de cierre hidráulico y una red de ventilación primaria.

#### **Red de aguas residuales**

La red de aguas residuales es una necesidad complementaria a la red de agua fría, que una vez introducida el agua en el edificio y realizado su objetivo debe salir al exterior, lo que implica una red interior de evacuación que va recogiendo todos los vertidos de los distintos puntos de la nave y los unifica en un pozo de acometida. Este punto de recogida es la salida del agua residual a la red de alcantarillado, que a su vez agrupa los desagües de más edificios del núcleo urbano.

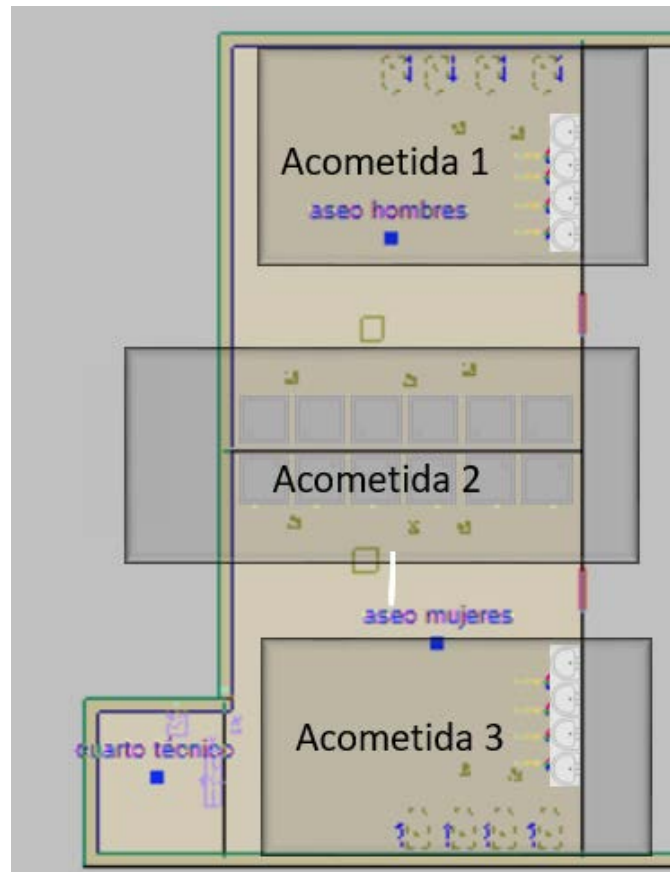


Figura 15. Esquema de acometidas de la red de evacuación de aguas residuales.

Elementos que conforman la red de evacuación de aguas residuales:

- Red de pequeña evacuación

La norma CTE DB HS adjudica las unidades de desagüe a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales, en función de cual sea su uso; privado o público.

Se ha diseñado una red de pequeña evacuación con un sifón cada dos lavabos o duchas. En los sifones los ramales de desagüe de los aparatos sanitarios se unen a un tubo de derivación que desemboca en la bajante.



Figura 16. Ejemplo de red de pequeña evacuación

- 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.

- Bajantes

Recogen el vertido de las derivaciones y desembocan en los colectores. En la parte superior se disponen terminales de aireación como parte del sistema de ventilación primaria.

Para el dimensionado de las bajantes se ha relacionado su diámetro con el número de alturas de la nave y el número máximo de unidades de desagüe, siendo el diámetro de la misma constante en toda su altura.

- Colectores

Recogen el agua de las bajantes y la canalizan hasta el alcantarillado urbano. Unen las arquetas con el pozo de control y desde este hasta el alcantarillado.

El diámetro se ha dimensionado en función de la pendiente del colector y el máximo número de unidades de desagüe. Se han diseñado enterrados, por debajo de la red de distribución de agua potable.

- Registro de limpieza en las bajantes
- Arquetas

Se han diseñado varias acometidas de saneamiento a la red general del municipio, de tubo de PVC liso.

### Red de aguas pluviales

La red de aguas pluviales es la encargada de evacuar el agua de la cubierta de la nave. Esta agua, denominada agua pluvial, es la procedente de precipitación natural; de la lluvia o de la nieve, de escorrentías o drenajes.

Se ha dividido la superficie de cubierta en 8 áreas pluviales para dimensionar la red de evacuación, que consta de 8 tramos de canalón cada uno con su correspondiente bajante.

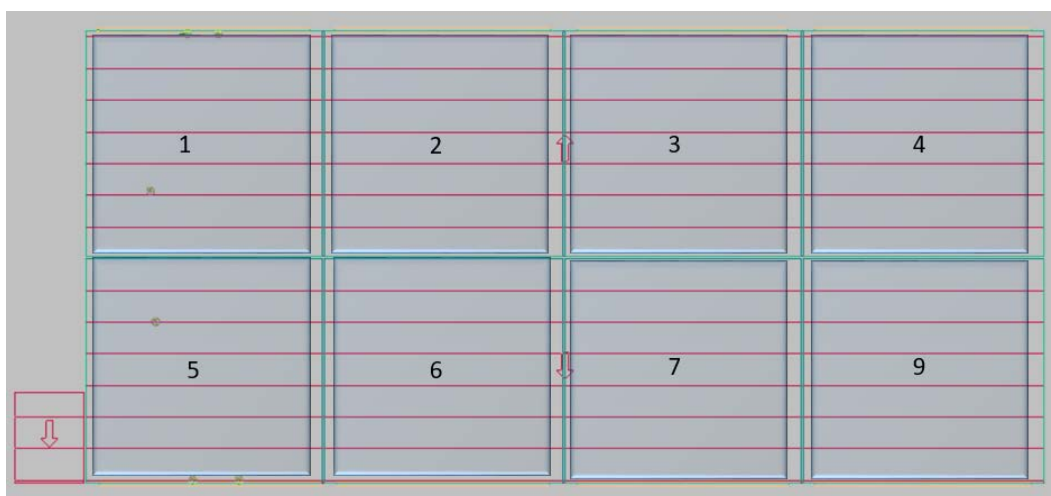


Figura 17. División áreas pluviales de la superficie de cubierta

Elementos que conforman la red de evacuación de aguas pluviales:

- **Canalón**

El valor del diámetro nominal del canalón se ha establecido a partir de la superficie de cubierta proyectada (420 m<sup>2</sup>) y su pendiente. Se ha considerado una intensidad pluviométrica máxima de 100mm/h y una solución de canalón rectangular.

Se utilizará un modelo de canalón trapecial de PVC con óxido de titanio, color blanco, según UNE-EN 607.

- **Bajante**

Las bajantes serán circulares de PVC con óxido de titanio, color gris claro, según UNE-EN 12200-1.

El diámetro nominal de la bajante se define en función de la superficie de proyección horizontal de la cubierta y la intensidad pluviométrica de la ubicación.

- **Colector**

Se utilizaran tubos de PVC liso, serie SN-2, rigidez anular nominal 2 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, con junta elástica.

### **Ventilación primaria**

Las tuberías de ventilación se disponen con el objetivo de evitar las fluctuaciones de presión en el interior de las tuberías de descarga.

En este caso como la nave únicamente cuenta con dos alturas se ha diseñado un sistema de ventilación primaria.

### **Colectores mixtos**

Para los cálculos se dimensiona por un lado la red de aguas residuales y la red de aguas pluviales por otro, de manera separada e independiente, posteriormente se dimensiona la conexión de ambas redes antes de su salida a la red exterior.

Se han dimensionado colectores enterrados, mediante sistema integral registrable, de tubo de PVC liso, serie SN-2, rigidez anular nominal 2 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, con junta elástica.

### **Pozos de registro**

Antes de la llegada de los colectores mixtos a la red de saneamiento general se ha dispuesto un pozo de registro en cada acometida.

Las características y el proceso de dimensionamiento de la red de saneamiento se detallan en mayor profundidad en el Anejo 07.

### 6.11.4 Instalación Eléctrica

A continuación se detallan los distintos elementos de la instalación eléctrica.

#### Caja de protección y medida

Como el suministro es para un único usuario, conforme a la instrucción ITC-BT-12, se ha simplificado la instalación colocando una caja de protección y medida (CPM), en la fachada exterior del cuarto técnico, en vez de una caja general.

#### Derivaciones individuales

Enlaza al contador con el cuadro general de mando y protección, se ha diseñado con un 40 mm de diámetro y 1,19 m de longitud.

#### Cuadro general de mando y protección individual

Cuenta con un interruptor diferencial general e interruptor automático de corte omnipolar.

#### Instalación interior

Los circuitos que conforman la red interior se encuentran recogidos en la siguiente tabla, contarán con protección contra contactos indirectos y sobrecargas y cortocircuitos.

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	$I_n$ (A)	$FC_{grupos}$	$R_{osc}$ (%)	$I'_{z}$ (A)
C1 (iluminación)	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C13 (alumbrado de emergencia)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50
C14 (Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C15 (producción de A.C.S. / Calefacción)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50
C6 (iluminación)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50

Tabla 15. Elementos de la instalación eléctrica

#### Potencia total prevista

Dadas las características de la obra y los niveles de electrificación elegidos, la potencia total instalada y demandada por la instalación es de 5,476 kW.

El dimensionamiento de la red eléctrica se encuentra en mayor detalle en el anejo 10.

### 6.11.5 Climatización

Para garantizar un nivel de confort óptimo se ha considerado necesario que las infraestructuras de la nave contasen con recintos climatizados, por lo que se han equipado

ambos vestuarios con sistema de calefacción, para mantener una temperatura adecuada a la salida de la ducha y durante su utilización.

El diseño y cálculo de la instalación de climatización se ha llevado a cabo bajo las directrices de la normativa RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) que se encarga de recoger las exigencias de bienestar e higiene, de eficiencia energética y seguridad.

El sistema de calefacción lo conforman varios tramos de tuberías de impulsión y retorno, encargadas de realizar el traslado del agua caliente, y dos emisores; radiadores de aluminio inyectado, uno por cada vestuario, que se instalarán próximos a la salida de las duchas.

Los cálculos, normativa de aplicación y las características de las instalaciones de calefacción diseñadas, se encuentran en mayor detalle en el Anejo 08.

#### 6.11.6 Suministro de gas

Para el funcionamiento de la caldera del sistema de calefacción y la producción de ACS, es necesario disponer de una instalación de suministro de gas propano.

La instalación se divide en varias partes: la acometida exterior, a partir de un tubo de polietileno, la tubería del montante individual de 0.47 m de longitud y la tubería individual para la instalación interior.

Las tuberías de gas serán de cobre estirado en frío, sin soldaduras, irán colocadas superficialmente sobre las paredes del cuarto técnico, junto con la llave de corte general de gas y los elementos reguladores del suministro. La presión mínima de entrada al regulador es de 80 mbar y la presión mínima de salida de fija de 37 mbar.

En cuanto a las características técnicas de la caldera; su potencia es de 24 kW, siendo la potencia calorífica instalada total de 30 kW.

El desarrollo seguido en los cálculos, las características de las tuberías y caldera, y demás detalles relativos a la instalación de gas se encontrarán en el Anejo 08.

#### 6.11.7 Iluminación interior

Se han tenido en cuenta los niveles de iluminación recomendados para cada estancia, en función de la actividad desarrollada en el espacio, ya que las exigencias visuales en un lugar de trabajo no son las mismas que en un almacén o un vestuario.

Todas las zonas cumplen con los valores límite de eficiencia energética establecida en la norma CTE DB HE, a través de sistemas de control y regulación, y aprovechamiento de la luz natural.

En cuanto a la potencia instalada, el valor límite para un edificio de pública concurrencia es de 18 W/m<sup>2</sup>, en este caso es de 6,74 W/m<sup>2</sup>, luego se cumple con las exigencias.

Asimismo cada recinto se ha dotado de iluminación de emergencia para asegurar la iluminación de las salidas u otros puntos de interés, en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal.

## Luminarias

Se han definido 5 tipos de luminarias normales y 1 tipo de luminaria de emergencia.

Nº	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
1	mt34ael010cd	Luminaria de emergencia, con dos led de 1 W, flujo luminoso 220 lúmenes, carcasa de 154x80x47 mm, clase I, protección IP 20, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 2 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h. Incluso accesorios y elementos de fijación.	5,00 Ud
2	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.	18,00 Ud
3	mt34lam050Gbo	Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 452 mm de altura, para lámpara de halogenuros metálicos bipin HIT de 70 W, modelo Miniyes 1x70W HIT Reflector Cristal Transparente "LAMP", con cuerpo de aluminio extruido RAL 9006 con equipo de encendido magnético y aletas de refrigeración; protección IP 20; reflector metalizado mate; cierre de vidrio transparente; sistema de suspensión por cable de acero de 3x0,75 mm de diámetro y 4 m de longitud máxima.	16,00 Ud
4	mt34lhb010k	Lámpara de halogenuros metálicos bipin HIT, de 70 W.	16,00 Ud
5	mt34lyd020a	Luminaria de techo Downlight, de 81 mm de diámetro y 40 mm de altura, para 3 led de 1 W, aro embellecedor de aluminio inyectado, termoesmaltado, blanco; protección IP 20 y aislamiento clase F, incluso placa de led y convertidor electrónico.	4,00 Ud
6	mt34tuf010k	Tubo fluorescente TL de 18 W.	54,00 Ud

Tabla 16. *Luminarias del proyecto.*

La luminaria de los vestuarios y el pasillo de entrada ira empotrada en el falso techo, mientras que en la de la zona del almacén se ha diseñado suspendida.

El esquema diseñado para su distribución en los distintos recintos es el siguiente:



Figura 18. *Distribución de luminarias*

Se ha utilizado el método de "Punto por punto" para el cálculo de la iluminación. El proyecto de iluminación y demás detalles de la instalación se encuentran en el anejo 09.

## 7. Plan de obra

El objetivo del plan de obra es definir la programación de las tareas proyectadas en tiempo real. Se han dividido las obras en 17 actividades generales siguiendo aproximadamente el orden de un proceso completo de construcción.

Se ha estimado un plazo de construcción de 121 días laborables, lo que se resume en un total de seis meses.

A continuación se adjunta una tabla con las actividades desglosadas y su duración considerada:

Actividad	Comienzo	Terminación	Días
Proyecto nave deportiva	06/05/2019	21/10/2019	121
1. Desbroce y nivelación del terreno	06/05/2019	10/05/2019	4
2. Replanteo	10/05/2019	13/05/2019	1
3. Movimiento de tierras	13/05/2019	27/05/2019	10
4. Instalación colectores de saneamiento	27/05/2019	30/05/2019	3
5. Cimentación	30/05/2019	04/07/2019	25
6. Estructura metálica	04/07/2019	31/07/2019	19
7. Cubierta	31/07/2019	21/08/2019	15
8. Cerramientos y particiones	31/07/2019	26/08/2019	18
9. Instalación de abastecimiento de aguas	26/08/2019	06/09/2019	9
10. Red de evacuación de aguas residuales	26/08/2019	02/09/2019	5
11. Red de evacuación de aguas pluviales	26/08/2019	03/09/2019	6
12. Instalación eléctrica e iluminación	26/08/2019	17/09/2019	16
13. Instalación de climatización	26/08/2019	03/09/2019	6
14. Instalación cubierta fotovoltaica	26/08/2019	04/09/2019	7
15. Alicatado	06/09/2019	20/09/2019	10
16. Carpintería y Acabados	20/09/2019	11/10/2019	15
17. Pavimentado de acera	17/09/2019	15/10/2019	20
18. Limpieza de obra	15/10/2019	21/10/2019	4
19. Seguridad y salud	06/05/2019	21/10/2019	121
20. Calidad	06/05/2019	21/10/2019	121

Tabla 17. Distribución de actividades



## 8. Resumen del presupuesto

A continuación se adjunta un breve resumen del presupuesto estimado, se puede encontrar en mayor detalle en el documento número cuatro del proyecto.

<b>RESUMEN.- TOTAL DESGLOSE PRESUPUESTARIO</b>		
<b>Capítulo</b>		<b>Importe (€)</b>
01	Movimiento de tierras	20.320,91
02	Cimentación	72.380,18
03	Estructura	33.374,33
04	Cubierta	28.233,78
05	Instalaciones	83.050,45
06	Divisiones y cerramientos	28.079,98
07	Carpintería	4.217,66
08	Acabados	1.431,72
09	Urbanización parcela	21.103,70
10	Seguridad y Salud	28.057,68
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>320.250,39</b>
<p>Asciende el presupuesto de ejecución material del "Cálculo y diseño de un almacén de material deportivo con paneleres solares en Zorrotzaurre, Bilbao (Bizkaia)" a la expresada cantidad de TRESCIENTOS VEINTEMIL DOSCIENTOS CINCUENTA EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS</p>		
	13,00% Gastos generales	41.632,55
	6,00% Beneficio industrial	19.215,02
<b>Total antes de impuestos</b>		<b>381.097,97</b>
	21,00% IVA	<b>80.030,57</b>
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>		<b>461.128,54</b>

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata del "Cálculo y diseño de un almacén de material deportivo con paneleres solares en Zorrotzaurre, Bilbao (Bizkaia)" a la expresada cantidad de **CUATROCIENTOS SESENTA Y UNO EUROS con CIENTO VENTIOCHO EUROS con CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS**

## 9. Normativa

---

La redacción de este proyecto se ha realizado en base a la aplicación de las siguientes normas vigentes:

- Código Técnico de la Edificación (Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo), B.O.E
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (Real Decreto 842/2004, de 3 de diciembre), B.O.E
- Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)
- ITC-BT Alumbrado normal y alumbrado de emergencia.

## 10. Bibliografía y referencias

---

### 10.1 Libros consultados y proyectos consultados

- Cypecad Mep 2017. Diseño y cálculo de instalaciones en los edificios.
- Kimar, Consultores ambientales S.L. . Estudio de impacto ambiental.
- Ingeniería Saitec .Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Area Mixta de Zorrotzaurre.
- Robert Alcock. La Isla que Nunca Fue: Memorias de un naufrago inglés en Zorrozaurre.

### 10.2 Instituciones y empresas

- Bilbao Kirolak
- Ingeniería Saitec
- Gobierno Vasco
- Universidad politécnica de Madrid
- Instituto Geográfico Nacional

### 10.3 Páginas web

- [www.zorrotzaurre.com](http://www.zorrotzaurre.com)
- [www.aemet.es](http://www.aemet.es)
- [www.euskalmet.euskadi.eus](http://www.euskalmet.euskadi.eus)
- [www.bizkaia.eus](http://www.bizkaia.eus)
- [www.fomento.gob.es](http://www.fomento.gob.es)
- [www.cuadernodegeotecnia.wordpress.com](http://www.cuadernodegeotecnia.wordpress.com)
- [www.tmmanterola.com](http://www.tmmanterola.com)
- [www.codigotécnico.org](http://www.codigotécnico.org)

## 11. Índice de anejos

---

Anejo 1. Climatología

Anejo 2. Estudio Geotécnico

Anejo 3. Replanteo

Anejo 4. Movimiento de tierras

Anejo 5. Cálculo estructural

Anejo 6. Abastecimiento

Anejo 7. Saneamiento

Anejo 8. Climatización y gas

Anejo 9. Iluminación interior

Anejo 10. Instalación eléctrica

Anejo 11. Cubierta fotovoltaica

Anejo 12. Accesibilidad

Anejo 13. Programa de trabajos

Anejo 14. Declaración de obra completa

Anejo 15. Presupuesto para conocimiento de la administración

## 12. Índice Planos

---

### **1. Planos generales**

1.1 Localización

1.2 Situación

1.3 Referencias de replanteo

1.4 Replanteo

1.5 Alzado, Planta y Perfil

1.6 Distribución en planta

1.7 Baño discapacitados

### **2. Estructura metálica**

2.1 Estructura general

2.2 Alzado, planta y perfil

2.3 Alzado

2.4 Planta

2.5 Pórtico Hastial

2.6 Pórtico central

2.7 Uniones soldadas

2.8 Unión arranque losa pórtico hastial

2.9 Unión pilar-viga con viga de testa pórtico hastial izquierdo

2.10 Unión pilar-viga con viga de testa pórtico hastial derecho

2.11 Unión arranque losa pórtico central

2.12 Unión pilar-viga con viga de testa pórtico central

2.13 Unión cumbrera

2.14 Unión montante con viga en pórtico hastial

### **3. Cimentación**

3.1 Losa de cimentación

### **4. Instalaciones**

4.1 Abastecimiento de agua

4.2 Abastecimiento de agua esquema en planta

4.3 Esquema instalación abastecimiento de agua

4.4 Evacuación de aguas residuales

4.5 Evacuación de aguas pluviales

4.6 Evacuación de aguas pluviales esquema de cubierta

4.7 Evacuación de aguas pluviales esquema planta baja

4.8 Climatización

4.9 Detalle sistema de climatización

4.10 Esquema en planta de climatización

4.11 Suministro de gas

4.12 Esquema en planta de suministro de gas

4.13 Instalación eléctrica

4.14 Instalación de iluminación interior

4.15 Alcance pararrayos

4.16 Toma de tierra pararrayos

4.17 Instalación fotovoltaica en cubierta

## 13. Índice Tablas

---

Tabla 1. *Ventajas y desventajas de cubierta tipo plana.*

Tabla 2. *Ventajas y desventajas de cubierta tipo inclinada*

Tabla 3. *Ventajas y desventajas de cubierta tipo bóveda*

Tabla 4. *Criterios de ponderación para la selección del material*

Tabla 5. *Criterios de ponderación para la selección del material*

Tabla 6. *Resumen dimensiones de la nave*

Tabla 7. *Metal de los perfiles*

Tabla 8. *Resumen de mediciones*

Tabla 9. *Características cubierta fotovoltaica*

Tabla 10. *Características modulo fotovoltaico*

Tabla 11. *Resumen cálculos*

Tabla 12. *Distribución del armado.*

Tabla 13. *Lucernarios de la nave*

Tabla 14. *Accesos exteriores e interiores de la nave*

Tabla 15. *Elementos de la instalación eléctrica*

Tabla 16. *Luminarias del proyecto.*

Tabla 17. *Distribución de actividades*

Tabla 2.1. *Reconocimientos realizados por Euroconsult Norte S.A*

Tabla 2.2. *Parámetros geotécnicos I-UG*

Tabla 2.3. *Valores de plasticidad. Fuente: informe Saitec*

Tabla 2.4. *Parámetros geotécnicos II-UG (Limos y arcillas grises)*

Tabla 2.5. *Parámetros geotécnicos II-UG (Arena gris y marrón)*

Tabla 2.6. *Características generales de la totalidad de los materiales estudiados. Fuente: informe Saitec*

Tabla 2.7. *Resultados sondeos SZ-4 y SZ-5 ensayo SPT. Fuente: Informe Saitec*

Tabla 2.8. *Valor aproximado de la resistencia a compresión simple*

Tabla 2.9. *Parámetros empleados en el cálculo de asientos*

Tabla 3.1. *Referencias de replanteo*

Tabla 3.2 *Replanteo de la nave*

Tabla 4.1. *Volumen de tierras excavado*

Tabla 5.1. *Dimensiones de la nave*

Tabla 5.5. *Desplazamientos*. Fuente: CTE DB SE-A

Tabla 5.2. *Parámetros utilizados en los cálculos*

Tabla 5.3. *E.L.U de rotura*. Acero laminado. Fuente: CTE DB SE-A

Tabla 5.4. *E.L.U de rotura*. Acero laminado. Fuente: CTE DB SE-A

Tabla 5.5. *Desplazamientos*. Fuente: CTE DB SE-A

Tabla 5.6. *Combinaciones de hipótesis*

Tabla 5.7. *Resistencia mínima recomendada en función de los requisitos de durabilidad*. Fuente: EHE-08

Tabla 5.8. *Recubrimiento mínimo para clases generales de exposición I y II*. Fuente: EHE-08

Tabla 5.9. *Recubrimiento mínimo para clases específicas de exposición*. Fuente: EHE-08

Tabla 5.10. *Cargas de peso propio en la nave*

Tabla 5.11. *Valores característicos de la sobrecarga de uso*. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Tabla 5.12. *Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas*. Fuente: CTE DB SE-AE

Tabla 5.13. *Valores del coeficiente de exposición  $c_e$* . Fuente: CTE-DB-SE-AE

Tabla 5.14. *Altura y coeficiente de exposición  $c_e$*

Tabla 5.15. *Coefficientes de presión interior*. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Tabla 5.16. *Valor del coeficiente de cada zona para viento transversal*

Tabla 5.17. *Valor del coeficiente de cada zona para viento longitudinal*

Tabla 5.18. *Coefficiente eólico cubierta, viento longitudinal*. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Tabla 5.19. *Valor del coeficiente de presión exterior, cubierta*

Tabla 5.20. *Conclusiones Resultados*

Tabla 5.21. *Metal utilizado*

Tabla 5.22. *Referencia de cada nudo de la nave*

Tabla 5.23. *Características mecánicas de los perfiles utilizados en la nave*

Tabla 5.24. *Resumen de medición de los perfiles de la nave*

Tabla 5.25. Características del perfil para los cálculos manuales de ELU

Tabla 5.26. *Dimensiones perfil HEB 180*

Tabla 5.27. Dimensiones de la losa

Tabla 5.28. Distribución del armado y dimensiones

Tabla 6.1. *Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato*. Fuente: CTE-DB-HS

Tabla 6.2. *Calculo hidráulico de la acometida*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 6.3. *Calculo hidráulico de los tubos de alimentación*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 6.4. *Dimensiones del armario o de la arqueta para el contador general*. Fuente: CTE-DB-HS

Tabla 6.5. *Valores estándar de presión y velocidad para un nivel de confort medio*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 6.6. *Condiciones mínimas de suministro en cada punto de consumo de la nave*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 6.7. *Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 6.8. *Diámetros mínimos de alimentación*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 6.9. *Calculo hidráulico de las instalaciones particulares*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 6.10. Relación entre el diámetro de tubería y caudal recirculado de ACS

Tabla 6.11. *Calculo hidráulico de la caldera de gas para calefacción y ACS*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 6.12. *Calculo hidráulico de la bomba de circulación para el ACS*. Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.1. *UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios*. Fuente: CTE DB HS

Tabla 7.2. *Diámetro de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante*. Fuente: CTE DB HS

Tabla 7.3 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y las UD. Fuente: CTE DB HS

Tabla 7.4. *Diámetro del colector horizontal en función de la pendiente y el número máximo de UD*. Fuente: CTE DB HS

Tabla 7.5. Diámetro nominal del canalón. Fuente: CTE DB HS

Tabla 7.6. *Diámetro de bajante en función de la superficie proyectada para 100mm/h.* Fuente: CTE DB HS

Tabla 7.7. *Diámetro de los colectores de aguas pluviales para 100 mm/h.* Fuente: CTE DB HS

Tabla 7.8. *Dimensionamiento hidráulico red de pequeña evacuación Acometida 1.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.9. *Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 1.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.10. *Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 1.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.11. *Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 1.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.12. *Dimensionamiento hidráulico red de pequeña evacuación Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.13. *Dimensionamiento hidráulico red de pequeña evacuación Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.14. *Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.15. *Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.16. *Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.17. *Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.18. *Dimensionamiento hidráulico red de pequeña evacuación Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.19. *Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.20. *Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.21. *Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.22. *Dimensionamiento hidráulico canalones Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.23. *Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.24. *Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.25. *Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.26. *Dimensionamiento hidráulico canalones Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.27. *Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.28. *Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP

Tabla 7.29. *Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP



- Tabla 7.30. *Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 2.* Fuente: CYPECAD MEP
- Tabla 7.31. *Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 3.* Fuente: CYPECAD MEP
- Tabla 8.1. Cumplimiento de la calidad del ambiente
- Tabla 8.2. Condiciones interiores de diseño
- Tabla 8.3. *Caudales de ventilación*
- Tabla 8.4. *Calidad de aire interior.* Fuente: RITE
- Tabla 8.5. *Carga térmica de diseño del conjunto de recintos*
- Tabla 8.7. Cálculo de carga máxima simultanea
- Tabla 8.8. *Potencia instalada del equipo*
- Tabla 8.9. *Características de las tuberías de la red de calefacción*
- Tabla 8.10. *Porcentaje de pérdida de calor del equipo*
- Tabla 8.11. *Categoría del sistema de control de las condiciones de temperatura y humedad*
- Tabla 8.12. *Calidad del aire interior en las instalaciones de climatización.* Fuente: RITE
- Tabla 8.13. *Resumen del equipo de caldera empleado*
- Tabla 8.14. *Listado de tuberías para la calefacción de ambos vestuarios.*
- Tabla 8.15. *Emisores de la instalación de calefacción*
- Tabla 9.1. *Valores mínimos de iluminancia.* Fuente: CTE DB SUA
- Tabla 9.2. *Niveles de iluminación de cada recinto.* Fuente: CYPEMEP
- Tabla 9.3. *Calidad de la iluminación en caso de emergencia.* Fuente: CTE DB SUA
- Tabla 9.4. *Iluminación de las señales de emergencia y equipos de extinción.* Fuente: CTE DB SUA
- Tabla 9.5. *Valores límite de la eficiencia energética de la instalación.* Fuente: CTE DB HE
- Tabla 9.6. *Valores de VEEI de cada recinto.*
- Tabla 9.7. *Superficie iluminada respecto a la potencia total instalada.* Fuente: CYPEMEP
- Tabla 10.1. *Características de la derivación individual.* Fuente: CYPEMEP
- Tabla 10.2. *Dispositivos de mando y protección.* Fuente: CYPEMEP
- Tabla 10.3. *Potencia de los equipos de ACS y calefacción.* Fuente: CYPEMEP

Tabla 10.4. Potencia total prevista

Tabla 10.5. Factores de simultaneidad

Tabla 10.6. Características del cuadro de protección y medida y el cuadro individual

Tabla 10.7. Cálculos de las derivaciones individuales

Tabla 10.8. Datos de cálculo del cuadro individual

Tabla 10.9. Descripción de las instalaciones de consumo

Tabla 10.10. Cálculos de sobrecarga y cortocircuito del cuadro individual

Tabla 11.1. *Características generales nave*

Tabla 11.2. *Características cubierta fotovoltaica*

Tabla 11.3. *Características eléctricas modulo fotovoltaico*

Tabla 11.4. *Características del inversor*

Tabla 11.5. *Resumen cálculos*

Tabla 11.6. *Conexión en serie*

Tabla 11.7. *Conexión en paralelo*

Tabla 13.1. *Duración de las actividades*

## 14. Índice Figuras

---

Figura 1. *Situación del municipio de Bilbao en el País Vasco.*

Figura 2. *Situación de la isla de Zorrotzaurre en el municipio de Bilbao.*

Figura 3. *Emplazamiento de la parcela de la obra.* Fuente: Google Maps

Figura 4. *Imágenes del proyecto de Zorrotzaurre*

Figura 5. *Distribución de la superficie útil de la nave*

Figura 6. *Pórtico interior tipo de la nave*

Figura 7. *Vista 3D de la estructura de la nave*

Figura 8. *Solución de montaje adoptada*

Figura 9. *Esquema con las posibles disposiciones de los módulos fotovoltaicos en la cubierta*

Figura 10. *Boceto instalación eléctrica*

Figura 11. *Vista 3D losa de cimentación.* Fuente: CYPECAD

Figura 12. *Vista en planta de la red de abastecimiento.* Fuente: CYPECAD MEP

Figura 13. *Esquema de la acometida*

Figura 14. *Esquema instalación interior.* Fuente: CYPECAD MEP

Figura 15. *Esquema de acometidas de la red de evacuación de aguas residuales.*

Figura 16. *Ejemplo de red de pequeña evacuación*

Figura 17. *División áreas pluviales de la superficie de cubierta*

Figura 18. *Distribución de luminarias*

Figura 1.1. *Temperatura media mensual en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

Figura 1.2. *Temperaturas máximas y mínimas medias en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

Figura 1.3. *Número medio de días de helada en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

Figura 1.4. *Lluvia promedio al mes en mm, en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

Figura 1.5. *Número medio de días de nieve, en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

Figura 1.6. *Número medio de días de niebla, en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

Figura 2.1. *Mapa geológico cuenca vasco-cantábrica.* Fuente: EVE

Figura 2.5. *Mapa geológico cuenca vasco-cantábrica.* Fuente: EVE

Figura 2.3. *Mapa de peligrosidad sísmica de España en valores de aceleración.* Fuente: IGN

Figura 2.4. *Más del 80% de las muestras se clasifica como ML o CL.* Fuente: Informe Saitec

Figura 2.5. *Dispersión con las plasticidades obtenidas en los ensayos.* Fuente: Informe Saitec

Figura 2.6. *Frecuencia de los valores de resistencia a compresión simple de las muestras*

Fuente: Informe Saitec

Figura 2.7. *Frecuencia de los valores de resistencia a compresión simple de las muestras.*  
Fuente: Informe Saitec

Figura 2.8. *Correlación según Terzaghi y Peck para arcillas saturadas*

Figura 5.1. *Vista 3D de la estructura de la nave*

Figura 5.2. *Separación entre porticos*

Figura 5.3. *Pórtico tipo fachada frontal*

Figura 5.4. *Esquema estructural 3D de la nave*

Figura 5.5 *Valor básico de la velocidad del viento. Fuente: CTE-DB-SE-AE*

Figura 5.6. *Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana. Fuente: CTE-DB-SE-AE*

Figura 5.7. *Coeficiente eólico externo parámetros verticales. Fuente: CTE-DB-SE-AE*

Figura 5.8. *Coeficiente eólico cubierta, viento dirección transversal. Fuente: CTE-DB-SE- E*

Figura 5.9. *Coeficiente eólico cubierta, viento longitudinal. Fuente: CTE-DB-SE-AE*

Figura 5.11. *Sección tipo losa. Fuente: CYPE CAD*

Figura 5.10. *Vista 3D losa de cimentación. Fuente: CYPECAD*

Figura 6.1. *Esquema de red de contador general. Fuente: CTE-DB-HS*

Figura 6.2. *Esquema de la acometida*

Figura 6.3. *Esquema de un contador general en arqueta o armario.*

Figura 6.4. *Esquema del punto de toma*

Figura 6.5. *Llave de corte de esfera. Fuente: catálogo TMM*

Figura 6.6. *Esquema instalación interior. Fuente: CYPECAD MEP*

Figura 6.7. *Vista en planta de la red de abastecimiento. Fuente: CYPECAD MEP*

Figura 6.8. *Cuartos húmedos, puntos de consumo de; duchas, lavabos e inodoros*

Figura 6.9. *Grifería exterior para la limpieza del material deportivo*

Figura 6.10. *Cuarto técnico y acometida*

Figura 7.1. *Ejemplo de red de pequeña evacuación bajo el forjado*

Figura 7.2. *Detalle de la bajante y terminal de aireación*

Figura 7.3. *Detalle del colector enterrado*

Figura 7.4. *Esquema genérico de la disposición de los puntos de la red de saneamiento. Fuente: CYPECAD MEP*

Figura 7.5. *Esquema solución de acometidas de la red de evacuación de aguas residuales*

Figura 7.6. *Solución 3D de la red de saneamiento*

Figura 7.7. *Solución 3D detalle red de aguas pluviales*

Figura 7.8. *Visión 3D del conjunto de redes de saneamiento y abastecimiento*

Figura 9.1. *Distribución de luminarias*

Figura 10.1. Leyenda de los cálculos de la instalación

Figura 10.2. Leyenda planos del proyecto de instalación eléctrica

Figura 11.1. *Esquema variación de la altura del sol*

Figura 11.2. *Dimensiones modulo fotovoltaico*

Figura 11.3. *Esquema con las posibles disposiciones de los módulos fotovoltaicos en la cubierta*

Figura 11.4. *Disposición de los módulos solares en la cubierta*

Figura 11.5. *Boceto instalación eléctrica*

Figura 11.6. *Esquema de una conexión en serie*

Figura 11.7. *Variación entre la capacidad máxima y la energía generada en función de la latitud*

Figura 12.1. *Características itinerario accesible*. Fuente: CTE DB SUA

Figura 12.2. *Características servicios higiénicos accesible*. Fuente: CTE DB SUA

Figura 12.3. *Características del equipamiento de aseos accesible*. Fuente: CTE DB SUA

Figura 12.4. *Dimensiones de la cabina independiente*

Bilbao, Febrero de 2019

FIRMADO:

AMAYA PARBOLE ALDAMIZ-ECHEVARRIA

Ingeniera Civil

# Anejo 01. Climatología

## Índice

---

1.	Introducción .....	50
2.	Climatología de Bizkaia y Bilbao.....	50
3.	Análisis de los elementos climáticos.....	51
3.1	Temperaturas.....	51
3.1.1	Temperaturas máximas y mínimas .....	51
3.1.2	Heladas.....	52
3.2	Precipitaciones .....	52
3.2.1	Lluvia .....	53
3.2.2	Nieve.....	53
3.3	Viento.....	54
3.3.1	Vientos superficiales .....	54
3.3.2	Viento sur .....	55
3.3.3	Galerna .....	55
3.4	Niebla .....	56
4.	Estudio de inundabilidad.....	57

## 1. Introducción

---

En el presente anejo se hace un estudio de las variables climatológicas del municipio de Bilbao, en Bizkaia, ya que son un condicionante para las actuaciones que se lleven a cabo en la obra.

Los datos reflejados en las gráficas del anejo se han extraído de la plataforma AEMET, de la información recogida por el aforo ubicado en el aeropuerto de Bilbao.

## 2. Climatología de Bizkaia y Bilbao

---

El País Vasco no es una región climática homogénea, se divide en tres zonas:

- Vertiente Atlántica, al norte
- Media, centro
- Extremo sur, la depresión del Ebro y La Rioja Alavesa

Bizkaia pertenece a la vertiente Atlántica y, por ende, también Bilbao. El clima de este territorio histórico se define como templado de tipo oceánico, se caracteriza por ser muy lluvioso y no tener variaciones bruscas de temperatura, debido al efecto termorregulador del mar.

El elevado régimen de lluvias se debe a la orografía, la orientación de las cordilleras y su proximidad al mar, hacen que al chocar contra ellas los frentes que atraviesan el territorio se originen precipitaciones. La precipitación media anual es de unos 1200 mm, registrándose los picos máximos en noviembre y diciembre, y los mínimos en septiembre y octubre. La distribución de lluvias es heterogénea dependiendo de la zona de la provincia.

Asimismo, se producen fuertes aguaceros durante los meses de marzo y abril, como consecuencia de los frentes polares procedentes del continente europeo. Por otro lado, el número de heladas, cuando las temperaturas descienden por debajo de los 0º C, no alcanzan los 20 días en la costa, además pueden llegar a darse episodios de nieve en invierno.



### 3. Análisis de los elementos climáticos

#### 3.1 Temperaturas

En la costa las oscilaciones de temperatura no son muy acusadas, la variación entre el mes más frío y el cálido es solo de unos 11 o 12 °C, al contrario que en el interior. Las temperaturas más altas suelen darse en el mes de agosto, el calor se conserva hasta septiembre, después las temperaturas ya comienzan a descender bruscamente durante el paso de octubre a noviembre, alcanzándose los valores más bajos en Diciembre. Por otro lado, la transición a la primavera es más homogénea, y el ascenso se produce desde marzo hasta junio de manera regular.

En Bilbao concretamente, la temperatura media en invierno es de 8° C y en verano de 20° C, llegando a darse cortos episodios de 40° C.

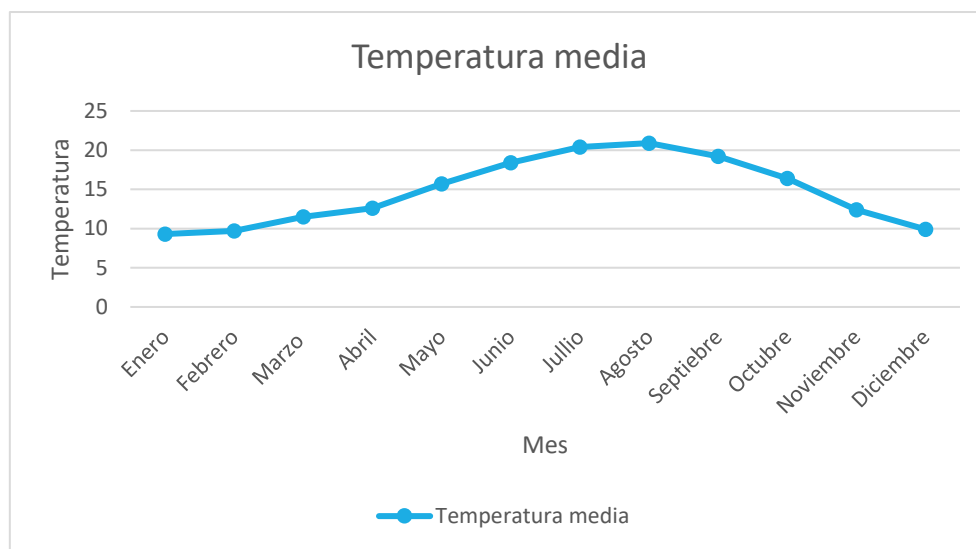


Figura 1.1. *Temperatura media mensual en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

##### 3.1.1 Temperaturas máximas y mínimas

Es durante las horas centrales del día cuando se alcanzan las temperaturas máximas diarias, y las mínimas al final de la noche. Es por esto que los picos dan una información más precisa que, los valores medios, respecto a las temperaturas de referencia.

Las temperaturas mínimas medias se dan en el mes de enero, en la zona de la costa se pueden considerar altas; entre 4 y 5 °C. Como se observa en el gráfico, la temperatura media máxima se da en Agosto; 26 °C, las masas de aire tropical africano llegan hasta la costa vasca, lo que agudiza el calor y se generan vientos de componente sur, provocando temperaturas absolutas de hasta 40°C.

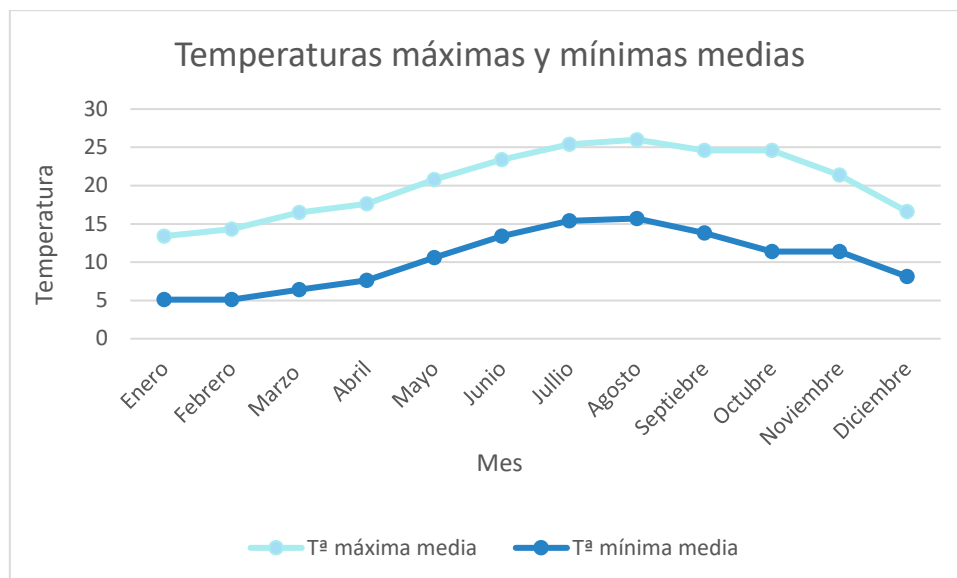


Figura 1.2. *Temperaturas máximas y mínimas medias en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

### 3.1.2 Heladas

Los días en los que la temperatura alcanza valores por debajo 0°C, se consideran días de heladas, es un parámetro climatológico de interés ya que es la temperatura de congelación del agua. En la zona de la costa, no suelen alcanzarse los 20 días de heladas, pero el número aumenta al acercarse al interior de Bizkaia.

Las fechas de las primeras y últimas heladas suele variar bastante, pero se ha adjuntado un gráfico con datos medios de Bilbao para tener una idea aproximada.

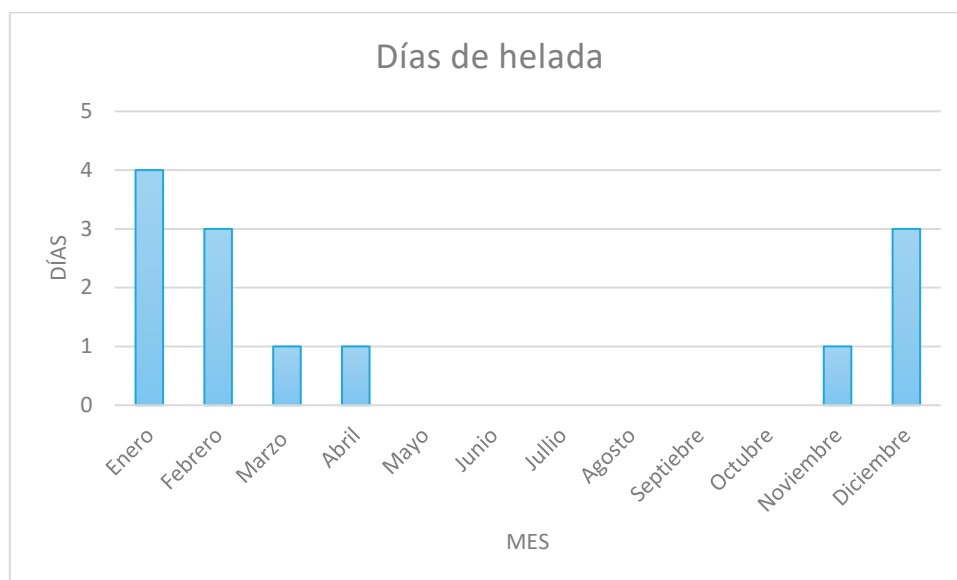


Figura 1.3. *Número medio de días de helada en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

## 3.2 Precipitaciones

La abundante pluviosidad e intensidad de las precipitaciones en toda la comunidad autónoma del País Vasco se explica a partir de su orografía, como ya se ha mencionado anteriormente. La

orientación de las sierras y la escasa altura de las montañas de la Cordillera Cantábrica al Oeste y la de los Pirineos al este, todo ello unido al efecto de succión de aire de la región ciclogénica del Mediterráneo occidental, ocasiona que el flujo general del oeste se desplace hacia la cuenca mediterránea, a lo largo de la Comunidad Autónoma Vasca.

Además de la cuantía de las precipitaciones también destaca su duración, el tiempo que está lloviendo tiene a veces más relevancia que la cantidad de lluvia caída. Raramente se producen periodos de sequias o fenómenos de lluvias torrenciales, la precipitación más común es el sirimiri.

### 3.2.1 Lluvia

La zona norte de la península se caracteriza por sus abundantes lluvias, en el siguiente grafico se proyectan los datos aportados por AEMET, sobre los valores de lluvia medios recogidos en los últimos años, mes a mes.

Bilbao también se ha visto afectado por las lluvias torrenciales, que ocasionan inundaciones con numerosos destrozos, cabe a destacar la de los últimos días de agosto de 1983, afecto a toda Bizkaia pero la zona de mayores lluvias se localizó en la ría de Bilbao. No obstante, raramente ocurre este fenómeno climatológico.

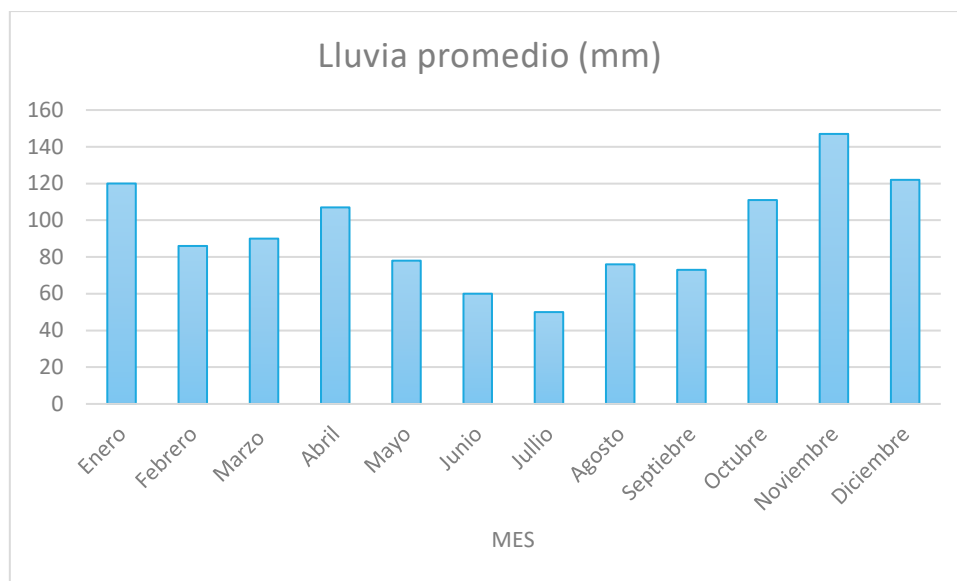


Figura 1.4. *Lluvia promedio al mes en mm, en Bilbao.* Fuente: AEMET (1981-2010)

### 3.2.2 Nieve

La altura respecto al nivel del mar en la que se encuentra Bilbao hace que la nieve sea un fenómeno raro. No obstante, en la zona de las montañas las precipitaciones de nieve pueden empezar incluso en Octubre, si bien no son abundantes, y las últimas pueden llegar a ser en Mayo, si alguna borrasca consigue llegar desde latitudes polares.

Las nevadas más importantes suelen producirse con los flujos húmedos y fríos del norte, estos van haciéndose más fríos a medida que llegan desde el nordeste, pero normalmente acaban siendo demasiado secos para producir precipitación.

La gota fría puede provocar también situaciones de nieve. En invierno las capas superficiales están suficientemente frías y las precipitaciones consiguen llegar al suelo en forma de nieve. Aunque, como ya se ha mencionado, este fenómeno climatológico ocasionalmente tiene lugar en la zona urbana, como corrobora el gráfico.

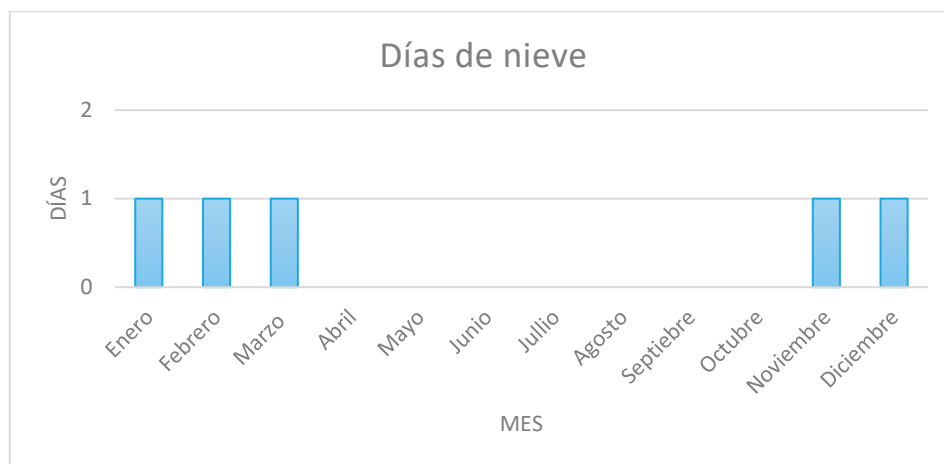


Figura 1.5. Número medio de días de nieve, en Bilbao. Fuente: AEMET (1981-2010)

### 3.3 Viento

El clima de una zona geográfica es en gran parte consecuencia de los vientos predominantes que la afectan. Esta ubicación, es recorrida por vientos que vienen del oeste, se caracterizan por describir amplios meandros, y como consecuencia corrientes de aire del sur, del norte o contracorrientes del este, que afectan temporalmente a regiones de latitudes medias.

Haciendo un recorrido por las estaciones del año, en invierno, cuando la corriente en chorro circula por latitudes bajas, entre los 30 y 40°C, surgen las borrascas y los frentes nubosos. En otoño y primavera, cuando el flujo de aire pierde fuerza y se hace más ondulado, el tiempo es más cambiante; semanas de viento sur alternadas con otras de vientos húmedos y fríos del norte.

#### 3.3.1 Vientos superficiales

En la superficie, el relieve y el rozamiento con el terreno hacen que la velocidad del viento disminuya y la dirección cambie.

Generalmente, predominan los vientos fuertes frente a los moderados, y es en invierno cuando tienen mucha más fuerza, llegan a tener velocidades superiores a los 50 km/h. La velocidad media anual oscila entre los 10-13 km/h y la dirección predominante varía en función de la topografía de la zona.

Haciendo un seguimiento de los vientos más frecuentes, el primero sería el del norte, seguido por el noroeste que tiene una fuerza superior. Ya que, el viento del norte es consecuencia de las brisas locales y el del noroeste es movido por el flujo general. El viento sur es el más veloz, y el que más destrozos ocasiona en las infraestructuras.

### 3.3.2 Viento sur

En un elemento climático destacable de la zona norte del País Vasco, se desencadena cuando existe una presión baja en el oeste, pero alta en el este. Puede manifestarse en cualquier mes, pero suele tener más presencia en los meses de Octubre y Noviembre, con periodos largos de fuertes rachas de viento sur.

En las zonas bajas el aire se cuele entre el paso creado por los relieves de la Cordillera Cantábrica y los Pirineos, y en su descenso hacia la llanura del Golfo de Bizkaia el aire se calienta por compresión y se deseca.

### 3.3.3 Galerna

Las galernas son entradas súbitas de aire marino con una velocidad de entre 65 y 85 km/h, afectan sobre todo a la costa sudeste del Cantábrico. Aparecen repentinamente y se manifiestan a través de la agitación del mar y un descenso de la visibilidad.

Son consecuencia del contraste térmico, entre las masas de aire superficial cálidas formadas en la depresión del Ebro y la masa de aire fresco marino, de la costa. El aire marino rompe la frontera inestable que diferencia ambas masas, y se filtra por debajo de la masa de aire continental.

La temporada de galernas esta entre los meses de marzo y octubre, siendo su periodo de mayor frecuencia en verano, y generalmente pasado el mediodía.

### 3.4 Niebla

Desde el punto de vista meteorológico existe niebla cuando la visibilidad es inferior a los 1000 metros, una vez aclarado el concepto, también se puntualiza que se considera día de niebla; cuando en alguna de las tres observaciones realizadas a lo largo del día se observa la presencia de este meteoro.

Dentro del territorio que abarca el País Vasco se encuentran tres tipos:

- Costera
- De montaña
- De valle

Dependiendo la zona de la geografía vasca, predominara más una modalidad u otra. El fenómeno afecta a todos los territorios históricos, pero su frecuencia es moderada.

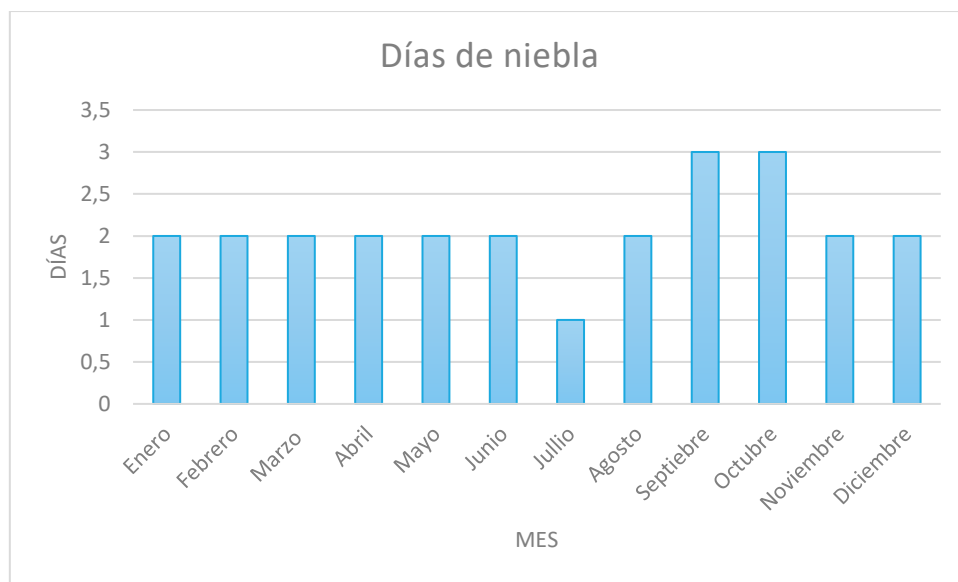


Figura 1.6. Número medio de días de niebla, en Bilbao. Fuente: AEMET (1981-2010)

## 4. Estudio de inundabilidad

---

A raíz del proyecto “Ribera de Zorrotzaurre” se contrató a la consultoría Kimar para elaborar un estudio sobre el impacto ambiental, en él se trata el tema de la inundabilidad de la zona.

Utilizando el estudio como base, se resumen las conclusiones más importantes:

Algunas zonas de la península de Zorrotzaurre, ahora isla, se localizan en Zona de Flujo Preferente según los mapas de Peligrosidad y Riesgos de inundación de la CAPV, elaborados por Sener en 2013. El vial de la Ribera se encuentra aproximadamente en la cota +3, que es muy similar a la marea en pleamar máxima, lo que genera problemas de inundabilidad y evacuación del agua.

Fueron varias las soluciones que se propusieron para abordar el problema, la que finalmente consiguió luz verde fue la apertura del canal de Deusto, lo que convierte a Zorrotzaurre hoy en día en una isla. Asimismo, la empresa SAITEC redactó el “Estudio Hidráulico de la Apertura del Canal de Deusto”, la propuesta también añade la creación de dos depósitos de agua, la subida de la rasante y el recrecimiento de los muros.

Se subiría la rasante de la calle, de manera que quede por encima de la lámina del periodo de retorno de 100 años, para conseguirlo se subiría la calzada y el muro del muelle entre 1,10 y 2 metros.

## Anejo 02. Estudio Geotécnico



## Índice

---

1.	Introducción .....	58
2.	Características del terreno .....	58
2.1	Marco geológico y cartografía.....	58
2.2	Hidrogeología .....	60
2.3	Sismicidad.....	60
3.	Reconocimientos Geotécnicos.....	62
4.	Trabajo de campo y ensayos de laboratorio.....	63
4.1	Tipos de ensayos realizados .....	63
4.1.1	Ensayo de Penetración Estándar (SPT).....	63
4.1.2	CPTU .....	63
4.1.3	Resistencia a la compresión simple.....	64
4.1.4	Ensayo edométrico.....	64
4.1.5	Corte directo .....	64
4.1.6	Triaxial .....	64
4.2	Conceptos relacionados .....	65
5.	Características geotécnicas de los materiales.....	66
5.1	Unidades geotécnicas y resultados de los ensayos.....	66
5.1.1	Nivel Geotécnico 1. Rellenos antrópicos.....	66
5.1.2	Nivel Geotécnico 2. Depósitos Aluviales .....	66
5.1.3	Nivel Geotécnico 3. Sustrato rocoso-Limolitas .....	69
5.2	Conclusiones generales.....	70
5.2.1	Excavabilidad.....	70
5.2.2	Aprovechamiento de los materiales .....	70
5.2.3	Características generales.....	70
5.2.4	Agresividad del terreno.....	71
6.	Soluciones de cimentación.....	72
6.1	Tipologías de cimentación.....	72
6.2	Tensión admisible.....	72
6.3	Asientos.....	74
7.	Recomendaciones constructivas.....	75
8.	Apéndice.....	76
8.1	I. Planos. Campaña geotécnica Euroconsult Norte .....	76
8.2	II. Informe. Campaña de campo y ensayos geotécnicos .....	76

## 1. Introducción

---

En el presente anejo se describen las características geológicas y geotécnicas del emplazamiento de la nave, en base a sondeos realizados por Euroconsult Norte S.A y cuyos resultados se han recogido en el *“Proyecto de Urbanización de la Unidad de Ejecución 1 de la Actuación Integrada 1 del Área Mixta de Zorrotzaurre”* elaborado por la ingeniería Saitec, debido a la falta de medios para realizar un estudio geotécnico específico. Este informe se ha considerado representativo de la geología de la zona, y por tanto adaptable a este proyecto.

En el estudio se recogen los diferentes estratos del terreno y su capacidad resistente, la composición química del suelo y el nivel freático.

Para llegar a obtener toda esta información del terreno de la zona, es necesario realizar catas y ensayos (en laboratorio o in situ). La tipología del ensayo variará en función del objetivo.

Una vez recogidos los datos, se analizan y se sacan conclusiones. En función de la información aportada por el estudio geotécnico se proponen las posibles soluciones constructivas.

## 2. Características del terreno

---

### 2.1 Marco geológico y cartografía

La zona sometida a estudio se encuentra en la cuenca Vasco-Cantábrica, en el denominado Arco-Vasco, es una cuenca sedimentaria marina de grandes dimensiones generada a finales del Jurásico sobre corteza continental.

La cuenca se originó por adelgazamiento de la corteza continental debido a un proceso de *rifting*. Lo que provocó una rotación de la placa Ibérica respecto al resto de la placa europea, formando la apertura del Golfo de Vizcaya.

La cuenca se rellenó principalmente por sedimentos detríticos cretácicos, los cuales aparecen en ocasiones recubiertos por depósitos cuaternarios de origen aluvial y coluvial. Primero se definen los depósitos aluvio-coluviales antiguos, en las zonas bajas de los montes de Vitoria, formados por gravas heterométricas del Cretácico superior. Posteriormente, aparecen los depósitos aluviales y aluvio-coluviales más recientes, formados por niveles de gravas calcáreas heterométricas, con arena y limos.

A continuación se adjunta un mapa geológico de la cuenca, en el que se ha acotado el área de Bilbao. Como se observa en la figura 3, la unidad geológica está limitada por la falla de Bilbao y la de Durango, cuya dirección aproximada es de N120°E.

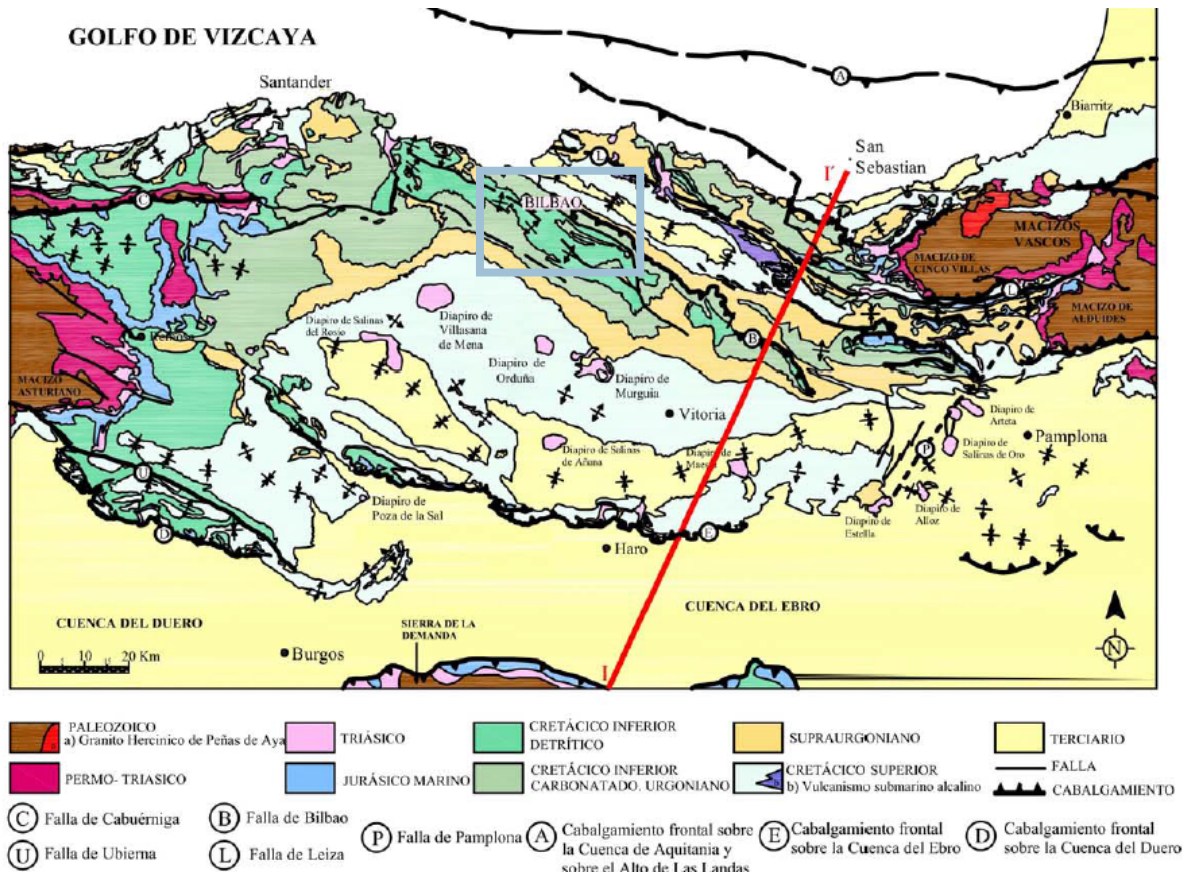


Figura 2.1. Mapa geológico cuenca vasco-cantábrica. Fuente: EVE

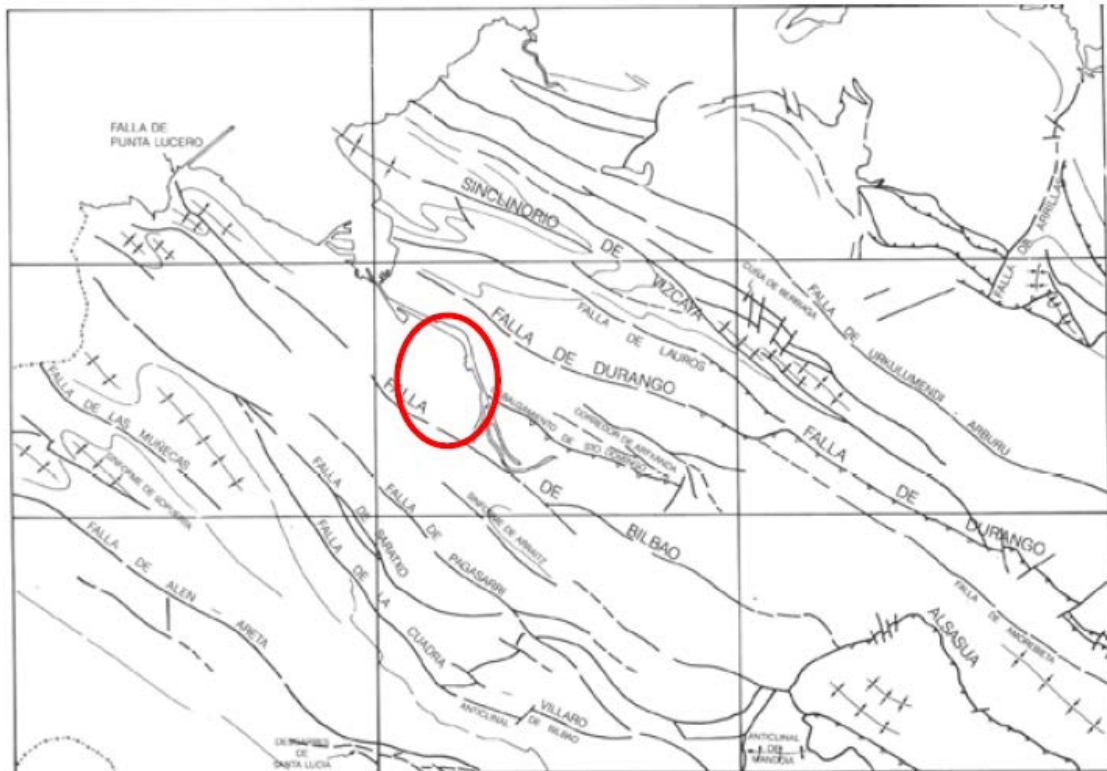


Figura 2.2. Esquema tectónico simplificado, ubicación de la zona de obra señalada.

El área de estudio se encuentra sobre el eje del Sinclorio de Bizkaia, este discurre desde Punta Galea por el monte Oiz hasta las cercanías de Zumarraga. Existen elementos estructurales de menor orden, como el Sinclorio de Plentzia, situado en la zona norte del Sinclorio de Bizkaia.

Concretamente en la zona de Zorrotzaurre, los materiales que forman el sustrato rocoso consisten en limolitas calcáreas del Cretácico Inferior, sobre las que se depositan sedimentos cuaternarios provenientes de la dinámica de la ría del Nervión-Ibaizabal. Además, en las zonas urbanizadas, como la del área de actuación del proyecto, estos materiales se encuentran cubiertos por relleno de tipo antrópico de distintas naturalezas y espesores dependiendo de la ubicación.

## 2.2 Hidrogeología

Los niveles piezómetros medidos en los sondeos, realizados por la ingeniería Saitec, muestran que las variaciones del nivel freático son poco significativas, en la isla el nivel freático se encuentra ligeramente por encima del contacto entre los rellenos antrópicos y los limos grises.

En cuanto a la permeabilidad de los sedimentos cuaternarios; los depósitos antrópicos son permeables y la permeabilidad de los suelos aluviales varía en función de la cantidad de gravas que contienen, en general es impermeable.

Por otro lado, el macizo rocoso es de baja permeabilidad, aunque cabe la posibilidad de que presente permeabilidad secundaria por fracturación.

## 2.3 Sismicidad

En el presente apartado se van a analizar los criterios que han de seguirse para la consideración de la acción sísmica, según la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación (NCSE-02). El ámbito de aplicación de dicha norma “se extiende a todos los proyectos y obras de construcción relativos a edificación”.

La Norma propone una clasificación de las edificaciones atendiendo a su uso y los daños que pueda ocasionar su destrucción, este proyecto se encuentra en la categoría 1, calificada **de importancia moderada**. Esto es “aquellas con probabilidad despreciable de su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños significativos a terceros.”

En cuanto a las características sísmicas de la zona de Bilbao; la aceleración sísmica básica  $a_b=0,04$  y el coeficiente de contribución  $K_v=1$ .

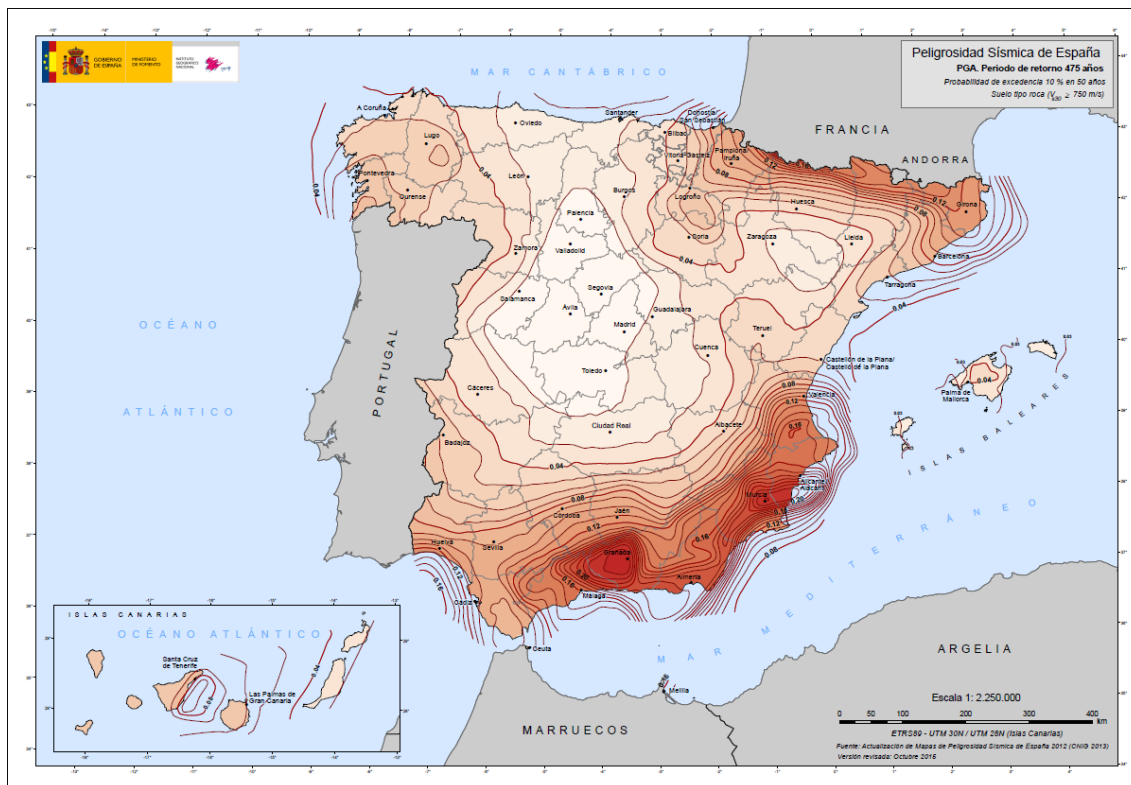


Figura 2.3. Mapa de peligrosidad sísmica de España en valores de aceleración. Fuente: IGN

Una vez con estos datos, la Norma puntualiza que construcciones están exentas de su aplicación, siendo estos los siguientes:

- En las construcciones de importancia moderada
- En las construcciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  se inferior a  $0,04g$
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica  $a_b$  sea inferior a  $0,08g$ . No obstante, se deberá calcular la aceleración sísmica de cálculo  $a_c$  en edificios de más de siete plantas.

Luego atendiendo a las especificaciones de la Norma no deberá ser aplicada en este proyecto, ya que se trata de una construcción de importancia moderada.

### 3. Reconocimientos Geotécnicos

La comisión gestora de Zorrotzaurre encargó a Euroconsult Norte S.A. una campaña de reconocimientos geotécnicos, compuesta por 7 sondeos y 15 ensayos de penetración dinámica DPHS, todos se realizaron en lo largo del área de Zorrotzaurre a excepción de uno en la zona de Olabeaga. En el apéndice se adjunta un plano con la localización de los sondeos.

A continuación se adjunta una tabla extraída del anejo elaborado por *Saitec*, en la que se recogen los reconocimientos realizados por *Euroconsult Norte S.A.* y su profundidad:

SONDEO / DPHS	PROFUNDIDAD (M)
SZ-1	30.30
SZ-2	25.90
SZ-3	20.25
SZ-4	35.10
SZ-4b	9.60
SZ-5	30.10
SZ-6	27.00
PZ-1	18.60
PZ-2	18.80
PZ-3	20.00
PZ-4	19.40
PZ-5	1.40
PZ-5b	15.20
PZ-6	10.00
PZ-7	2.60
PZ-7b	22.00
PZ-8	23.60
PZ-9	22.80
PZ-10	25.00
PZ-11	21.40
PZ-12	22.20
PZ-13	24.80

Tabla 2.1. Reconocimientos realizados por Euroconsult Norte S.A.

## 4. Trabajo de campo y ensayos de laboratorio

---

*Saitec* también ha utilizado numerosas fuentes de información procedentes de estudios previos y de otras obras en los alrededores, por ejemplo un estudio Geotécnico de la península de Zorrotzaurre elaborado por Idom en 2007, en el que se realizaron 20 sondeos, o los reconocimientos para las obras del Metro.

En el informe elaborado por *Saitec* se mencionan varios ensayos realizados para el reconocimiento de las propiedades del suelo; SPT, resistencia a la compresión simple, edométricos, corte directo, triaxial, CPTU.

### 4.1 Tipos de ensayos realizados

#### 4.1.1 Ensayo de Penetración Estándar (SPT)

Es un ensayo de campo, en el que se mide la resistencia a la penetración del terreno mediante la hinca dinámica de una punta maciza de hierro, situada en el extremo de una varilla. La hinca se realiza a través de los golpes realizados por una maza en caída libre, sobre el fondo de una perforación. También sirve para extraer muestras del terreno, cada cierta profundidad se para la perforación del sondeo para hacer el ensayo SPT y tomar una muestra.

Los resultados se miden a través del número de golpes,  $N$ :

$N_{20}$ , número entero de golpes realizados para que el instrumental penetre en el terreno. En este tipo de ensayo el valor normalizado es  $N_{30}$ , correspondiente al avance de 30 cm. En España se suelen efectuar cuatro hincas de 15 cm, siendo el resultado la suma de los dos golpes intermedios.

*Rechazo*, cuando son necesarios más de 50 golpes para avanzar 15 cm o 10 golpes sin ningún avance.

Se efectúa siguiendo la *Norma ASTM 1586-99*, consiste en la penetración de un toma muestras partido de 45 cm de largo y aproximadamente 20 cm de diámetro, este va unido en su extremo a una varilla. Una maza de 63,5 kg se deja caer en caída libre 76 cm de forma que se hincan él toma muestras y se anotan los golpes necesarios para avanzar 15 cm.

#### 4.1.2 CPTU

Viene de las siglas *Cone Penetration Test*, se realiza in situ sobre el terreno mediante la penetración de una punta cónica de manera continua y constante. Se mide la resistencia por punta a la penetración y el rozamiento lateral de la punta, además, mide la presión intersticial a través de un sensor que tiene en la punta.

Es una opción más continua y exacta que los ensayos de Penetración Estándar, que únicamente registran valores cada 10, 15 o 20 cm.

Se utiliza principalmente en suelos arenosos, limosos y arcillosos, con intercalaciones de niveles cohesivos de consistencia blanda.

#### 4.1.3 Resistencia a la compresión simple

La finalidad del ensayo es determinar la resistencia a la compresión no confinada de una muestra de suelo cohesivo o semi-cohesivo, es decir, el objetivo último es comprender el comportamiento del suelo una vez se vea sometido a cargas.

Para su realización se utiliza una muestra de suelo no alterado en forma de cilindro, sobre la que se aplica una fuerza axial con control de deformación.

Es un caso derivado del ensayo triaxial, ya que únicamente se aplica una fuerza longitudinal y ninguna presión lateral.

#### 4.1.4 Ensayo edométrico

Sirve para determinar la velocidad y el grado de asentamiento que experimenta una muestra de suelo arcilloso saturado al someterla a diferentes incrementos de presión. Esto permite conocer diferentes factores sobre el asentamiento, como; índice de compresibilidad y expansibilidad o el coeficiente de permeabilidad, entre otros.

La duración de este ensayo es larga, ya que cada valor de carga debe estar actuando alrededor de 24 horas para poder conocer la variación de volumen de la muestra. Las cargas a utilizarse son; 1,2,4,8,16,32 kg progresivamente.

#### 4.1.5 Corte directo

La prueba se lleva a cabo para observar la resistencia al corte de un suelo, y conocer experimentalmente los parámetros de cohesión y ángulo de rozamiento. Se puede realizar en muestras saturadas como drenadas.

Consiste en hacer deslizar una porción de suelo, respecto a otra a lo largo de un plano de fallo ya determinado mediante la actuación de una fuerza de corte horizontal que va incrementando, al mismo tiempo que se aplica una fuerza normal al plano de movimiento.

Se van midiendo los desplazamientos horizontales y la fuerza de corte a medida que se lleva la muestra al fallo.

#### 4.1.6 Triaxial

Es junto con el ensayo de Corte Directo y el de Compresión Simple, un ensayo para determinar la resistencia al esfuerzo cortante del suelo en el laboratorio. Es el más usado para determinar las características de esfuerzo-deformación, y permite determinar también el ángulo interno de rozamiento del suelo y su cohesión.

Consiste en aplicar a una probeta cilíndrica esfuerzos verticales y laterales intentando reproducir los esfuerzos a los que está sometido el suelo en condiciones naturales. Se realiza dentro de una cámara triaxial llena de líquido.



## 4.2 Conceptos relacionados

Módulo edométrico es un parámetro similar al módulo de elasticidad de los materiales, hace referencia a la compresión confinada sin deformaciones horizontales, únicamente es válido para determinados valores de carga.

Densidad aparente es la relación entre el volumen y el peso seco de la muestra, incluyendo huecos y poros. Es un buen indicador de la capacidad de drenaje y la porosidad, cuanto mayor sea este valor más compacto y menos poroso será el suelo, con una lenta infiltración del agua.

Cohesión es la máxima resistencia al suelo a la tensión, depende directamente de las condiciones de drenaje bajo la carga impuesta. Las arcillas son un caso de cohesión ideal.

Concretamente es la cualidad por la cual las partículas del terreno se mantienen unidas debido a las fuerzas internas, que dependen por ejemplo; del número de puntos de contacto que cada partícula tiene con las de su alrededor.

Ángulo de rozamiento interno depende del tamaño de las partículas, de su geometría y su disposición y la ley de la gravedad, se aplica este concepto en suelos granulares.

## 5. Características geotécnicas de los materiales

El objetivo de los estudios geotécnicos es conocer las características de los estratos y los niveles litológicos, para después definir la tipología y las soluciones constructivas.

El suelo sobre el que se va ejecutar la obra está compuesto por un horizonte superior de unidad cuaternaria de suelos de origen aluvial y una capa superior de rellenos antrópicos, todo ello sobre un sustrato rocoso del Cretácico Inferior.

A partir de los datos obtenidos en campo, el trabajo realizado en el laboratorio y los anteriores informes, el grupo *Saitec Engineering* definió las siguientes Unidades Geotécnicas:

- I. Unidad Q<sub>R</sub>. Rellenos antrópicos
- II. Unidad Q. Depósitos aluviales
- III. Unidad C<sub>L</sub>. Sustrato rocoso-Limolitas

### 5.1 Unidades geotécnicas y resultados de los ensayos

#### 5.1.1 Nivel Geotécnico 1. Rellenos antrópicos

Como es una zona urbanizada está presente en toda el área de estudio, es la unidad más superficial, con un espesor que varía entre los 1,5 y 4,5 metros. El mayor espesor se encuentra en la zona del canal.

Son principalmente gravas en una matriz de arcillas y limos, aunque puede encontrarse variaciones. Son materiales flojos. El número de **golpes** promedio en el ensayo **SPT**, es de **5 a 10 golpes**.

Parámetros geotécnicos considerados son los siguientes:

Densidad aparente	1,8 t/m <sup>3</sup>
Cohesión	0.0 t/m <sup>2</sup>
Ángulo de rozamiento	35°
Índice de compresión (Cc)	0,250
Módulo Edométrico	200 t/m <sup>2</sup>

Tabla 2.2. *Parámetros geotécnicos I-UG*

#### 5.1.2 Nivel Geotécnico 2. Depósitos Aluviales

Se encuentra constituido principalmente por limos y arcillas con arenas, aunque es frecuente encontrarse una capa de grava debajo de los materiales arcillosos de unos 1-1,5 metros de espesor. Llega a una profundidad de entre 15 y 25 metros aproximadamente. En general la **capacidad portante es baja**.

En esta unidad se diferencian tres niveles, situándose los materiales más gruesos en la base:

### Limos y arcillas grises

Es el nivel más potente, aunque presenta mucha variabilidad puede llegar a alcanzar los 20-22 metros. Son principalmente **limos arcillosos-arenosos** (ML) y después, **arcillas arenosas-limosas** (CL).

Los **valores de plasticidad** extraídos del anejo de *Saitec*:

	MÁXIMO (%)	MÍNIMO (%)	PROMEDIO (%)
<b>LL</b>	53.7	0	39.3
<b>LP</b>	33.7	0	25.3
<b>IP</b>	23.1	0	14.1

Tabla 2.3. *Valores de plasticidad*. Fuente: informe Saitec

Observando la tabla el *LL* indicaría una plasticidad media, aunque el valor máximo indique lo contrario.

En cuanto a los **golpeos en el ensayo SPT**, varían entre **0 y 8** indicando una consistencia muy blanda o media. Según el valor medio de la **resistencia** a compresión simple, **0,4 kg/cm<sup>2</sup>**, la **consistencia** es **blanda**. Son materiales de **baja permeabilidad**, de compresibilidad media y drenaje pobre. En cuanto a la **agresividad**, los ensayos indican que es entre **media y nula**. La **materia orgánica** tiene porcentajes que varían entre 0.1% y 4,5%, el valor medio sería de 1,4% y el máximo señala el terreno como “con trazas de materia orgánica”.

Los parámetros geotécnicos de esta unidad son:

Densidad aparente	1,7 t/m <sup>3</sup>
Cohesión	2 t/m <sup>2</sup>
Ángulo de rozamiento	18°

Tabla 2.4. *Parámetros geotécnicos II-UG (Limos y arcillas grises)*

### Arena gris y marrón

Se trata sobre todo de **arenas arcillosas** (SC) y **limosas** (SL), con coloraciones gris y marrones. En cuanto a la plasticidad, la gran mayoría de las muestras no han reflejado **plasticidad** y las restantes muy baja, los valores del límite líquido eran menores al 30%. Los **golpes** obtenidos en el **ensayo SPT** varían entre 3 y 30, por tanto la **compacidad media** se considera como suelta. Son materiales **permeables**.

Los parámetros geotécnicos considerados a este nivel:

Densidad aparente	1,9 t/m <sup>3</sup>
Cohesión	1 t/m <sup>2</sup>
Ángulo de rozamiento	30°

Tabla 2.5. *Parámetros geotécnicos II-UG (Arena gris y marrón)*

### Gravas grises con limo y arena

No se ha detectado en todos los sondeos. Cuando se ha localizado tiene un espesor de 1 o 2 metros. La constituyen gravas centimétricas angulosas y semi-redondeadas, con limos y arenas (GP-GM) de coloración grisácea.

Los golpes obtenidos en el **ensayo SPT** suelen ser muy altos o clasificados como rechazo. La **permeabilidad** de la capa es **alta**.

### Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos realizados en esta unidad geotécnica de depósitos aluviales, el grupo *Saitec* ha elaborado varias gráficas para resaltar las conclusiones.

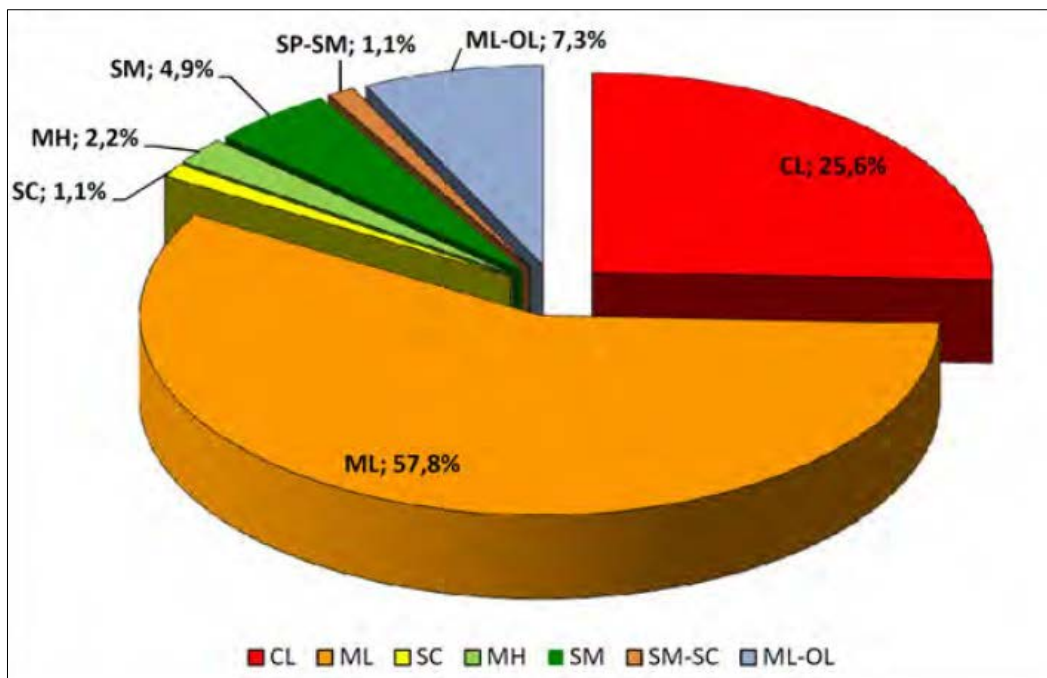


Figura 2.4. Más del 80% de las muestras se clasifica como ML o CL. Fuente: Informe Saitec

Como se observa en las siguientes gráficas a partir de la gráfica de Casagrande, los valores representativos de plasticidad se reparten entre “limos inorgánicos de alta compresibilidad y arcillas orgánicas” y “arcillas inorgánicas de mediana plasticidad”.

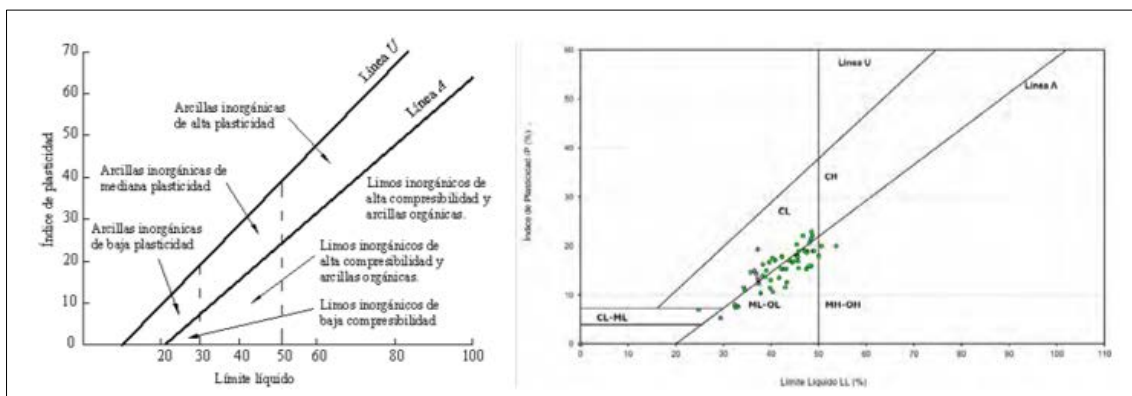


Figura 2.5. Dispersión con las plasticidades obtenidas en los ensayos. Fuente: Informe Saitec

Los resultados con valores bajos han sido los más frecuentes en el ensayo a compresión simple, lo que ratifica que este nivel geotécnico está conformado por materiales mayoritariamente blandos, como ya constataban los ensayos SPT. Los valores de SPT y resistencia no han variado con la profundidad.

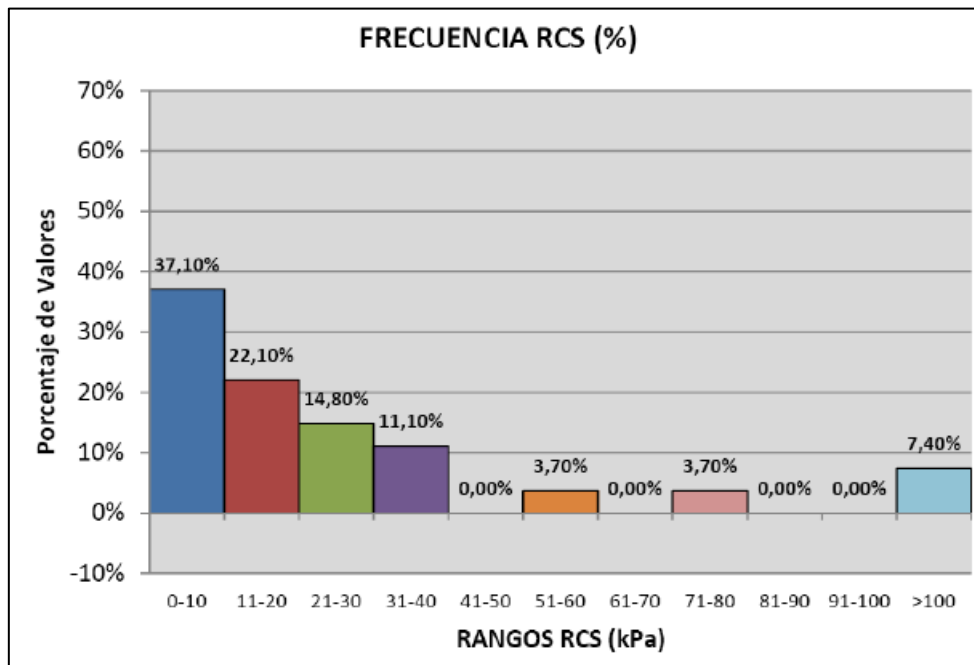


Figura 2.6. Frecuencia de los valores de resistencia a compresión simple de las muestras.

Fuente: Informe Saitec

### 5.1.3 Nivel Geotécnico 3. Sustrato rocoso-Limolitas

Está constituido por limolitas calcáreas gris oscuro, de aspecto masivo y sin aparente estratificación, se intercalan margas del Cretácico.

Entre el 1 y 1,5 metros el grado de alteración es de III-IV, en el resto del sustrato la roca está sana presenta un grado de **meteorización II-III**. La **densidad media** de la roca es de **2,6 t/m<sup>3</sup>**. En cuanto a los resultados de los ensayos de **resistencia a compresión simple** muestran un valor promedio de **21,3 MPa**, se trata de una roca entre blanda y media.

En esta unidad geotécnica los valores obtenidos en los ensayos de resistencia a compresión simple son más elevados que en el nivel superior, como se recoge en el gráfico:

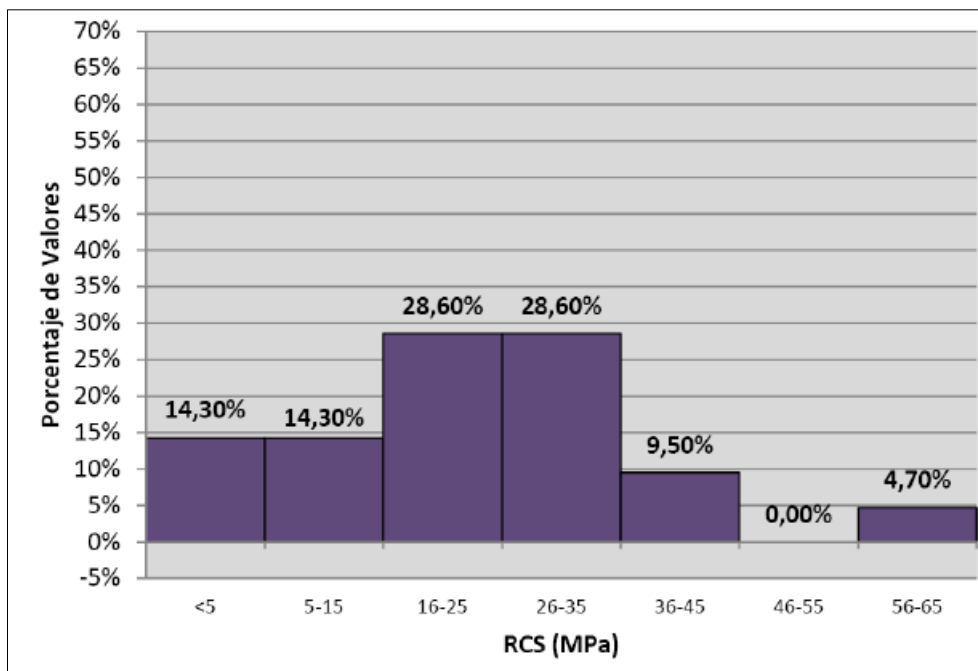


Figura 2.7. Frecuencia de los valores de resistencia a compresión simple de las muestras.

Fuente: Informe Saitec

## 5.2 Conclusiones generales

Atendiendo a los resultados de los ensayos el CTE clasifica el terreno como de tipo T-3, terrenos desfavorables, debido a la presencia de una capa de rellenos antrópicos de más de 3 metros de espesor.

### 5.2.1 Excavabilidad

En general todos los materiales presentes en la zona son excavables por medios mecánicos convencionales, la unidad rocosa presenta muy buena rozabilidad y muy poca agresividad.

### 5.2.2 Aprovechamiento de los materiales

Los depósitos aluviales se clasifican como tolerables o marginales según el PG-3. La reutilización de material supone un beneficio económico y medio ambiental, por lo que se considerara una opción a contemplar.

### 5.2.3 Características generales

	FINOS (0.08)	LL (%)	IP (%)	SO <sub>4</sub> (%)	SO <sub>3</sub> (%)	MO (%)
<b>PROMEDIO</b>	84.1	37.0	13.2	981.8	0.0957	1.4
<b>MÁXIMO</b>	99.0	53.7	23.1	4893.8	0.0967	4.5
<b>MÍNIMO</b>	11.0	0	0	0.0	0.0947	0.1

Tabla 2.6. Características generales de la totalidad de los materiales estudiados. Fuente: informe Saitec

#### 5.2.4 Agresividad del terreno

Los ensayos de determinación de sulfatos solubles indican agresividades nulas, pero tres de ellos señalan una exposición  $Q_A$  y otras dos agresividades medias con un tipo de exposición  $Q_B$ .

Los ensayos para determinar la acidez indican un ataque débil.

## 6. Soluciones de cimentación

---

En este apartado se exponen las distintas tipologías de cimentación que se barajan considerando los condicionantes geotécnicos descritos en los apartados anteriores, pero es facultad del técnico proyectista de la obra seleccionar la más adecuada teniendo en cuenta todos los factores, además de los geotécnicos.

### 6.1 Tipologías de cimentación

Se descarta la posibilidad de cimentar sobre la primera unidad geotécnica de rellenos antrópicos. El Código Técnico de la Edificación clasifica los terrenos con más de tres metros de este relleno como de tipo T3 (desfavorables), debido a que son heterogéneos, compresibles y dar problemas de asentamientos diferenciales.

En el caso de que la cimentación se realizará sobre la II-UG, teniendo en cuenta las características geotécnicas, la cimentación superficial se haría a través de **zapatas corridas** o una **losa de cimentación**. De esta forma las cargas transmitidas al terreno serían reducidas y los asentamientos se limitarían gracias a la gran superficie de apoyo y rigidez de la cimentación, además de absorber los movimientos diferenciales.

Otra posibilidad sería cimentar sobre la III-UG a través de una cimentación profunda con **pilotes** empotrados. Esta tipología permite repartir las cargas al terreno por fuste y/o punta, actuando sobre un estrato más resistente.

### 6.2 Tensión admisible

En los suelos cohesivos las correlaciones basadas en los resultados del ensayo SPT deben ser orientativas, y sometidas a comprobación local. A continuación se establece la clásica correlación de *Terzaghi y Peck* entre la resistencia al corte no drenada y  $N_{SPT}$  para suelos cohesivos.

Se han localizado en el plano las distintas ubicaciones de los sondeos realizados durante la campaña geotécnica, se han extraído los siguientes valores representativos de la zona de estudio de la II-UG:



Sondeo	Profundidad	Golpeo	N30
SZ-4	3,60-4,05	1,0,1	1
	6,60-7,05	2,1,1	2
	9,60-10,05	1,2,1	3
	12,60-13,05	1,0,1	1
	15,60-16,05	2,1,2	3
	18,60-19,05	2,3,2	5
	20,70-20,80	50R	>50
SZ-5	3,60-4,05	1,2,1	3
	6,60-7,05	1,1,1	2
	9,60-10,05	1,0,1	1
	12,60-13,05	1,0,1	1
	15,60-16,05	1,1,1	2
	18,60-19,05	1,2,2	4
	20,60-20,85	22-50R	>50
	22,50-22,55	50R	>50

Tabla 2.7. Resultados sondeos SZ-4 y SZ-5 ensayo SPT. Fuente: Informe Saitec

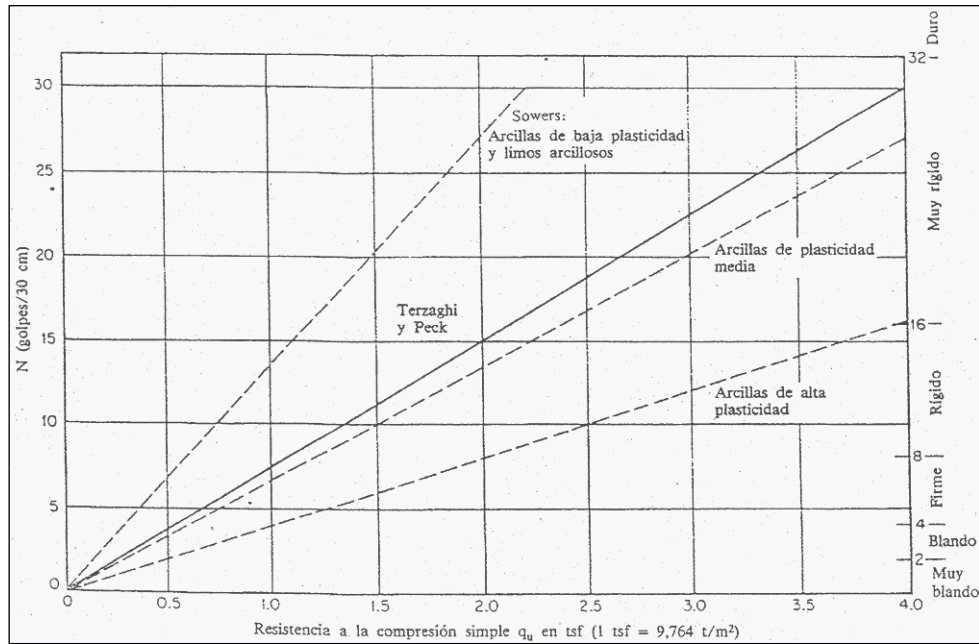


Figura 2.8. Correlación según Terzaghi y Peck para arcillas saturadas

Aplicando el criterio de que son arcillas de plasticidad media:

Sondeo	Profundidad	N30	Resistencia estimada (kg/cm <sup>2</sup> )
SZ-4	3,60-4,05	1	0,2
	6,60-7,05	2	0,4
	9,60-10,05	3	0,49
	12,60-13,05	1	0,49
	15,60-16,05	3	0,2
	18,60-19,05	5	0,73
	20,70-20,80	>50	Rechazo
SZ-5	3,60-4,05	3	0,49
	6,60-7,05	2	0,4
	9,60-10,05	1	0,2
	12,60-13,05	1	0,2
	15,60-16,05	2	0,4
	18,60-19,05	4	0,63
	20,60-20,85	>50	Rechazo
	22,50-22,55	>50	Rechazo

Tabla 2.8. Valor aproximado de la resistencia a compresión simple

### 6.3 Asientos

Teniendo en cuenta las características del terreno de apoyo, se ha hecho uso de la teoría edométrica para el cálculo de asientos con la formulación de suelos normalmente consolidados.

Los parámetros geotécnicos empleados para el cálculo de asientos en cada UG:

PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA CÁLCULO DE ASIENTOS						
MATERIAL	DENSIDAD (kN/m <sup>3</sup> )	MÓDULO DE DEFORMACIÓN (kPa)	CONSOLIDACIÓN			
			e <sub>0</sub>	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>v</sub> (cm <sup>2</sup> /s)
Relleno	19,0	10.000	---	---	---	---
Limos	17,5	---	1,25	0,250	0,050	2*10 <sup>-2</sup>
Gravas	20,0	50.000	---	---	---	---
Roca	25,0	1.000.000	---	---	---	---

Tabla 2.9. Parámetros empleados en el cálculo de asientos

Los cálculos para establecer los asientos edométricos esperables a partir de en los sondeos, muestran que para los rellenos de 5 metros se esperan asientos de entre 50 y 75 cm, y en el caso de los rellenos de 2 metros, de entre 25 y 45 cm aproximadamente.

Sería recomendable esperar un tiempo para que el terreno asiente antes de introducir los servicios ya que podrían verse afectados.

## 7. Recomendaciones constructivas

---

a) Teniéndose en cuenta las características geotécnicas del terreno mostradas en el estudio y las dimensiones de la nave, la solución adoptada ha sido una **losa de cimentación**. En el caso de una cimentación profunda a través de pilotes, serían necesarios 20 metros hasta llegar a la matriz rocosa, lo que dispararía el coste económico del proyecto.

El terreno de asiento es flojo; la losa de cimentación permite transmitir las cargas de la nave al terreno distribuyendo los esfuerzos uniformemente.

Esta tipología de cimentación consta de una armadura principal en la parte superior para contrarrestar la presión del terreno y el empuje del agua, además de una armadura inferior debajo de los pilares y en su caso de los muros de carga, para evitar que se originen flechas desiguales.

En cuanto a la excavación el CTE recomienda que inmediatamente después de terminar la solera de asiento ser vierta el hormigón de limpieza, en caso de que no sea viable, la excavación deberá dejarse de 10 a 15 cm por encima de la cota definitiva de cimentación hasta el momento de hormigonado.

b) Todos los **materiales** de la parcela son **excavables por medios mecánicos convencionales**.

c) Para los cálculos se va trabajar con una agresividad tipo  $Q_A$ , se aconseja realizar más ensayos en la parcela para verificar la agresividad del terreno.

d) Se recomienda la presencia de un **geólogo durante el proceso de excavación y ejecución de la cimentación**, ante la posibilidad de la variación de la profundidad o propiedades geotécnicas de los materiales que aparecen en este informe, de difícil detección mediante la extrapolación de la información obtenida.

## 8. Apéndice

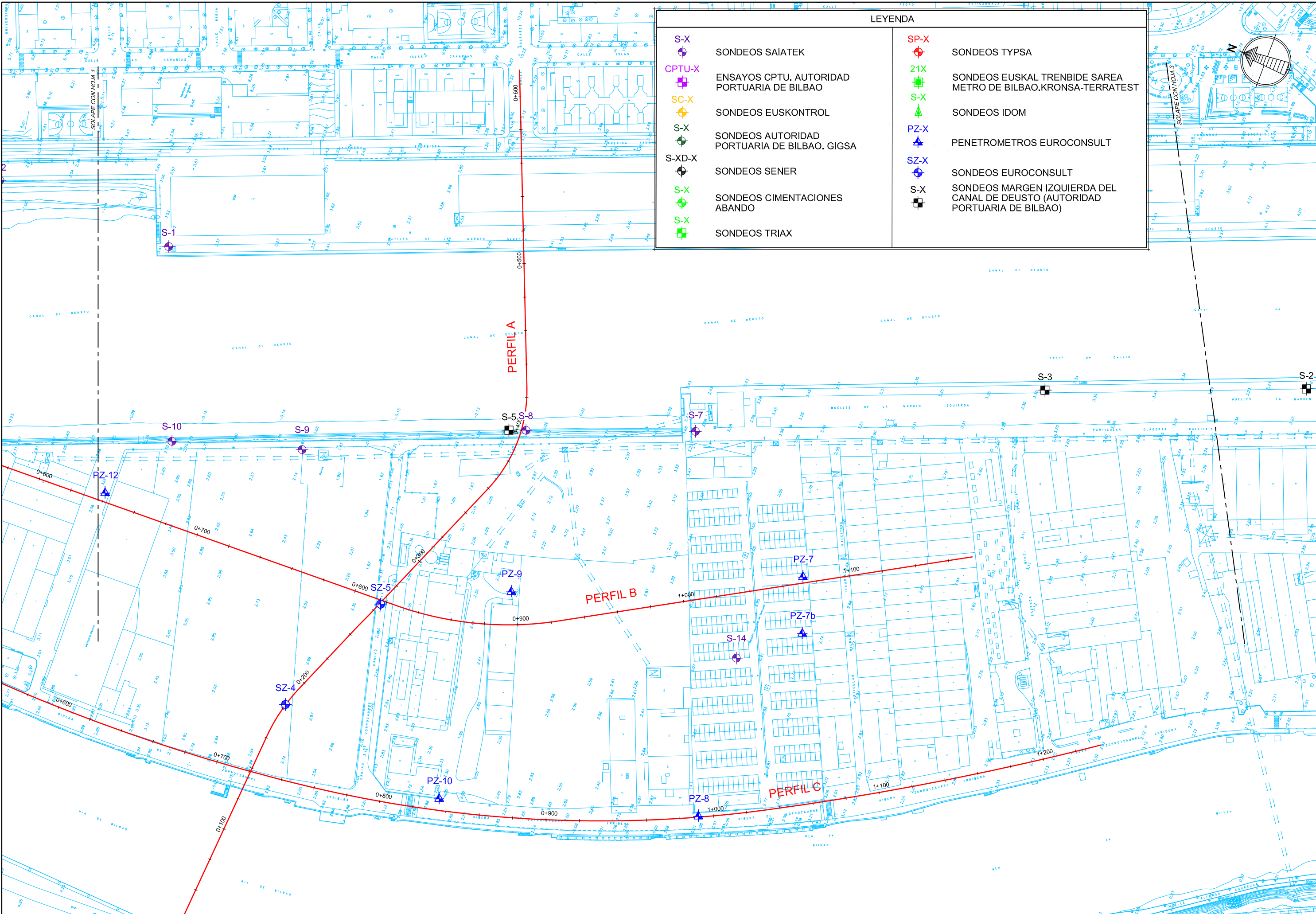
---

8.1 I. Planos. Campaña geotécnica Euroconsult Norte

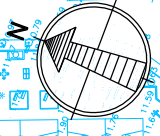
8.2 II. Informe. Campaña de campo y ensayos geotécnicos

## PLANOS

NOMBRE:	P1043-SR-FCT-PA050102-VOL.dwg												
PLANO:	<input type="checkbox"/> PRELIMINAR <input checked="" type="checkbox"/> DE PROYECTO <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION												
VER.   FECHA   DESCRIPCION	<table border="1"> <tr> <td>4</td> <td>15/10/2017</td> <td>MODIFICACIONES Y CORRECCIONES</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>25/11/2016</td> <td>MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS ITERR</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>15/02/2016</td> <td>MODIFICACIONES Y CORRECCIONES</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>04/02/2016</td> <td>MODIFICACIONES Y CORRECCIONES</td> </tr> </table>	4	15/10/2017	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES	3	25/11/2016	MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS ITERR	2	15/02/2016	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES	1	04/02/2016	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES
4	15/10/2017	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES											
3	25/11/2016	MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS ITERR											
2	15/02/2016	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES											
1	04/02/2016	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES											
REAL. COMP. APROB.													

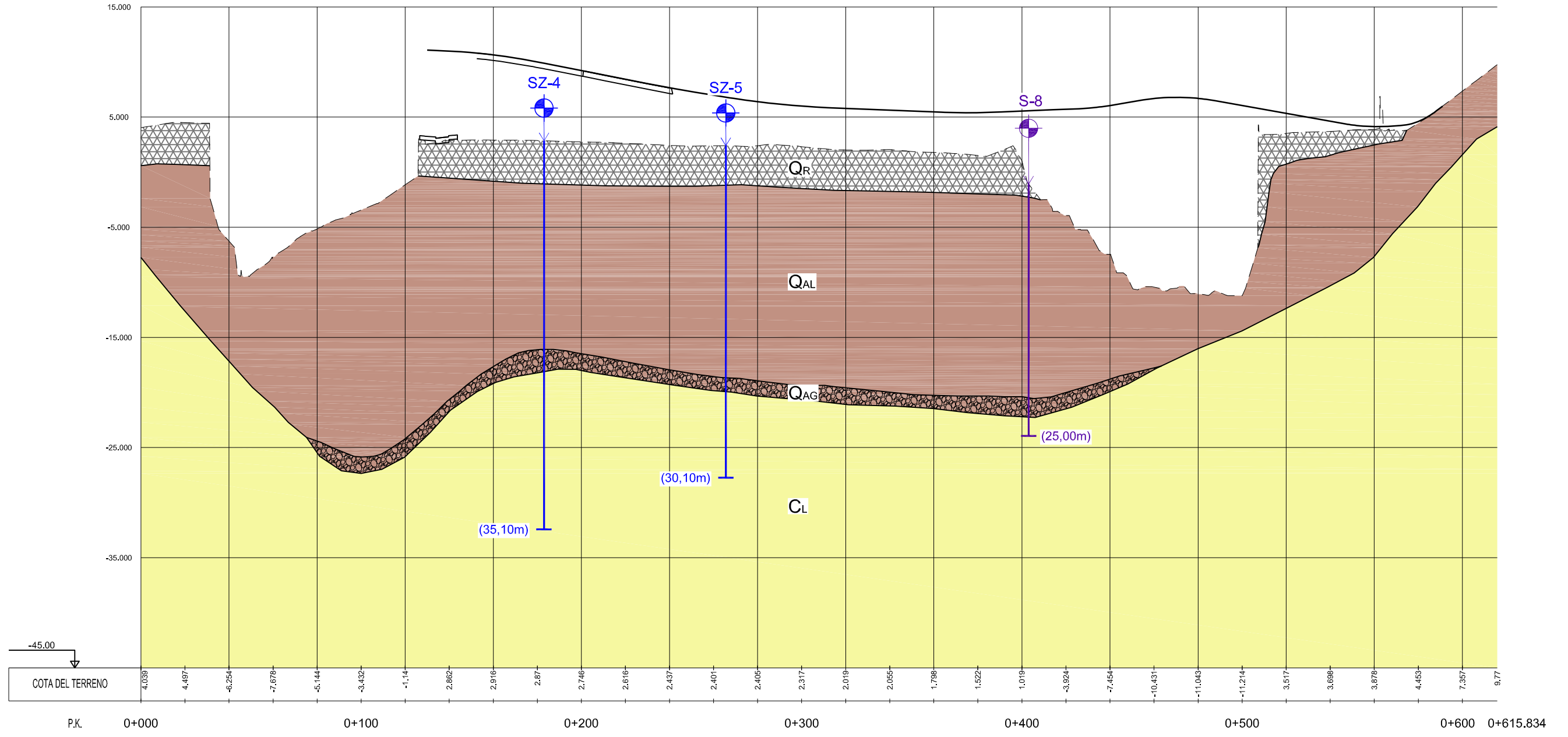


LEYENDA			
S-X	SONDEOS SAIATEK	SP-X	SONDEOS TYPISA
CPTU-X	ENSAYOS CPTU. AUTORIDAD PORTUARIA DE BILBAO	21X	SONDEOS EUSKAL TRENBIDE SAREA METRO DE BILBAO. KRONSA-TERRATEST
SC-X	SONDEOS EUSKONTROL	S-X	SONDEOS IDOM
S-X	SONDEOS AUTORIDAD PORTUARIA DE BILBAO. GIGSA	PZ-X	PENETROMETROS EUROCONSULT
S-XD-X	SONDEOS SENER	SZ-X	SONDEOS EUROCONSULT
S-X	SONDEOS CIMENTACIONES ABANDO	S-X	SONDEOS MARGEN IZQUIERDA DEL CANAL DE DEUSTO (AUTORIDAD PORTUARIA DE BILBAO)
S-X	SONDEOS TRIAX		



LEYENDA	
	QR : RELLENOS ANTROPOGÉNICOS
	QAL : LIMOS GRISOS
	QAG : GRAVAS
	CL : SUSTRATO ROCOSO - LIMOLITAS

EL PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SE HA INTERPRETADO CONSIDERANDO LOS RECONOCIMIENTOS DISPONIBLES EN LA ZONA. NO OBSTANTE, LAS COTAS Y PROFUNDIDADES PODRÍAN VARIAR POR LO QUE DEBERÁN CONFIRMARSE EN FASE DE OBRA.

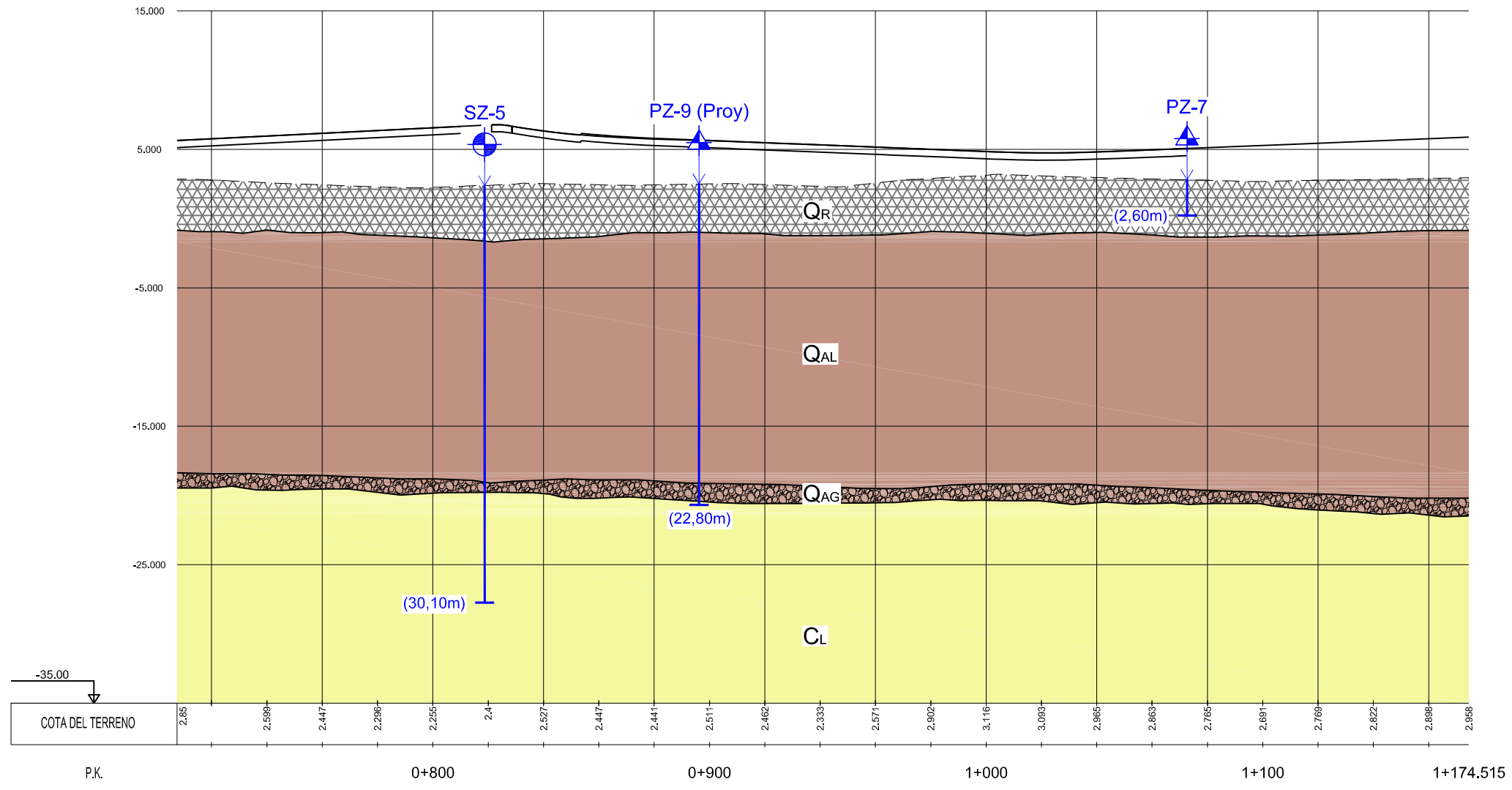


LONGITUDINAL PERFIL A  
 ESCALAS: H= 1/1000  
 V= 1/200

NOMBRE:	P1043-SR-PCT-PA050001-104.dwg				
PLANO:	PRELIMINAR DE PROYECTO PARA CONSTRUCCION				
VER.	FECHA	DESCRIPCION	REAL.	COMP.	APRUB.
4	10/10/2017	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES			
3	25/11/2016	MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS UTM			
1	04/02/2014	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES			

LEYENDA	
	QR : RELLENOS ANTROPOGÉNICOS
	QAL : LIMOS GRISES
	QAG : GRAVAS
	CL : SUSTRATO ROCOSO - LIMOLITAS

EL PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO SE HA INTERPRETADO CONSIDERANDO LOS RECONOCIMIENTOS DISPONIBLES EN LA ZONA. NO OBSTANTE, LAS COTAS Y PROFUNDIDADES PODRÍAN VARIAR POR LO QUE DEBERÁN CONFIRMARSE EN FASE DE OBRA.



LONGITUDINAL PERFIL B  
 ESCALAS: H= 1/1000  
 V= 1/200

NOMBRE:	P1043-SR-PCT-PA050203-V04.dwg																														
PLANO:	<input type="checkbox"/> PRELIMINAR <input checked="" type="checkbox"/> DE PROYECTO <input type="checkbox"/> PARA CONSTRUCCION																														
VER.	<table border="1"> <thead> <tr> <th>VER.</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>REAL.</th> <th>COMP.</th> <th>APRUB.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>04/02/2014</td> <td>MODIFICACIONES Y CORRECCIONES</td> <td>BRH</td> <td>SAM</td> <td>LOJ</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>25/11/2016</td> <td>MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS UTM</td> <td>BRH</td> <td>SAM</td> <td>LOJ</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>25/11/2016</td> <td>MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS UTM</td> <td>BRH</td> <td>SAM</td> <td>LOJ</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>10/10/2017</td> <td>MODIFICACIONES Y CORRECCIONES</td> <td>BRH</td> <td>SAM</td> <td>LOJ</td> </tr> </tbody> </table>	VER.	FECHA	DESCRIPCION	REAL.	COMP.	APRUB.	1	04/02/2014	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES	BRH	SAM	LOJ	2	25/11/2016	MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS UTM	BRH	SAM	LOJ	3	25/11/2016	MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS UTM	BRH	SAM	LOJ	4	10/10/2017	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES	BRH	SAM	LOJ
VER.	FECHA	DESCRIPCION	REAL.	COMP.	APRUB.																										
1	04/02/2014	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES	BRH	SAM	LOJ																										
2	25/11/2016	MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS UTM	BRH	SAM	LOJ																										
3	25/11/2016	MODIFICACIONES Y TRAZADO A COORDENADAS UTM	BRH	SAM	LOJ																										
4	10/10/2017	MODIFICACIONES Y CORRECCIONES	BRH	SAM	LOJ																										



## **APÉNDICE 1. CAMPAÑA GEOTÉCNICA EUROCONSULT NORTE**





**CAMPAÑA DE CAMPO Y ENSAYOS GEOTÉCNICOS DE  
LA URBANIZACIÓN DE LA UNIDAD DE EJECUCIÓN 1  
DE LA ACTUACIÓN INTEGRADA 1 DEL ÁREA MIXTA  
DE ZORROTZAURRE**

**INDICE**

**1. INTRODUCCIÓN**

**2. TRABAJOS DE CAMPO**

- Sondeos con extracción de testigo
- Ensayos de penetración estándar (SPT)
- Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc
- Ensayos de penetración dinámica DPSH

**3. ENSAYOS DE LABORATORIO**

**4. NIVELES DE AGUA**

**ANEJOS**

- **ANEJO 1: PLANTA DE SITUACIÓN DE RECONOCIMIENTOS**
- **ANEJO 2: COLUMNAS Y FOTOGRAFÍAS DE SONDEOS**
- **ANEJO 3: ENSAYOS DE PENETRACIÓN DINÁMICA DPSH**
- **ANEJO 4: ENSAYOS DE PERMEABILIDAD LEFRANC**
- **ANEJO 5: TABLA RESUMEN DE LABORATORIO**
- **ANEJO 6: ENSAYOS DE LABORATORIO**

Las consideraciones aquí indicadas son propiedad del solicitante, y sin autorización previa, EUROCONSULT NORTE, S.A. se abstendrá de comunicarlas a un tercero.

EUROCONSULT NORTE, S.A. no se hace responsable, en ningún caso, de la interpretación o uso indebido que pueda hacerse de este documento, cuya reproducción total o parcial con fines de publicidad está totalmente prohibida. No se autoriza su publicación sin el consentimiento por escrito de EUROCONSULT NORTE, S.A., debiendo reflejarse en ella todos los resultados obtenidos en las auscultaciones.

## 1. INTRODUCCIÓN

A petición de la Comisión Gestora de Zorrotzaurre se solicita a EUROCONSULT NORTE S.A la realización de una campaña de reconocimientos de campo y de laboratorio para la urbanización de la unidad de ejecución I de la actuación integrada I del área mixta de Zorrotzaurre.

El objetivo de dicha campaña mismo es reconocer y caracterizar los materiales que se verán involucrados en la redacción del proyecto antes mencionado y en su futura construcción.

## 2. TRABAJOS REALIZADOS

Los reconocimientos realizados, siguiendo indicaciones del solicitante, han consistido en siete (7) sondeos geotécnicos a rotación con extracción continua de testigo, quince (15) ensayos de penetración dinámica superpesada DPSH, ensayos de permeabilidad Lefranc, y ensayos de laboratorio.

La situación de los reconocimientos geotécnicos realizados se refleja en el plano de Planta de Situación de Reconocimientos Geotécnicos que se adjunta.

Posteriormente, sobre las muestras tomadas en los reconocimientos de campo, se ha realizado una campaña complementaria de ensayos de laboratorio.

### Sondeos con extracción de testigo

Entre los días 15 y 30 de mayo se ha procedido a la realización de los 7 sondeos geotécnicos, perforando un total de 178,25 metros lineales.

Los sondeos consisten en perforaciones realizadas en el terreno de estudio hasta alcanzar una profundidad establecida, en función de los objetivos perseguidos.

El proceso consiste en la penetración en el terreno, con una velocidad de rotación y presión de avance adecuadas, de un cilindro metálico hueco calibrado denominado batería, en cuyo extremo inferior se encuentra un dispositivo de retención en el que se enrosca una corona de corte.

A medida que dicha corona va cortando el terreno, la batería aloja en su interior el material perforado, denominado testigo. Una vez finalizada la maniobra, este testigo se extrae de la batería, colocándose de forma ordenada en las cajas portatestigo.

Para establecer las características geotécnicas de los materiales que componen el subsuelo se han realizado ensayos in situ en el interior de la perforación y toma de muestras para su posterior análisis en laboratorio.

Los testigos obtenidos durante la ejecución de los sondeos se depositaron en cajas, habiéndose utilizado otras cajas para depositar y trasladar al laboratorio las muestras tomadas. En las cajas de testigo se anotó la profundidad de las maniobras, la cota de las muestras obtenidas y los ensayos realizados. Posteriormente se procedió a su registro organoléptico y a su fotografiado.

A continuación se resumen en forma de tabla las muestras y ensayos realizados en los siete (7) sondeos ejecutados:

SONDEO	LONGITUD	MI/TP	SPT	Permeabilidad LEFRANC
Sz-1	30,30 m	MI(3.20-3.80)	3.80-4.25	18.00-20.80
		Shelby(6.20-6.80)	6.80-7.25	
		Shelby(9.20-9.80)	9.80-10.25	
		MI(12.20-12.80)	12.80-13.25	
		MI(15.30-15.90)	15.90-16.35	
		TP(20.80-21.10)	18.30-18.75	
		TP(24.40-25.00)		
Sz-2	25,90 m	TP(5.50-5.80)	3.00-3.45	
		TP(7.70-7.90)	6.00-6.45	
		TP(11.20-11.50)	8.05-8.45	
		TP(16.20-16.50)		
		TP(19.00-19.30)		
Sz-3	20,25 m	MI (3.00-3.60)	3.60-4.05	
		MI (6.00-6.60)	6.60-7.05	
		MI (9.00-9.60)	9.60-10.05	
		MI (12.00-12.60)	12.60-13.05	
		MI (15.00-15.60)	15.60-16.05	
Sz-4	35,10 m	MI (18.00-18.60)	18.60-19.05	4.50-6.00
		MI (3.00-3.60)	3.60-4.05	
		MI (6.00-6.60)	6.60-7.05	
		MI (9.00-9.60)	9.60-10.05	
		MI (12.00-12.60)	12.60-13.05	18.00-20.60
		MI (15.00-15.60)	15.60-16.05	
		MI (18.00-18.60)	18.60-19.05	
		TP (21.80-22.10)	20.70-20.80	
TP (24.65-25.00)				
TP (27.60-28.40)				

Sz-4b	9,60 m	MI (3.00-3.60)	
		MI (6.00-6.60)	
		MI (9.00-9.60)	
Sz-5	30,10 m	MI (3.00-3.60)	3.60-4.05
		MI (6.00-6.60)	6.60-7.05
		MI (9.00-9.60)	9.60-10.05
		MI (12.00-12.60)	12.60-13.05
		MI (15.00-15.60)	15.60-16.05
		MI (18.00-18.60)	18.60-19.05
		TP (23.20-23.60)	20.60-20.85
Sz-6	27,00 m	MI (3.00-3.60)	3.60-4.05
		MI (6.00-6.60)	6.60-7.05
		MI (9.00-9.60)	9.60-10.05
		MI (12.00-12.60)	12.60-13.05
		MI (15.20-15.80)	15.80-16.25
		MI (18.00-18.60)	18.60-19.05
		MI (21.00-21.60)	21.60-22.05

Los ensayos "in situ" realizados dentro de los sondeos son los siguientes:

- Ensayos SPT
- Ensayos de permeabilidad Lefranc

Se comenta a continuación brevemente la metodología utilizada en cada uno de ellos.

#### Ensayos de penetración estándar (SPT)

Los ensayos de penetración estándar (SPT) se han ejecutado siguiendo las especificaciones de la Norma UNE 103800 / 92. Este ensayo permite obtener una muestra representativa del terreno para su identificación, aunque con su estructura alterada.

El ensayo (SPT) consiste en la toma de muestras del subsuelo, mediante la penetración por golpeo en dicho terreno, de un tubo hueco estandarizado de 60 cm de longitud. Para esta introducción Euroconsult, S.A., utiliza un dispositivo hidráulico, automático, que permite la caída de una maza de 63,5 kg de peso, con un espacio libre de 75 cm y cadencia normalizada.

Esta hincas se realiza en tres / cuatro tandas sucesivas de 15 cm cada una, anotándose el número de golpes preciso para lograr cada una de éstas penetraciones parciales. Con la suma de los golpeos realizados en las dos tandas centrales se obtiene un valor de resistencia a la penetración estándar (N30), indicativo de la capacidad portante del terreno en el que se realiza el ensayo.

Se considera que se ha obtenido rechazo (R) cuando se alcanza un golpeo superior a 50 en una tanda de 15 cm ( $N15 > 50$ ). En este caso, se da por finalizado el ensayo.

En los apéndices de la Memoria se indican las características del penetrómetro estándar (SPT) utilizado, que es el automático "safety Hammer", que transmite una energía efectiva relativa ER del 70 % de la nominal.

Sondeo	Profundidad	Golpeo	N30
SZ-1	3,80 - 4,25	2-1-2	3
	6,80 - 7,25	1-2-1	3
	9,80 - 10,25	2-1-2	3
	12,80 - 13,25	2-2-2	4
	15,90 - 16,35	2-3-2	5
SZ-2	18,30 - 18,75	8-15-6	21
	3,00 - 3,45	2-1-2	3
	6,00 - 6,45	3-2-3	5
SZ-3	8,05 - 8,50	19-20-27	47
	3,60 - 4,05	1-1-1	2
	6,60 - 7,05	2-3-1	4
	9,60 - 10,05	1-2-1	3
	12,60 - 13,05	1-2-2	4
	15,60 - 16,05	2-2-2	4
SZ-4	18,60 - 19,05	2-3-3	6
	3,60 - 4,05	1-0-1	1
	6,60 - 7,05	2-1-1	2
	9,60 - 10,05	1-2-1	3
	12,60 - 13,05	1-0-1	1
	15,60 - 16,05	2-1-2	3
	18,60 - 19,05	2-3-2	5
SZ-5	20,70 - 20,80	50R	>50
	3,60 - 4,05	1-2-1	3
	6,60 - 7,05	1-1-1	2
	9,60 - 10,05	1-0-1	1
	12,60 - 13,05	1-0-1	1
	15,60 - 16,05	1-1-1	2
	18,60 - 19,05	1-2-2	4
	20,60 - 20,85	22-50R	>50
SZ-6	22,50 - 22,55	50R	>50
	3,60 - 4,05	1-2-2	4
	6,60 - 7,05	1-1-2	3

	9,60 – 10,05	1-2-2	4
	12,60 – 13,05	2-5-4	9
	15,80 – 16,25	2-2-3	5
	18,60 – 19,05	1-1-2	3
	21,60 – 22,05	1-1-1	2

#### Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc

El ensayo consiste en medir la evolución del agua dentro de una perforación que se ha llenado por encima del nivel piezométrico existente en el terreno y deducir la permeabilidad del terreno.

Durante la ejecución del sondeo se levanta la tubería de entubación una altura de 1.0m, y se llena de agua, que se infiltra en el terreno. El ensayo comienza manteniendo el nivel de agua dentro del sondeo a una cota constante, midiendo el caudal preciso para este fin. El ensayo finaliza cuando se comprueba que la se ha establecido un régimen estacionario.

A partir del caudal de estabilización (Q) se puede determinar la permeabilidad (K) del horizonte ensayado con la expresión

$$K = m \frac{Q}{H}$$

Donde H es la altura del nivel de agua sobre la altura piezométrica del punto ensayado, y "m" es un coeficiente que depende de la forma de la cavidad.

Una vez estabilizado el nivel se elimina el aporte de agua, midiéndose la velocidad de descenso de la lámina dentro del sondeo. El coeficiente de permeabilidad en este caso viene dado por la expresión:

$$K = \frac{d^2 \ln \left( \frac{l}{d} \right) \ln \left( \frac{H_1}{H_2} \right)}{8l(t_2 - t_1)}$$

Siendo "d" el diámetro de la perforación y "l" la longitud a lo largo del sondeo de infiltración del agua en el terreno. Hi es la altura del nivel de agua dentro del sondeo sobre el nivel freático en el tiempo ti.

En la siguiente tabla se resumen los ensayos Lefranc realizados en los sondeos y los valores de permeabilidad obtenidos en ellos, tanto a carga constante como a carga variable.

Sondeo	Ensayo	Prof. (m)	Perm. carga constante (m/s)	Perm. carga variable (m/s)	Perm. media (m/s)
SZ-1	Lefranc-1	18.00-20.80	2,48x10 <sup>-6</sup>	2,02x10 <sup>-8</sup>	1,25x10 <sup>-6</sup>
SZ-4	Lefranc-1	4.50-6.00	2,06x10 <sup>-6</sup>	4,86x10 <sup>-8</sup>	1,06x10 <sup>-6</sup>
	Lefranc-2	18.00-20.60	3,96x10 <sup>-6</sup>	1,21x10 <sup>-8</sup>	1,99x10 <sup>-6</sup>
SZ-6	Lefranc-1	3.00-4.00	1,65x10 <sup>-7</sup>	1,66x10 <sup>-7</sup>	1,66x10 <sup>-7</sup>
	Lefranc-2	18.00-21.00	1,54x10 <sup>-7</sup>	1,98x10 <sup>-7</sup>	8,69x10 <sup>-7</sup>

#### Ensayos de Penetración Dinámica

Se han realizado un total de quince (15) ensayos de penetración dinámica continua tipo DPSH, de accionamiento hidráulico automático, según Norma UNE 103801-94.

Este tipo de ensayo, consiste en la caída libre de una maza de 63,5 kg desde una altura constante de 75 cm, hincando una puntaza cilíndrica de  $\phi 50$  mm. Durante la hincada se registra el número de golpes necesarios para introducir dicha puntaza en el terreno a intervalos de 20 cm (N20), con lo que se obtiene un valor indicativo de la capacidad portante del suelo. El ensayo se da por finalizado cuando se alcanzan los 100 golpes en un tramo de 20 cm (rechazo).

En la tabla siguiente figuran las principales características del penetrómetro dinámico utilizado.

DPSH (súper pesado)	
Maza: masa, m (kg)	63.5
Altura de caída, h (mm)	760
Área de base nominal, A (cm <sup>2</sup> )	20
Diámetro de la base, D (mm)	50
Energía (mgh / A), en kJ / m <sup>2</sup>	238

En la siguiente tabla se recogen las profundidades a las que se alcanzó el rechazo, contadas desde las cotas de embocadura.

PENETRÓMETRO Nº	PROFUNDIDAD DE RECHAZO(m)
Pz-1	18,60
Pz-2	18,80

Pz-3	20,00
Pz-4	19,40
Pz-5	1,40
Pz-5b	15,20
Pz-6	10,00
Pz-7	2,60
Pz-7b	22,00
Pz-8	23,60
Pz-9	22,80
Pz-10	25,00
Pz-11	21,40
Pz-12	22,20
Pz-13	24,80

Tanto la situación de estos ensayos de penetración como sus correspondientes golpes se pueden apreciar en los correspondientes anejos.

### 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con las muestras obtenidas en la campaña de campo, se han llevado a cabo una serie de ensayos en el laboratorio. En los anejos de esta memoria se recogen las fichas de laboratorio de los ensayos.

A continuación se resumen los resultados de los ensayos realizados para este informe:

ENSAYO	Nº DE ENSAYOS
Granulometría	18
Límites de Atterberg	18
Densidad seca y húmeda	18
Densidad partículas solidas	5
Humedad	18
Sulfatos	9
Acidez Baumann-Gully	6
Materia orgánica	8

Resistencia a compresión simple de suelo	11
Resistencia a compresión simple de roca	8
Consolidación en edómetro	7
Triaxial consolidado no drenado	4
Estabilidad al desmoronamiento en agua	4
Carbonatos	1
Análisis completo de aguas	6

### 4. NIVELES DE AGUA

Tras la ejecución del sondeo, una vez este ha sido achicado hasta su nivel de estabilización, se ha realizado un seguimiento de la evolución de dichos niveles de agua.

A continuación se presenta una tabla con dichas medidas, donde se puede apreciar que la variación de este nivel es pequeña y que, como norma general se encuentra entre los 1,20 y 2,30 metros de profundidad.

Sondeo (Fecha fin)	Nivel al final sondeo	21/05/13	22/05/13	23/05/13	31/05/13	03/06/13	04/06/13
SZ-1 (22/05/13)	0,50				1,80*	2,34	
SZ-2 (29/05/13)	1,10				1,19*	1,50	
SZ-3 (16_05_13)	1,00	1,25	1,17*				1,20
SZ-4 (20/05/13)	1,10	1,63		1,79*		1,76	
SZ-5 (16_05_13)	0,60	1,74		1,59*			1,94
SZ-6 (17_05_13)	1,90	1,33	1,35*				2,43

\*Muestra de agua

El presente consta de 19 páginas numeradas de la 1 a la 19 y se redacta en Galdakao, a 27 de junio de 2013.



**D. Gaizka Garmendia Dios**

Lcdo. CC. Geológicas

Colegiado nº 5.929

**ANEJO 1.- PLANTA DE SITUACIÓN DE  
RECONOCIMIENTOS**



**ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA  
TIPO DPSH UNE 103801**

Ensayo n°: 10387 / 9 S 9  
Fecha: 12 de junio de 2013

**PETICIONARIO:** Comisión Gestora  
Uribitarte 6, 3º Planta  
48001 Bizkaia

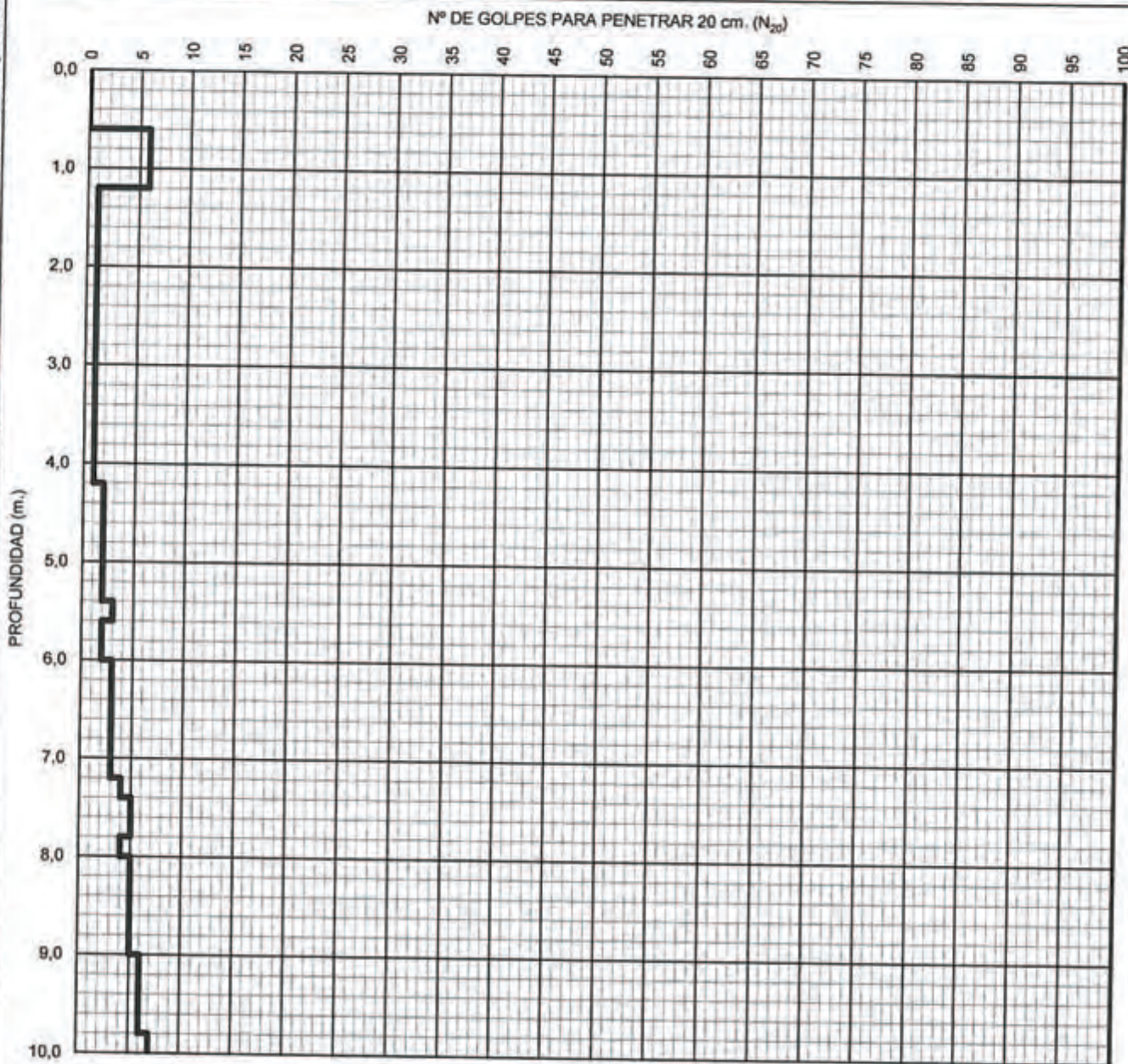
**CONTRATISTA:** -

**FECHA DE ENSAYO:** 07/06/2013  
**ALBARÁN:** 24340

**OBRA:** Urbanización unidad ejecución 1 actividad integrada 1 del area Mixta de Zorrozaurre  
**LOCALIZACIÓN:** P.Z.1 (Frente ria entrada cadenas)

**CARACTERISTICAS EQUIPO DE ENSAYO**

**LONGITUD DE VARILLA:** 1000 mm **ALTURA DE CAIDA:** 750 mm **MAZA:** 63,5 kg. **PUNTAZA:** Cono 50 mm (perdida)



**OBSERVACIONES:** X=30503431;y=4790328;Z=6 Rev,1

JEFE DE AREA

*[Signature]*  
NAGORE ESCOBAL MARCOS

DIRECTOR DE LABORATORIO

*[Signature]*  
GAIZKA GOIRI ZAMORA

**ENSAYO DE PENETRACION DINAMICA  
TIPO DPSH UNE 103801**

Ensayo n°: 10387 / 47 S 9  
Fecha: 12 de junio de 2013

**PETICIONARIO:** Comisión Gestora  
Uribitarte 6, 3º Planta  
48001 Bizkaia

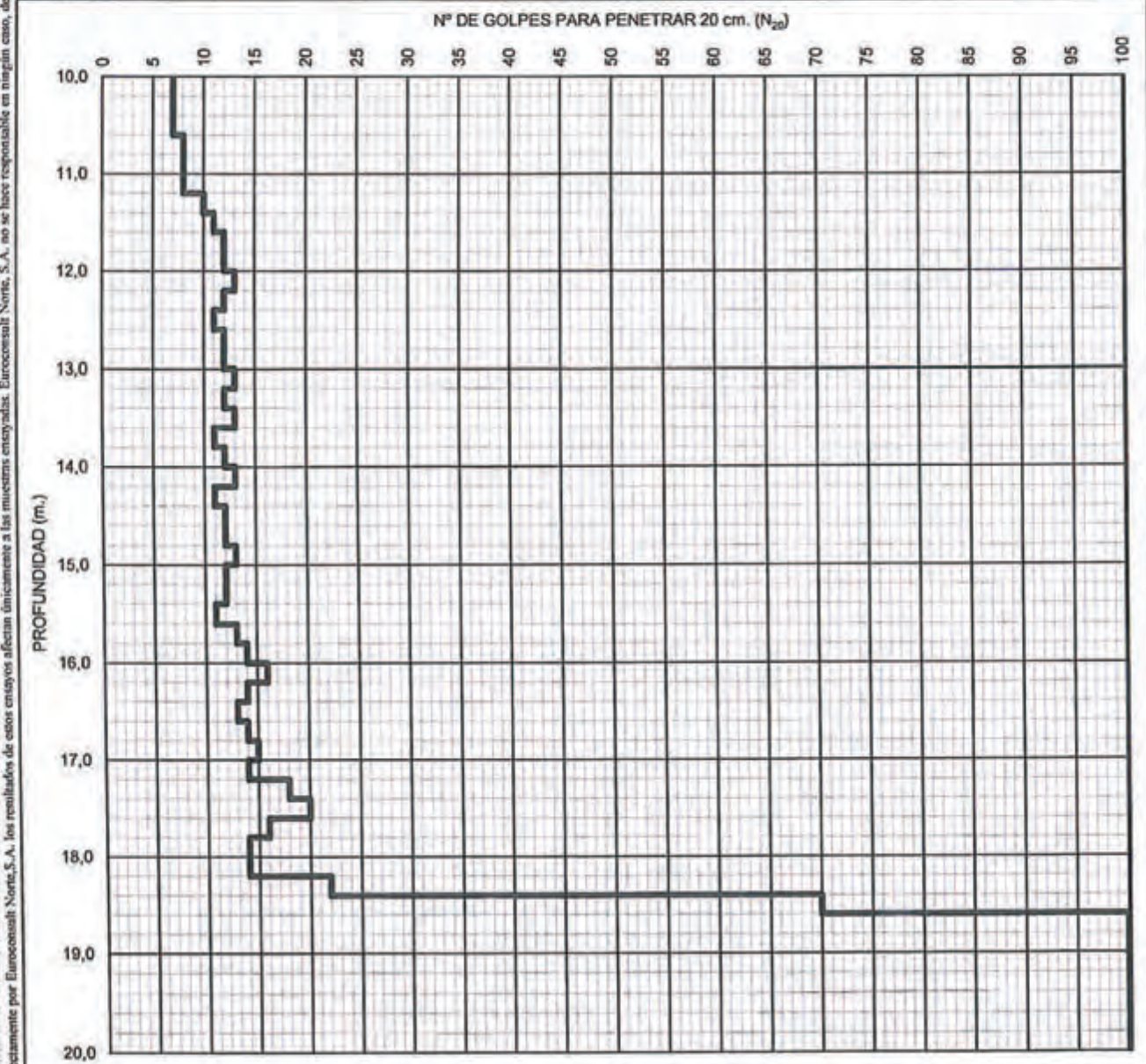
**CONTRATISTA:** -

**FECHA DE ENSAYO:** 07/06/2013  
**ALBARÁN:** 24340

**OBRA:** Urbanización unidad ejecución 1 actividad integrada 1 del area Mixta de Zorrozaurre  
**LOCALIZACIÓN:** P.Z.1 (Frente ria entrada cadenas)

**CARACTERISTICAS EQUIPO DE ENSAYO**

**LONGITUD DE VARILLA:** 1000 mm **ALTURA DE CAIDA:** 750 mm **MAZA:** 63,5 kg. **PUNTAZA:** Cono 50 mm (perdida)



**OBSERVACIONES:** X=30503431;y=4790328;Z=6

JEFE DE AREA

*[Signature]*  
NAGORE ESCOBAL MARCOS

DIRECTOR DE LABORATORIO

*[Signature]*  
GAIZKA GOIRI ZAMORA

Euroconsult Norte S.A. - Registro Mercantil de Bizkaia, Tomo 4.429, Libro 0, Folio 81, Hoja nº BI-39.749, Inscripción 1ª CTIF: A-95313201 - Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Euroconsult Norte, S.A. En el caso de que las muestras no hayan sido tomadas directamente por Euroconsult Norte, S.A., los resultados de estos ensayos afectan únicamente a las muestras ensayadas. Euroconsult Norte, S.A. no se hace responsable en ningún caso, de la interpretación o uso indebido de este documento.

Euroconsult Norte S.A. - Registro Mercantil de Bizkaia, Tomo 4.429, Libro 0, Folio 81, Hoja nº BI-39.749, Inscripción 1ª CTIF: A-95313201 - Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Euroconsult Norte, S.A. En el caso de que las muestras no hayan sido tomadas directamente por Euroconsult Norte, S.A., los resultados de estos ensayos afectan únicamente a las muestras ensayadas. Euroconsult Norte, S.A. no se hace responsable en ningún caso, de la interpretación o uso indebido de este documento.

## Anejo 03. Replanteo

## Índice

---

1. Objeto.....	77
2. Vértices geodésicos.....	77
3. Puntos de referencia.....	86
4. Puntos de replanteo.....	86

## 1. Objeto

---

El objetivo de este Anejo es explicar el procedimiento a seguir para realizar el replanteo de los puntos significativos de la obra, consiste en marcar en el terreno la posición en plan de la nave de proyecto.

Para realizar cualquier replanteo topográfico, es necesaria una red de puntos de coordenadas (x, y, z) conocidas. A estos puntos se les denomina Puntos de Referencia. Se debe disponer como mínimo de dos Puntos de Referencia visibles desde el lugar de la obra para poder localizar el resto de los puntos definidos en los planos para la correcta localización del edificio.

## 2. Vértices geodésicos

---

Siempre que sea posible, se utilizarán Vértices Geodésicos como Puntos de Referencia. Éstos son puntos que indican una posición geográfica exacta.

El replanteo de la nave se ha realizado a partir de los vértices geodésicos recogidos por el Instituto Geográfico Nacional, y entre su base de datos los más próximos a la ubicación de la nave.

En el entorno municipal de Bilbao existen varios puntos de interés localizados estratégicamente en los vértices de las montañas de los alrededores y dentro del área de triangulación de la obra, entre estos se han escogido cuatro que reciben el nombre de: Kobeta, Bitarratxu, Banderas y San Bernabé, cuya información de adjunta a continuación.

En las fichas técnicas se especifican las coordenadas UTM de cada vértice.

## Reseña Vértice Geodésico

1-feb-2019

Número.....: **6101**  
 Nombre.....: **Kobeta**  
 Municipios: Bilbao  
 Provincias: Bizkaia  
 Fecha de Construcción.....: 01 de enero de 1970  
 Pilar sin centrado forzado.: 1,17 m de alto, 0,32 m de diámetro.  
 Último cuerpo.....: 0,50 m de alto, 1,00 m de ancho.  
 Total cuerpos.....: 1 de 0,50 m de alto.

— Coordenadas Geográficas: —

Sistema de Ref.:	ED 50	ETR589
Longitud.....:	- 2° 58' 01,6594"	- 2° 58' 06,34303" ±0.024 m
Latitud.....:	43° 15' 56,2486"	43° 15' 52,31841" ±0.056 m
Alt. Elipsoidal...:		247,575 m ±0.06 (BP)
Compensación...:	18 de marzo de 1998	01 de noviembre de 2009

Elipse de error al 95% de confianza.

— Coordenadas UTM. Huso 30 : —

Sistema de Ref.:	ED 50	ETR589
X.....:	502667,93 m ( 0.033)	502562,264 m
Y.....:	4790399,82 m ( 0.033)	4790191,889 m
Factor escala....:	0,999600088	0,999600081
Convergencia....:	0° 01' 21"	0° 01' 18"

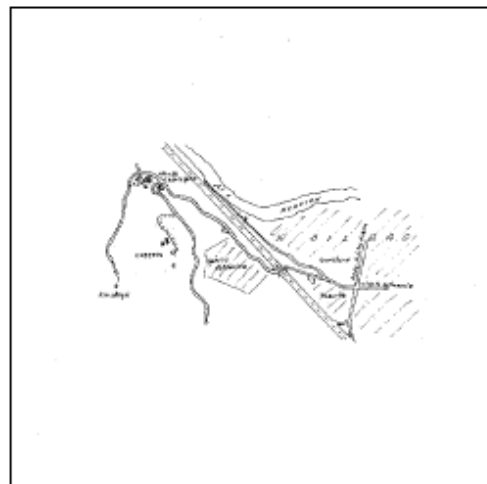
Altitud sobre el nivel medio del mar: 197,704 m. (BP)

— Situación: —  
 Situado en el cerro Castillo de Cobetas, en terreno de pasto y arbustos.

— Acceso: —  
 Desde Bilbao se sale por la carretera a Alonsotegui y Valmaseda, que es la prolongación de la C/ de la Autonomía, se cruza la autopista A-8, se deja a la izquierda el barrio de Altamira y al llegar al Alto de Castrejana, Km. 4,650, donde está la fábrica de Pepsi Cola, se toma a la izquierda la carretera a Monte Arratz; recorridos unos 400 m., se sigue a la derecha por una pista que a los 500 m. llega a lo alto, muy próximo a la señal.

— Horizonte GPS: —  
 Despejado

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



— Observaciones: —  
 Denominación anterior del vértice era Cobetas

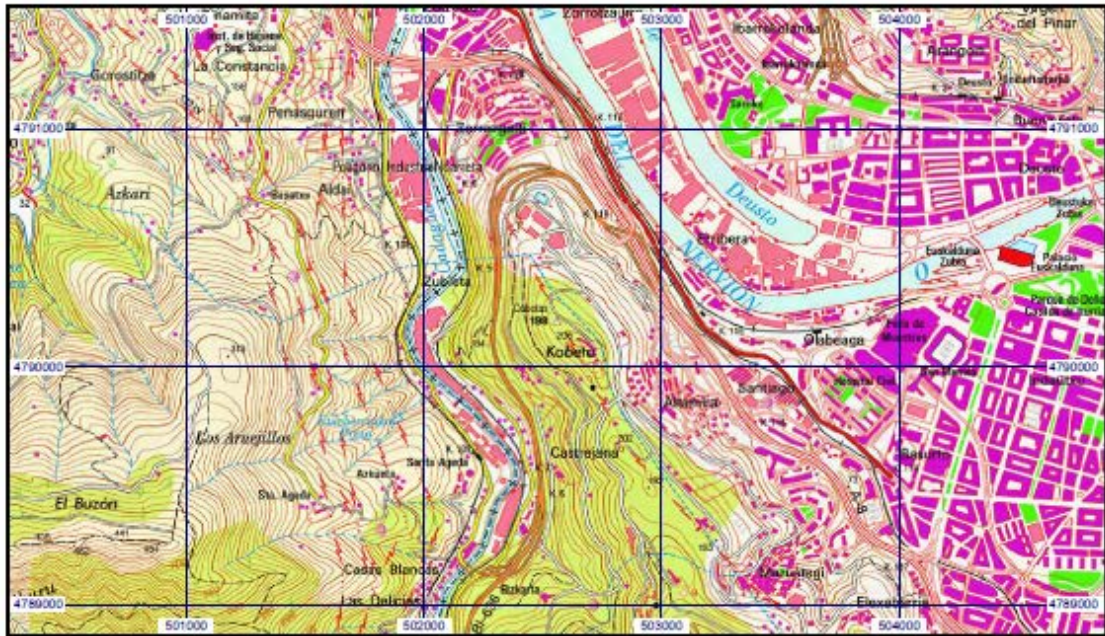
Informe del estado del Vértice: <http://ftp.geodesia.ign.es/Utilidades/InfoRG.pdf>

Cartografía de situación 1-feb-2019

Escala 1:25.000

06101 Kobeta

Coordenadas ETRS89. Huso 30



**Número.....: 6146**  
**Nombre.....: Bitarratxu**  
**Municipios: Valle de Trápaga-Trapagaran**  
**Provincias: Bizkaia**  
**Fecha de Construcción.....: 26 de octubre de 1992**  
**Pilar sin centrado forzado...: 1,20 m de alto, 0,32 m de diámetro.**  
**Último cuerpo.....: 1,06 m de alto, 1,00 m de ancho.**  
**Total cuerpos.....: 1 de 1,06 m de alto.**

**Coordenadas Geográficas:**

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 3° 01' 55,5531"	- 3° 02' 00,24371" ±0.077 m
Latitud.....:	43° 16' 55,5434"	43° 16' 51,61544" ±0.068 m
Alt. Elipsoidal...:		571,104 m ±0.076 (BP)
Compensación...:	18 de marzo de 1998	01 de noviembre de 2009
		Elipse de error al 95% de confianza.

**Coordenadas UTM. Huso 30 :**

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	497395,62 m ( 0.032)	497289,976 m
Y.....:	4792228,99 m ( 0.04)	4792021,155 m
Factor escala....:	0,999600083	0,999600090
Convergencia...:	- 0° 01' 19"	- 0° 01' 22"

Altitud sobre el nivel medio del mar: 521,228 m. (BP)

**Situación:**

Situado en lo alto del monte Bitarratxo, en terreno de pasto, a unos 500 m. al N.E. de una gran torre de hormigón de Telefónica.

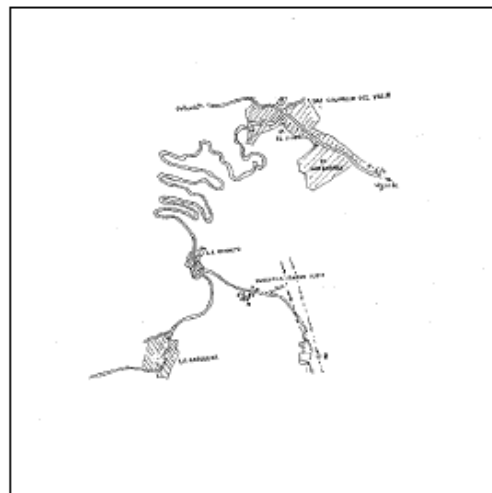
**Acceso:**

Desde San Salvador del Valle-Trapagarán, por la carretera a La Arboleda, al pasar por el núcleo urbano de La Reineta, a su salida y en plena curva, se entra a mano izquierda por un camino con firme de hormigón que sube al grupo de casas de Parcocha-Barrio Nuevo, dejándolas a la derecha y siguiendo por una explanada con varios caminos, al final de dicha explanada se deja el camino de la izquierda, que baja, continuando por el de la derecha que al poco empieza a subir y es el acceso al caserío Bitarratxo y a un repetidor de Telefónica. Antes de llegar al caserío se deja el coche en la divisoria de aguas, cerca de unas columnas de alta tensión. A pie, o en vehículo T.T. hacia la izquierda, hay unos 300 m. hasta el vértice.

**Horizonte GPS:**

Despejado

CP: 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.


**Observaciones:**

Denominación anterior del vértice era Bitarratxo

Estado: 21 de abril de 2014

Pilar: Bueno Base: Bueno

Informe de estado de vértice: <http://top.geodesia.ja.es/infomv/InfoRG.pdf>

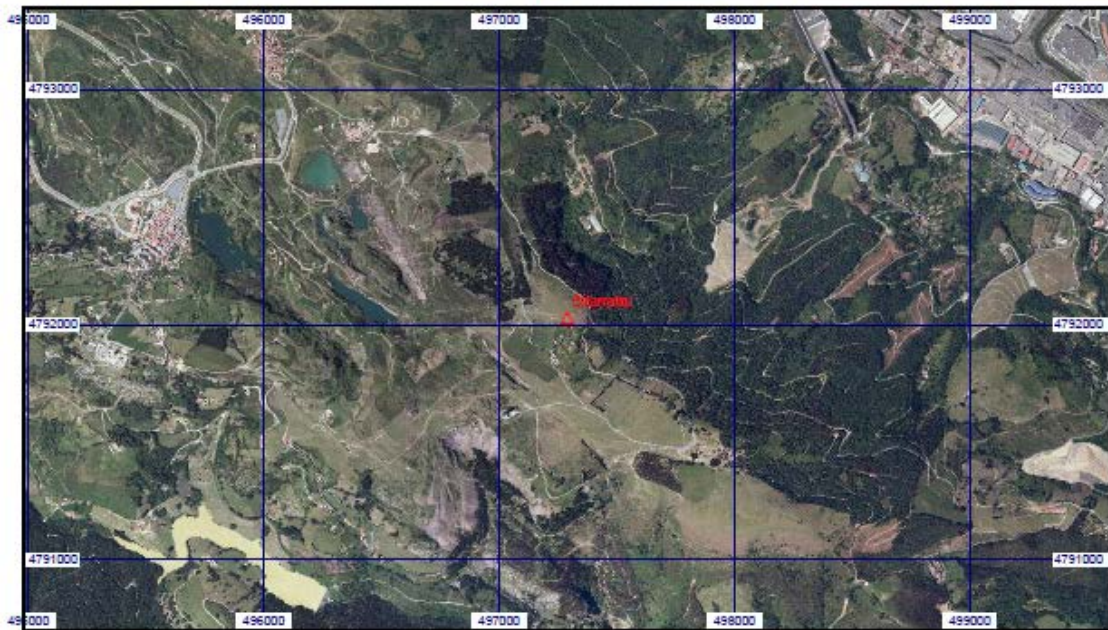
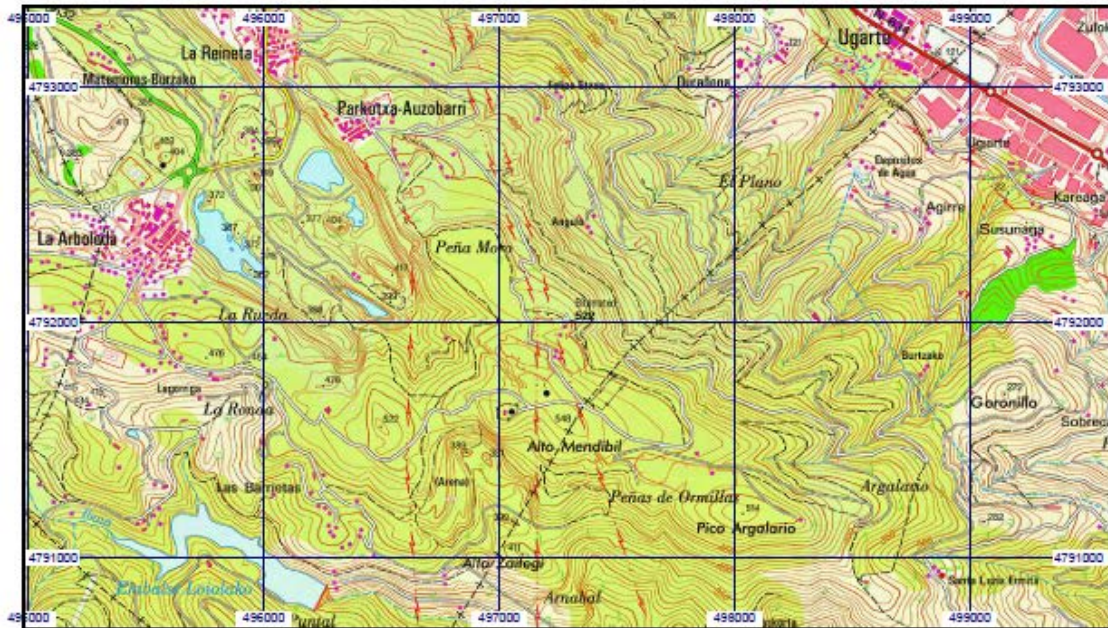
Cartografía de situación

1-feb-2019

Escala 1:25.000

06146 Bitarratxu

Coordenadas ETRS89. Huso 30





Número.....: **6166**  
 Nombre.....: **Banderas**  
 Municipios: **Bilbao**  
 Provincias: **Bizkaia**  
 Fecha de Construcción.....: **01 de enero de 1967**  
 Pilar sin centrado forzado...: **1,17 m de alto, 0,50 m de diámetro.**  
 Último cuerpo.....: **1,00 m de alto, 1,50 m de ancho.**  
 Total cuerpos.....: **1 de 1,00 m de alto.**

Coordenadas Geográficas:

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	-2° 57' 05,1589"	-2° 57' 09,84096" ±0.034 m
Latitud.....:	43° 16' 53,9139"	43° 16' 49,98599" ±0.058 m
Alt. Elipsoidal...:		271,517 m ±0.067 (BP)
Compensación...:	18 de marzo de 1998	01 de noviembre de 2009 Elipse de error al 95% de confianza.

Coordenadas UTM. Huso 30 :

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	503940,67 m ( 0.031)	503835,032 m
Y.....:	4792179,37 m ( 0.033)	4791971,432 m
Factor escala.....:	0,999600191	0,999600181
Convergencia...:	0° 01' 60"	0° 01' 57"

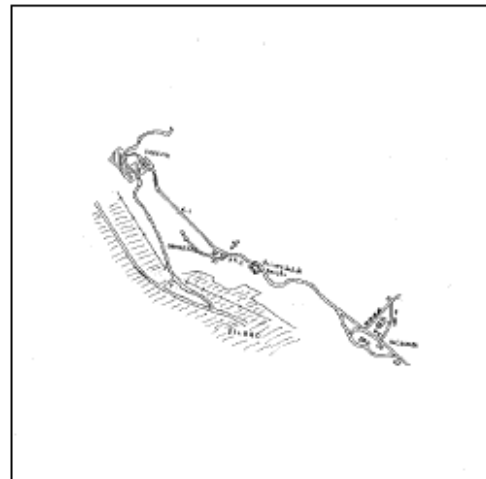
Altitud sobre el nivel medio del mar: **221,777 m. (BP)**

Situación:  
 Situado en el fuerte Banderas, inmediato al foso y a la carretera de acceso, sobre un muro demolido de la muralla.

Acceso:  
 Desde Enekuri, por la carretera a Artxanda, al llegar al Km. 1,900 se entra a la derecha por la carretera al fuerte Banderas, llegando al pie de la señal a los 600 m.

Horizonte GPS:  
 Posible sombra de una alambrada

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



Observaciones:  
 Es necesario permiso de la Jefatura de Transmisiones, en la Jefatura Superior de Policía de Bilbao.

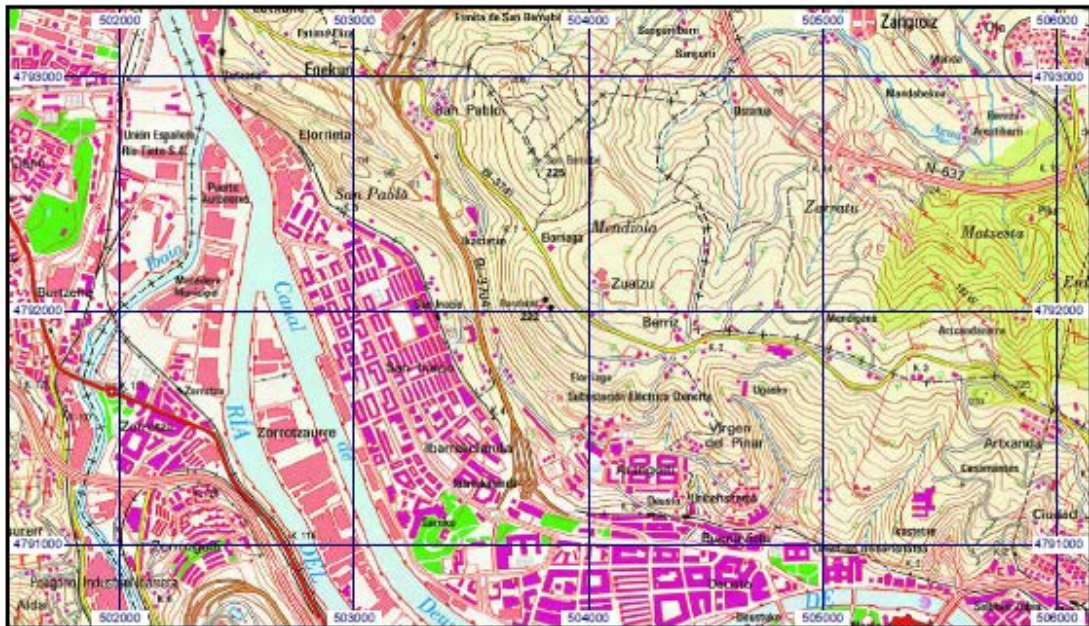
Informe del estado del Vértice: <http://fp.geodesia.lgn.es/utilidades/infoRG.pdf>

**Cartografía de situación** 1-feb-2019

Escala 1:25.000

06166 Banderas

Coordenadas ETRS89. Huso 30



Número.....: **6167**  
 Nombre.....: **San Bernabé**  
 Municipios: Bilbao  
 Provincias: Bizkaia  
 Fecha de Construcción.....: 12 de julio de 1992  
 Pilar sin centrado forzado.: 1,20 m de alto, 0,30 m de diámetro.  
 Último cuerpo.....: 0,60 m de alto, 1,00 m de ancho.  
 Total cuerpos.....: 1 de 0,60 m de alto.

— Coordenadas Geográficas: —

Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
Longitud.....:	- 2° 57' 07,0357"	- 2° 57' 11,71790" ±0.034 m
Latitud.....:	43° 17' 14,9875"	43° 17' 11,06010" ±0.058 m
Alt. Elipsoidal...:		273,977 m ±0.058 (BP)
Compensación..:	18 de marzo de 1998	01 de noviembre de 2009 Elipse de error al 95% de confianza.

— Coordenadas UTM. Huso 30 : —

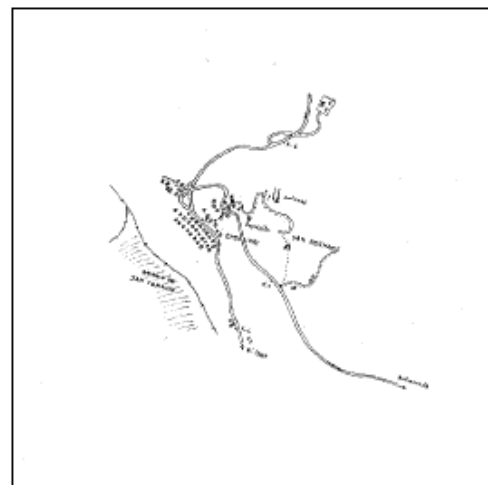
Sistema de Ref.:	ED 50	ETRS89
X.....:	503897,99 m (0.03)	503792,366 m
Y.....:	4792829,45 m (0.033)	4792621,508 m
Factor escala....:	0,999600187	0,999600177
Convergencia....:	0° 01' 59"	0° 01' 55"
Altitud sobre el nivel medio del mar:		224,278 m. (BP)

— Situación: —  
 Situado en el cerro de San Bernabé, en terreno de pasto.

— Acceso: —  
 En Enecurri, desde el mismo casco de población y de la carretera Enecurri-Artxanda, en el Km. 0,300 se toma a la izquierda un camino, apto sólo para vehículo T.T., que va en dirección N.E. y sirve de acceso a varias casas; luego se pasa un depósito circular de agua, que queda a la derecha y al llegar a la parte más alta del cerro, se toma campo a través hacia la izquierda, hasta llegar a la señal. Si no se dispone de vehículo T.T. se parte, a pie, del Km. 1,100 de la misma carretera, por un camino que lleva dirección N.E. y tiene una cadena que impide el paso de vehículos. A los pocos metros se toma a la izquierda un sendero por el que se sube en 10 minutos hasta la señal.

— Horizonte GPS: —  
 Despejado

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.



— Observaciones: —

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

**Cartografía de situación** 1-feb-2019

Escala 1:25.000

06167 San Bernabé

Coordenadas ETRS89. Huso 30



### 3. Puntos de referencia

---

Al no poderse divisar correctamente desde el emplazamiento todos los Vértices Geodésicos presentados, se han definido otros puntos de referencia.

Si se cuenta con una estación de replanteo con Sistema de posicionamiento GPS, que hace uso de los satélites para su posicionamiento, pero en el caso de no contar con este equipo, el técnico a realizar el replanteo debe conocer su posición para poder partir de esa referencia.

Se han escogido las coordenadas de las esquinas de dos edificios cercanos al punto de la obra, ya que se tratan de puntos inamovibles, la localización de los nuevos puntos escogidos se recoge en los planos del proyecto.

Los dos puntos de referencia utilizados serán los siguientes:

Referencias de Replanteo			
Nombre	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
A	502577,30 mE	4791732,20 mN	3 m
B	502594,28 mE	4791734,09 mN	3 m
C	502615,34 mE	4791567,06 mN	4 m

Tabla 3.1. Referencias de replanteo

### 4. Puntos de replanteo

---

A partir de los puntos de referencia se realiza el replanteo de cuatro vértices de la nave:

Replanteo			
Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Coordenada Z
1	502594,25 mE	4791682,77 mN	3 m
2	502625,45 mE	4791682,77 mN	3 m
3	502594,25 mE	4791667,57 mN	3 m
4	502625,45 mE	4791667,57 mN	3 m

Tabla 3.2 Replanteo de la nave

La coordenada z del replanteo pertenece a la altura a ras de suelo, tras el proceso de nivelación y desbroce del terreno.

## Anejo 04. Movimiento de tierras

## Índice

---

1. Objeto.....	87
2. Movimiento de tierras.....	87
2.1 Trabajos previos .....	87
2.2 Desbroce .....	87
2.3 Excavación.....	87
2.3.1 Resumen del volumen de tierras excavado .....	87
2.4 Relleno y mejora del terreno .....	87
3. Retirada al vertedero y reutilización.....	88

## 1. Objeto

---

Definir las acciones a realizar sobre el terreno para el acondicionamiento del mismo.

## 2. Movimiento de tierras

---

A continuación, se listan todos los trabajos a realizar.

### 2.1 Trabajos previos

La primera de las tareas a realizar es retirar cualquier tipo de escombros u obstáculos que pudiera existir en la parcela donde se va a ejecutar la nave.

### 2.2 Desbroce

A continuación, se retira la totalidad de la capa vegetal existente en el área que abarca la parcela, será aproximadamente de 25 cm de espesor.

Una vez finalizadas las obras en las zonas que así lo requieran se volverá a colocar una capa vegetal, reutilizándose la ya existente si sus propiedades fueran óptimas.

### 2.3 Excavación

Se van a llevar a cabo dos tipos de zanjas, la correspondiente a las instalaciones, y la necesaria para retirar el espesor equivalente a los rellenos antrópicos hasta llegar a la segunda unidad geotécnica, aproximadamente 3 metros, como se observa en el plano del perfil del terreno adjunto en el apéndice del segundo anejo.

El espesor de los rellenos antrópicos deberá ser verificado antes de iniciar los trabajos sobre el terreno.

#### 2.3.1 Resumen del volumen de tierras excavado

	Volumen (m <sup>3</sup> )
Volumen excavado de zanja para las instalaciones	40
Volumen excavado para la mejora del terreno	1260
TOTAL	1300

Tabla 3.1. *Volumen de tierras excavado*

### 2.4 Relleno y mejora del terreno

A continuación se rellena la zanja, correspondiente a los rellenos antrópicos, con un terreno mejorado y compactado, sobre el que se realizara la cimentación de forma posterior al vertido del hormigón de limpieza. Se deberá dejar la holgura necesaria para las instalaciones y cimentación de la estructura.



Dado que no hay forma de conocer en una primera instancia la calidad y la correcta puesta en obra del nuevo material, se recomiendan a continuación algunos aspectos a cumplir:

El material empleado será granular, el contenido de arcilla no será excesivo y estará totalmente exento de elementos agresivos, como pueden ser; sales, materia orgánica o yesos. Deberá ser un material seleccionado recogido en el PG-3 de carreteras.

Una vez seleccionado el material se deberán definir sus características a través del ensayo Proctor; densidad y humedad máxima. Asimismo, se deberán realizar los ensayos necesarios de placa de carga para evaluar los posibles asientos y deformaciones.

La puesta en obra del nuevo relleno se llevará a cabo mediante tongadas de 30 cm de espesor, compactadas según el ensayo Proctor de referencia. Se deberá ir comprobando en la puesta en obra la compactación obtenida de cada capa a través de la densidad y humedad.

Una vez terminado el proceso de relleno, se recomienda comprobar la compactación mediante ensayos de penetración, como mínimo en varios puntos de la zona de cimentación.

Si se cumplen las recomendaciones expuestas, se puede asumir una tensión admisible de 2,00 kg/cm<sup>2</sup> y unos asientos no superiores a 25 mm.

Se considera una solución válida ante la presencia del relleno antrópico, ya que se trabaja con espesores y cargas pequeñas.

### 3. Retirada al vertedero y reutilización

---

El volumen de tierra extraído se transporta al Vertedero del Alto de Enekuri, Erandio, situado a 8 km de la ubicación de la obra. Se trata de vertedero más cercano según la lista del Gobierno Vasco de vertederos autorizados para recibir residuos inertes de construcción.

Se deberá contemplar la posibilidad de reutilizar el terreno, si este fuese necesario, en el caso de que la excavación corresponda a depósitos aluviales, clasificados como tolerables o marginales según el PG-3, mediante estabilizaciones con cemento o cal, ya que supone tanto un beneficio económico como medioambiental.

## Anejo 05. Cálculo Estructural

## Índice

---

1.	Introducción .....	89
2.	Datos de la obra .....	89
2.1	Descripción de la nave .....	89
2.2	Legislación aplicable.....	90
2.3	Estados limite .....	90
2.3.1	Situaciones de proyecto .....	90
2.3.2	Combinaciones.....	91
3.	Materiales .....	93
3.1	Acero estructural.....	93
3.2	Acero en barras .....	93
3.3	Hormigón estructural.....	93
3.3.1	Recubrimiento.....	94
3.4	Hormigón de limpieza .....	95
4.	Elementos estructurales.....	96
5.	Acciones en la edificación .....	97
5.1.1	Acciones permanentes.....	97
5.1.2	Paneles solares.....	97
5.1.3	Cerramientos.....	97
5.1.4	Correas .....	98
5.2	Sobrecarga de uso.....	98
5.3	Sobrecarga de nieve.....	98
5.4	Sobrecarga de viento .....	99
5.4.1	Presión dinámica del viento .....	100
5.4.2	Coeficiente de exposición .....	100
5.4.3	Coeficiente eólico o de presión.....	101
5.4.4	Resumen de hipótesis .....	107
5.4.5	Conclusión de resultados .....	110
6.	Estructura.....	111
6.1	Características de la estructura.....	111
6.2	Barras .....	111
6.2.1	Características mecánicas .....	111
6.3	Resumen de la medición .....	112

6.4	Comprobación de las barras a ELU.....	112
6.4.1	Comprobación manual a ELU .....	150
6.5	Uniones .....	154
6.5.1	Uniones soldadas .....	154
6.5.2	Referencias y simbología.....	155
6.5.3	Comprobaciones en placas de anclaje .....	157
6.5.4	Memoria de cálculo.....	158
7.	Cimentaciones.....	183
7.1	Uniones .....	183
7.2	Elementos de cimentación.....	183
7.2.1	Armado.....	184
7.3	Cálculos .....	185
7.3.1	Cálculo manual de la losa .....	185

## 1. Introducción

---

Los cálculos estructurales de la nave de almacenamiento se han realizado siguiendo la normativa del Código Técnico de la Edificación, y la cimentación según la norma EHE-08 para hormigones.

## 2. Datos de la obra

---

### 2.1 Descripción de la nave

La nave está proyectada a base de pórticos metálicos simétricos a dos aguas, 7 pórticos biemprotrados en total con un vano de 5 metros entre medias y luces de 14 metros. Se han utilizado perfiles laminados de distinto tipo, en función del elemento estructural. Las uniones de los pórticos irán atornilladas, salvo en los arrostros que irán soldados. La unión a la cimentación se realizará con placas soldadas.

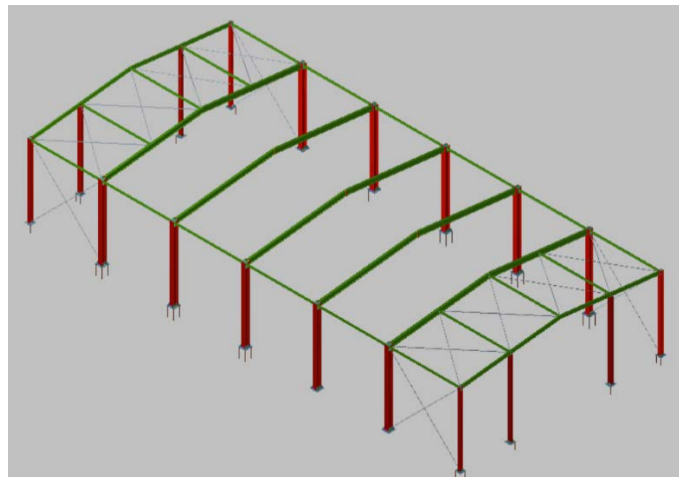


Figura 5.1. Vista 3D de la estructura de la nave

En cuanto al cerramiento, la cubierta se ha proyectado a partir de paneles sándwich anclados a la estructura mediante correas. Las correas serán de acero conformado y perfil Z, con rigidizadores, la separación es de 1,5 m en la cubierta y cada 1,5 m en la parte inferior. El cerramiento lateral tiene dos niveles; un muro de 2 metros a partir de bloques prefabricados de hormigón, y en la parte superior hasta la unión con la cubierta, paneles sándwich.

El acceso al almacén se realizará a través de dos puertas para peatones, una primera en un lateral de la nave y la segunda en el hastial de acceso a la ría, para salir y entrar con el aparataje deportivo. Además, se han diseñado varios lucernarios para aportar luz natural al espacio.

Las instalaciones disponen de dos vestuarios, una zona de entrada con una cabina de control y el almacén de material, así como una zona exterior de limpieza.

Dimensiones características de la nave:

Longitud de la nave	30m
Luz máxima entre los pilares del pórtico	14m
Distancia entre pórticos	5m
Altura de la cumbrera	5,8m
Pendiente de la cubierta	11,40%
Superficie de la nave	420 m <sup>2</sup>

Tabla 5.1. Dimensiones de la nave

## 2.2 Legislación aplicable

Se han tenido en cuenta los siguientes documentos normativos a la hora de realizar los cálculos estructurales y el diseño de la estructura de la nave:

- Cimentación: CTE DB SE-C / EHE 08
- Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A
- Hormigón EHE 08

## 2.3 Estados límite

### 2.3.1 Situaciones de proyecto

La combinación de acciones, para las diversas situaciones de proyecto, se define de acuerdo a los criterios siguientes:

- Con coeficientes de combinación
- Sin coeficientes de combinación

Definiendo algunos parámetros:

$G_k$	acción permanente
$P_k$	acción de pretensado
$Q_k$	acción variable
$\gamma_G$	coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
$\gamma_p$	coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$	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

Tabla 5.2. Parámetros utilizados en los cálculos

Para cada situación de proyecto y estado límite, los coeficientes aplicados son los siguientes:

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
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 5.3. *E.L.U de rotura*. Acero laminado. Fuente: CTE DB SE-A

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
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 5.4. *E.L.U de rotura*. Acero laminado. Fuente: CTE DB SE-A

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
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 5.5. *Desplazamientos*. Fuente: CTE DB SE-A

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
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 5.5. *Desplazamientos*. Fuente: CTE DB SE-A

### 2.3.2 Combinaciones

Se han realizado todas las combinaciones de hipótesis entre los distintos esfuerzos, así como las comprobaciones a ELU en acero como hormigón.

Las combinaciones utilizadas para los cálculos estructurales de la nave:

PP	Peso propio
CM 1 (peso correas)	Peso correas sobre pórticos
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 presión interior
V(90°)H2	Viento a 90, presión exterior tipo 1 succión interior
V(90°)H3	Viento a 90, presión exterior tipo 2 presión interior
V(90°)H4	Viento a 90, presión exterior tipo 2 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
N(EI)	Nieve (estado inicial)
N(R) 1	Nieve (redistribución) 1

Tabla 5.6. *Combinaciones de hipótesis*



### 3. Materiales

#### 3.1 Acero estructural

Para los perfiles laminados en caliente se utiliza acero estructural S275, su resistencia característica es de  $f_{yk}=275 \text{ N/mm}^2$ . Para la resistencia del cálculo se aplica el coeficiente de seguridad que se recoge en el documento DB-SE-A del CTE:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{Y_M} = \frac{275}{1,05} = 261,9 \text{ MPa}$$

Para los perfiles de las correas de acero conformado en frío se utiliza acero estructural S235, la resistencia característica es de  $f_{yk}=235 \text{ N/mm}^2$ . La resistencia de cálculo:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{Y_M} = \frac{235}{1,05} = 223,8 \text{ MPa}$$

El módulo de elasticidad del acero es  $E=210000 \text{ N/mm}^2$

#### 3.2 Acero en barras

Las barras de acero del hormigón armado empleado en la cimentación son de acero B500S, su resistencia característica es de  $f_{yk}=500 \text{ N/mm}^2$ . Para la resistencia del cálculo se aplica el coeficiente de seguridad de acero en barras que se recoge en el EHE-08:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{Y_s} = \frac{500}{1,05} = 434,78 \text{ MPa}$$

El módulo de elasticidad de este acero es  $E=200000 \text{ N/mm}^2$ .

#### 3.3 Hormigón estructural

En la cimentación superficial mediante losa, el hormigón armado que se emplea debe ser resistente a la agresividad química del terreno y cualquier otro agente que potencie el deterioro.

La información recogida en el anejo geotécnico permite caracterizar el terreno de la obra y clasificarlo dentro de un ambiente de acuerdo a lo establecido en el EHE-08. La exposición general de las armaduras de la cimentación a la corrosión se clasifica como IIa (humedad alta) y la exposición específica como Q<sub>A</sub> (agresividad baja).

En función del ambiente el EHE-08 recomienda la resistencia característica del hormigón a utilizar.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	CLASE DE EXPOSICIÓN												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	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 <sup>2</sup> )	pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

Tabla 5.7. Resistencia mínima recomendada en función de los requisitos de durabilidad. Fuente: EHE-08

La resistencia mínima exigida al hormigón ronda ente los 25 y 30 N/mm<sup>2</sup>. La resistencia de cálculo del hormigón en una situación persistente o transitoria según el EHE-08:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{Y_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

La consistencia exigida para el hormigón destinado a la edificación es Blanda. El tamaño del árido empleado puede variar hasta los 40 mm, para garantizar una buena trabajabilidad del hormigón será como máximo de 20 mm. La designación del hormigón seleccionado: HA-30/B/20/IIa+Q<sub>A</sub>.

Para los bloques prefabricados de hormigón, del murete del cerramiento lateral, se opta por un HA-25.

### 3.3.1 Recubrimiento

A continuación, se determina los recubrimientos del hormigón en cada una de las direcciones de cimentación.

El recubrimiento de hormigón engloba la distancia entre la superficie exterior de la armadura y la superficie del hormigón más cercana. El recubrimiento mínimo debe cumplirse en todos los puntos de la armadura pasiva, para garantizarlo la norma prescribe un recubrimiento nominal:

$$r_{nom} = r_{mín} + \Delta_r$$

$\Delta_r$ . Se adopta un valor de 10 mm para el margen de recubrimiento, al no poderse asegurar un nivel de control intenso en la ejecución.

Los valores de recubrimiento mínimo según la normativa EHE-08:

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Vida útil de proyecto (t <sub>g</sub> ), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Tabla 5.8. Recubrimiento mínimo para clases generales de exposición I y II. Fuente: EHE-08

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Vida útil de proyecto (t <sub>g</sub> ), (años)	
			50	100
H	CEM III	25 ≤ f <sub>ck</sub> < 40	25	50
		f <sub>ck</sub> ≥ 40	15	25
	Otros tipos de cemento	25 ≤ f <sub>ck</sub> < 40	20	35
		f <sub>ck</sub> ≥ 40	10	20
F	CEM I I/A-D	25 ≤ f <sub>ck</sub> < 40	25	50
		f <sub>ck</sub> ≥ 40	15	35
	CEM III	25 ≤ f <sub>ck</sub> < 40	40	75
		f <sub>ck</sub> ≥ 40	20	40
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	25 ≤ f <sub>ck</sub> < 40	20	40
		f <sub>ck</sub> ≥ 40	10	20
E <sup>(1)</sup>	Cualquiera	25 ≤ f <sub>ck</sub> < 40	40	80
		f <sub>ck</sub> ≥ 40	20	35
Qa	CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsílíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	-	40	55
	Resto de cementos utilizables	-	*	*
Qb, Qc	Cualquiera	-	(2)	(2)

Tabla 5.9. Recubrimiento mínimo para clases específicas de exposición. Fuente: EHE-08

Recubrimiento nominal en base al valor más restrictivo:

$$r_{nom} = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$$

### 3.4 Hormigón de limpieza

Se debe disponer una solera de asiento previa a la ejecución de la losa, con el fin de evitar el contacto directo del hormigón de la cimentación con el terreno. El Código Técnico de la Edificación establece un espesor mínimo de 10 cm para la capa de hormigón de limpieza.

El objetivo es impedir la pérdida de agua del hormigón estructural durante el vertido así como su contaminación durante las primeras horas de hormigonado. La norma indica una única tipología de hormigón para este uso HL-150/B/20.

## 4. Elementos estructurales

La nave tiene una luz de 14 metros, al ser este un valor bajo y como en la cubierta no se va a desarrollar ninguna actividad, se ha diseñado una nave a dos aguas con una separación entre pórticos de 5 m.



Figura 5.2. Separación entre pórticos

Se utiliza una viga perimetral de atado para unir los pórticos interiores. La viga ira arriostrada mediante cruces de San Andrés en los primeros vanos, para evitar la traslacionalidad de los pilares en el plano de la fachada lateral.

Las fachadas frontales difieren de las interiores. Se han dispuesto 2 pilares intermedios con 7 metros de separación, empotrados en la base y apoyados en la cabeza, con el fin de mejorar la absorción de las acciones del viento frontal. Asimismo, para asegurar el apoyo de los pilares del pórtico de la fachada, se dispone una viga contraviento con combinación de mallas Warren, entre los dos primeros pórticos.

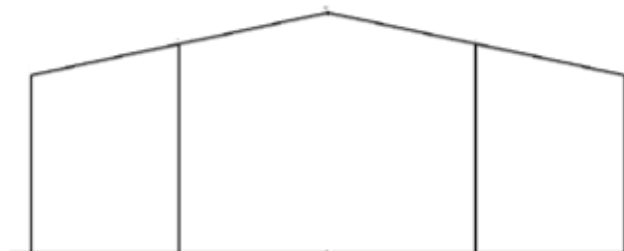


Figura 5.3. Pórtico tipo fachada frontal

El esquema estructural de la nave de proyecto:

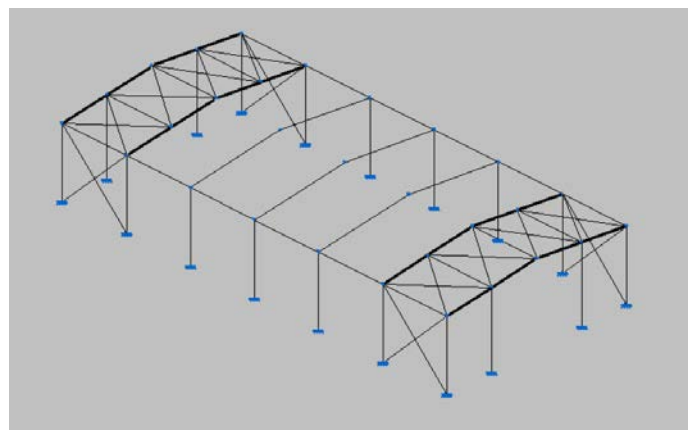


Figura 5.4. Esquema estructural 3D de la nave

## 5. Acciones en la edificación

Las cargas que se han tenido en cuenta para el dimensionamiento de la estructura:

- Cargas permanentes del peso propio de los elementos
- Variables de sobrecarga de uso
- Acción del viento
- Nieve

Para el cálculo de todas ellas se ha aplicado el Documento Básico de Seguridad Estructural- Acciones en la edificación, recogido en el Código Técnico de la Edificación.

Las acciones sísmicas no se han tenido en cuenta como se explica en el Anejo Geotécnico por ser una zona de riesgo sísmico bajo y un edificio de moderada importancia.

### 5.1.1 Acciones permanentes

Las acciones permanentes que afectan a la estructura, además de los perfiles estructurales, recogen la carga de las correas, los paneles sándwich de la cubierta y los paneles solares.

Elemento	Carga
Perfiles estructurales	Depende del elemento estructural
Correas conformadas Z (cubierta)	0,038 kN/m <sup>2</sup>
Panel sándwich	0,10 kN/m <sup>2</sup>
Cubierta fotovoltaica	0,122 kN/m <sup>2</sup>

Tabla 5.10. Cargas de peso propio en la nave

### 5.1.2 Paneles solares

Se tendrá en cuenta el peso de los módulos fotovoltaicos para las acciones permanentes.

Cada módulo pesa 25kg, se van a colocar 205 sobre una superficie de 420 m<sup>2</sup> aproximadamente, luego:

$$G_{k,\text{paneles}} = 0,122 \text{ kN/m}^2$$

### 5.1.3 Cerramientos

El cerramiento lateral de la nave se realiza mediante bloques prefabricados de hormigón apoyados sobre el suelo y una segunda parte de paneles sándwich, se ha decidido que no se tendrá en cuenta en el cálculo estructural.

El cerramiento de la cubierta se ejecutara con paneles sándwich de 30 mm de espesor, con un peso de 0,086 kN/m<sup>2</sup>. Se va a redondear el peso a 0,10 kN/m<sup>2</sup> para tener en cuenta el peso de la tornillería y demás accesorios de montaje.

$$G_{k,\text{cub}} = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

### 5.1.4 Correas

Se han considerado también las cargas de los perfiles de las correas, teniendo en cuenta que la zona de influencia de la correa es de 1,5 metros. Se obtiene la carga por m<sup>2</sup> a partir de la carga por metro lineal:

$$G_{k,correa} = 5,71 \text{ kg/ml} : 1,5\text{m} = 0,038 \text{ KN/m}^2$$

## 5.2 Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso engloba todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. El CTE no recoge los valores de la sobrecarga de uso debida a los materiales del almacén, deben determinarse de acuerdo a los con los valores del suministrador o las exigencias de la propiedad. La sobrecarga se simplifica como una carga uniformemente distribuida según:

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	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 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 5.11. Valores característicos de la sobrecarga de uso. Fuente: CTE-DB-SE-AE

La cubierta de la nave se clasifica como G, subcategoría G1 “cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado)”, lo que supone una sobrecarga uniforme de 0,4 KN/m<sup>2</sup>.

## 5.3 Sobrecarga de nieve

La distribución e intensidad de la carga sobre un edificio o su cubierta dependerá; del clima, el tipo de precipitación, el relieve del entorno o la forma de la cubierta entre otros.

La siguiente fórmula permite calcular el valor de la carga de nieve por unidad de superficie, en proyección horizontal:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

Siendo:

$\mu$ : Coeficiente de forma de la cubierta. Tiene en consideración el efecto del viento que puede seguir o acompañar a las nevadas.

En faldones en los que no hay impedimento para el deslizamiento de la nieve y su inclinación es igual o menor a 30 grados, se toma como coeficiente de forma la unidad  $\mu = 1$ .

$S_k$ : Valor característico de la carga de nieve de un terreno horizontal, en función de la zona climática y la altitud.

Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,6	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,7	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	550	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	0	0,5
Ciudad Real	640	0,2	Orense / Ourense	130	0,2	Valencia/València	690	0,2
Córdoba	100	0,6	Oviedo	230	0,4	Valladolid	520	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	650	0,7
Cuenca	0	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	210	0,4
Gerona / Girona	1.010	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	0	0,5
Granada	70	0,4	Pamplona/Iruña	450	0,2	Ceuta y Melilla	0	0,2
	690	0,5			0,7			

Tabla 5.12. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas. Fuente: CTE DB SE-AE

Dado que la nave se va a edificar en la ciudad de Bilbao, como indica la tabla, su carga característica es de 0,3 KN/m<sup>2</sup>.

Luego una vez obtenidos estos valores, la sobrecarga de nieve será:

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

## 5.4 Sobrecarga de viento

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio 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 y de la intensidad del viento.

Es una fuerza perpendicular a la superficie del punto expuesto, y se expresa como:

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

Siendo:

$q_b$ : presión dinámica del viento

$c_e$ : el coeficiente de exposición

$c_p$ : el coeficiente eólico o de presión

A continuación, se procederá a calcular las diferentes hipótesis de carga.

### 5.4.1 Presión dinámica del viento

Su valor varía en función del emplazamiento geográfico de la obra. Se distinguen tres zonas en el mapa: A, B y C siendo los valores de la presión dinámica de  $0,42 \text{ KN/m}^2$ ,  $0,45 \text{ KN/m}^2$  y  $0,52 \text{ KN/m}^2$  respectivamente.

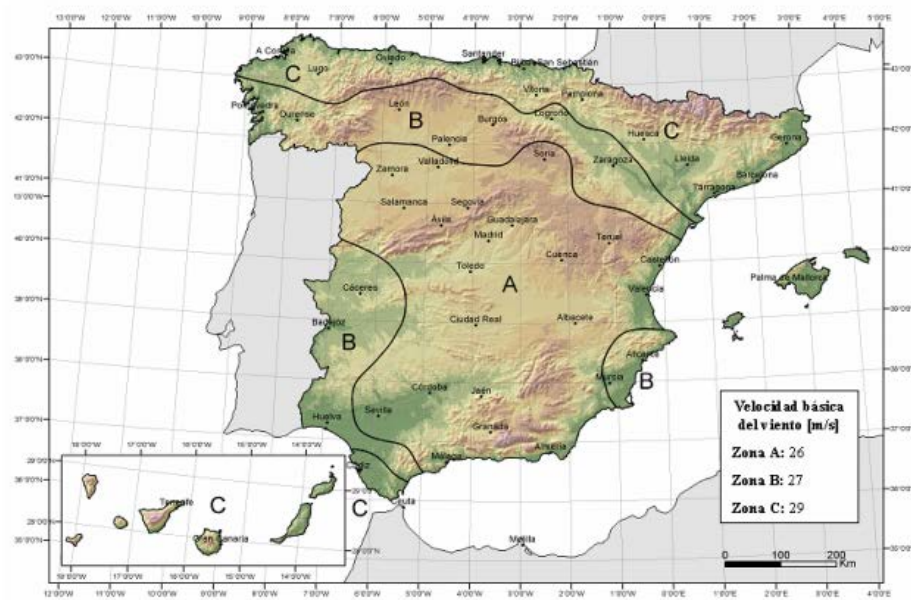


Figura 5.5 Valor básico de la velocidad del viento. Fuente: CTE-DB-SE-AE

La nave se sitúa en la provincia de Bizkaia, concretamente en el municipio de Bilbao, que se encuentra en la zona C. Luego el valor de la presión dinámica del viento es:

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

### 5.4.2 Coeficiente de exposición

Tiene en cuenta los efectos de las turbulencias debidas al relieve y la topografía del terreno, a través del grado de aspereza. Varía en función de la altura del punto considerado. Se calculará su valor a través de 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
<b>IV Zona urbana en general, industrial o forestal</b>	<b>1,3</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>1,9</b>	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	<b>2,4</b>	<b>2,6</b>
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 5.13. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$ . Fuente: CTE-DB-SE-AE

El grado de aspereza del entorno de la obra es el IV “zona urbana en general, industrial o forestal”.



Usando este dato y la altura del punto considerado, se calculará el coeficiente de exposición para el centro de gravedad de; huecos, cubierta y parámetros verticales.

	Altura del punto (m)	$C_e$
Huecos (centro gravedad)	1,15	1,3
Cubierta (centro gravedad)	5,4	1,38
Parámetro vertical	2,5	1,3

Tabla 5.14. *Altura y coeficiente de exposición  $c_e$*

Para obtener un valor más exacto del coeficiente de exposición, se ha interpolado en función de la altura del punto de estudio para trabajar con valores más precisos. El centro de gravedad de los parámetros verticales y los huecos, tienen una altura menor que el valor mínimo de la tabla, por lo que adoptarán el coeficiente de exposición de la altura más pequeña de la tabla.

### 5.4.3 Coeficiente eólico o de presión

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

#### Coeficiente eólico interno

Si el edificio presenta grandes huecos la acción de viento genera presiones en el interior, además de en el exterior, que después de su cálculo se suman.

Se deberán calcular las dos peores situaciones posibles para cada sentido del viento, la que produce en el interior; la mayor sobrepresión y la que genera mayor succión.

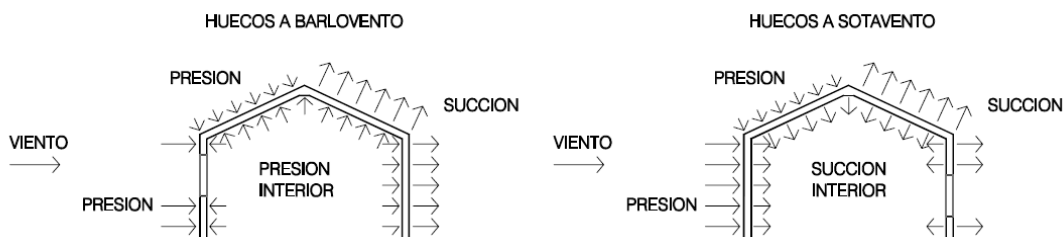


Figura 5.6. *Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana. Fuente: CTE-DB-SE-AE*

Para el cálculo del coeficiente de presión interior se utilizará la siguiente tabla:

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	
$\leq 1$	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	
$\geq 4$	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	

Tabla 5.15. *Coeficientes de presión interior. Fuente: CTE-DB-SE-AE*

Primero se deberá calcular la esbeltez en cada plano de la nave en función la dirección del viento. La esbeltez se obtiene dividiendo la máxima altura a superar por el viento entre la distancia horizontal.

En esta edificación si el viento sopla por los laterales tendrá que recorrer 14 metros y 5,8 metros de altura, siendo la esbeltez de este plano  $5/14 = 0,36 \leq 1$ . Si el viento sopla por los hastiales deberá recorrer la longitud de la nave; 31 metros y 5,8 metros de altura, luego la esbeltez sería  $5,8/31 = 0,19 \leq 1$ .

Se utilizarán los valores de la primera fila de la tabla anterior, ya que la esbeltez es menor a uno en ambos planos, con este dato y el área de huecos en las zonas de succión en las situaciones más desfavorables, se tiene el valor del coeficiente de presión interior.

La máxima presión interior se produce cuando todos los huecos a barlovento están abiertos, el área de huecos en zonas de succión en esta situación es 0,0, yendo a la tabla:

$$c_{pi} \text{ presión} = 0,7$$

La máxima succión se produce cuando todos los huecos a sotavento están abiertos, luego el área de huecos en zona de succión es 1,0, yendo a la tabla:

$$c_{pi} \text{ succión} = -0,5$$

Las cargas debidas al viento, serán

$$\text{Presión } q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,7 = 0,473 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Succión } q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,5) = -0,338 \text{ KN/m}^2$$

### Coefficiente eólico externo

Dependerá de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, la posición del elemento considerado y su área de influencia. Para su cálculo se deberá diferenciar entre los parámetros verticales como son los laterales y hastiales, y la cubierta.

#### 1. Parámetros verticales

##### Viento transversal ( $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ )

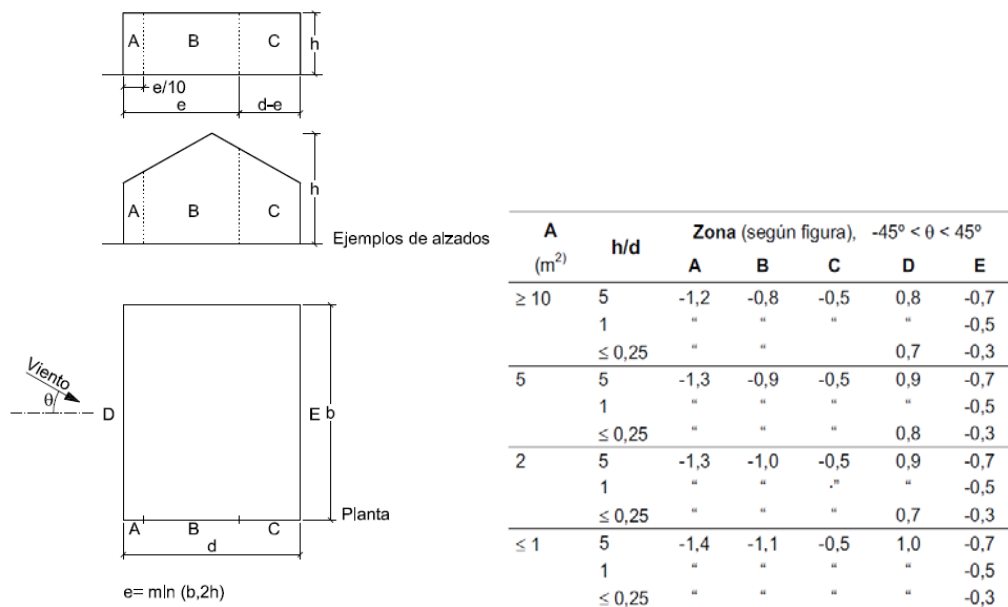


Figura 5.7. Coeficiente eólico externo parámetros verticales. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Valores de los parámetros y áreas de cada zona:

- $e = \min(31, 2 \times 5,8) = 11,6 \text{ m}$
- $h/d = 5,8/14 = 0,41$

- $A=(11,6/10) \times 5,8= 6,728 \text{ m}^2$
- $B=(11,6-(11,6/10)) \times 5,8= 60,552 \text{ m}^2$
- $C= (14-11,6) \times 5,8= 13,92 \text{ m}^2$
- $D=E= 31 \times 5,8= 179,8 \text{ m}^2$

Coefficiente de cada zona, interpolando en la zona A, D y E:

A	B	C	D	E
-1,27	-0,8	-0,5	0,72	-0,34

Tabla 5.16. Valor del coeficiente de cada zona para viento transversal

Se ponderaran los valores de la zona A,B,C para obtener el valor del coeficiente de la fachada ABC:

$$C_{pe,ABC} = \frac{-1,27 \times 6,728 - 0,8 \times 60,552 - 0,5 \times 13,92}{6,728 + 60,552 + 13,92} = -0,79$$

Las cargas debidas al viento en el parámetro vertical, en dirección transversal, serán:

$$\text{Fachada trasera/delanteras } q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,79) = -0,534 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada izquierda } q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,72 = 0,487 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Fachada derecha } q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,34) = -0,229 \text{ KN/m}^2$$

### Viento longitudinal (-45° ≤ 0 ≤ 135°)

Valores de los parámetros y áreas de cada zona:

- $e = \min(14, 2 \times 5) = 10 \text{ m}$
- $h/d = 5/31 = 0,16$
- $A = (10/10) \times 5 = 5 \text{ m}^2$
- $B = (10 - (10/10)) \times 5 = 45 \text{ m}^2$
- $C = (14 - 10) \times 5 = 20 \text{ m}^2$
- $D = E = 31 \times 5 = 155 \text{ m}^2$

Coefficiente de cada zona:

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

Tabla 5.17. Valor del coeficiente de cada zona para viento longitudinal

Se ponderaran los valores de la zona A,B,C para obtener el valor del coeficiente de la fachada ABC:

$$C_{pe,ABC} = \frac{-1,3 \times 5 - 0,8 \times 45 - 0,5 \times 20}{5 + 45 + 20} = -0,75$$

Las cargas debidas al viento en el parámetro vertical, en dirección longitudinal, serán:

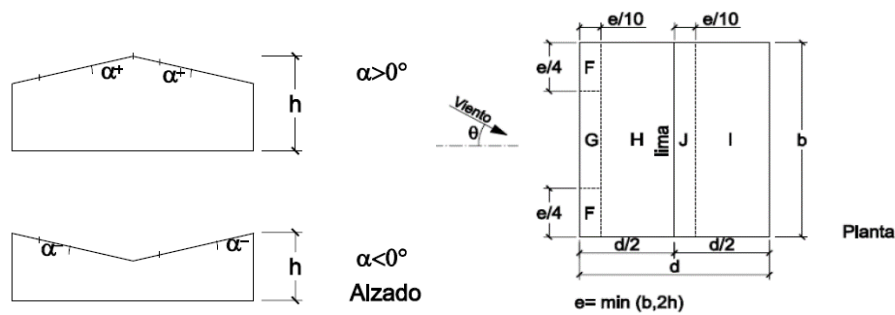
Fachada izquierda/derecha  $q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,75) = -0,507 \text{ KN/m}^2$

Fachada trasera  $q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,7 = 0,473 \text{ KN/m}^2$

Fachada delantera  $q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,3) = -0,203 \text{ KN/m}^2$

## 2. Cubierta

### Viento transversal ( $-45^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$ )



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	$\geq 10$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	$\leq 1$	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	$\geq 10$	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	$\leq 1$	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	$\geq 10$	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	$\leq 1$	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	$\geq 10$	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	$\leq 1$	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
5°	$\geq 10$	-1,7	-1,2	-0,6	0,2	0,2
	$\leq 1$	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	$\geq 10$	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	$\leq 1$	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	$\geq 10$	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	$\leq 1$	0,7	0,7	0,4	0	0

Tabla 5.8. Coeficiente eólico cubierta, viento dirección transversal. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Valores de los parámetros y áreas de cada zona:

- $e = \min(31, 2 \times 5,8) = 11,6 \text{ m}$
- Pendiente de la cubierta =  $6,5^\circ$
- $F = ((11,6/10) \times 2,9) \times 2 = 6,72 \text{ m}^2$
- $G = (11,6/10) \times 25,2 = 29,232 \text{ m}^2$
- $H = 5,84 \times 31 = 181,04 \text{ m}^2$
- $I = 5,84 \times 31 = 181,04 \text{ m}^2$

- $J=1,16 \times 31 = 35,96 \text{ m}^2$

Se supondrá que la zona F tiene una superficie mayor a  $10 \text{ m}^2$ , y que la pendiente de la cubierta es de  $5^\circ$ , para simplificar los cálculos.

Se ponderaran los valores obtenidos de la tabla anterior, para calcular los coeficientes de cada tramo de cubierta. En este caso se trabaja con dos hipótesis diferentes:

$$c_{pe \text{ izq } 1} = \frac{-1,7 \times 6,72 - 1,2 \times 29,232 - 0,6 \times 181,04}{216,992} = -0,71$$

$$c_{pe \text{ izq } 2} = 0$$

$$c_{pe \text{ dch } 1} = 0,2$$

$$c_{pe \text{ dch } 2} = -0,6$$

Recogiendo los valores:

FGH	IJ
-0,71	0,2
0	-0,6

Tabla 5.17. Valor del coeficiente de presión exterior, cubierta

Las cargas debidas al viento, en dirección transversal, en la cubierta serán:

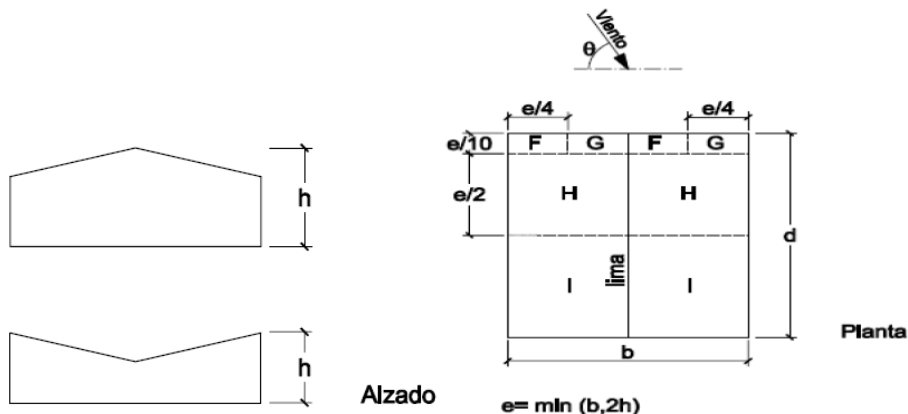
$$\text{Cubierta izquierda 1 } q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,71) = -0,509 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Cubierta izquierda 2 } q_e = 0$$

$$\text{Cubierta derecha 1 } q_e = 0,52 \times 1,38 \times 0,2 = 0,144 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{Cubierta derecha 2 } q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,6) = -0,431 \text{ KN/m}^2$$

### Viento longitudinal ( $-45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$ )



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	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 5.18. Coeficiente eólico cubierta, viento longitudinal. Fuente: CTE-DB-SE-AE

Valores de los parámetros y áreas de cada zona:

- $e = \min(31, 2 \times 5,8) = 11,6 \text{ m}$
- Pendiente de la cubierta =  $6,5^\circ$
- $F = (11,6/10) \times 2,9 = 3,36 \text{ m}^2$
- $G = (11,6/10) \times 4,1 = 4,756 \text{ m}^2$
- $H = (11,6/2) \times 7 = 40,6 \text{ m}^2$
- $J = 24,04 \times 7 = 168,28 \text{ m}^2$

Para la zona F y G se interpolaran los valores de la tabla, y se supondrá que la pendiente de la cubierta es de  $5^\circ$ , para simplificar los cálculos.

Se ponderaran los valores obtenidos de la tabla anterior, para calcular los coeficientes de cada tramo de cubierta. En este caso como el lado izquierdo y el derecho son simétricos, su coeficiente será el mismo:

$$c_{pe \text{ izq}} = \frac{-2,04 \times 3,36 - 1,82 \times 4,756 - 0,7 \times 40,6 - 0,6 \times 168,28}{216,996} = -0,67$$

$$c_{pe \text{ dch}} = -0,67$$

Recogiendo los valores:

FGHI
-0,67

Tabla 5.19. Valor del coeficiente de presión exterior, cubierta

Las cargas debidas al viento, en dirección longitudinal, en la cubierta serán:

Cubierta izquierda y derecha  $q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,67) = -0,481 \text{ KN/m}^2$

### 5.4.4 Resumen de hipótesis

#### 1. Viento transversal y presión interior

##### Presión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,7 \times 5 = 2,365 \text{ KN/m}$$

##### Parámetros verticales

$$\text{Fachada trasera/delanteras } q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,79) \times 5 = -2,67 \text{ KN/m}$$

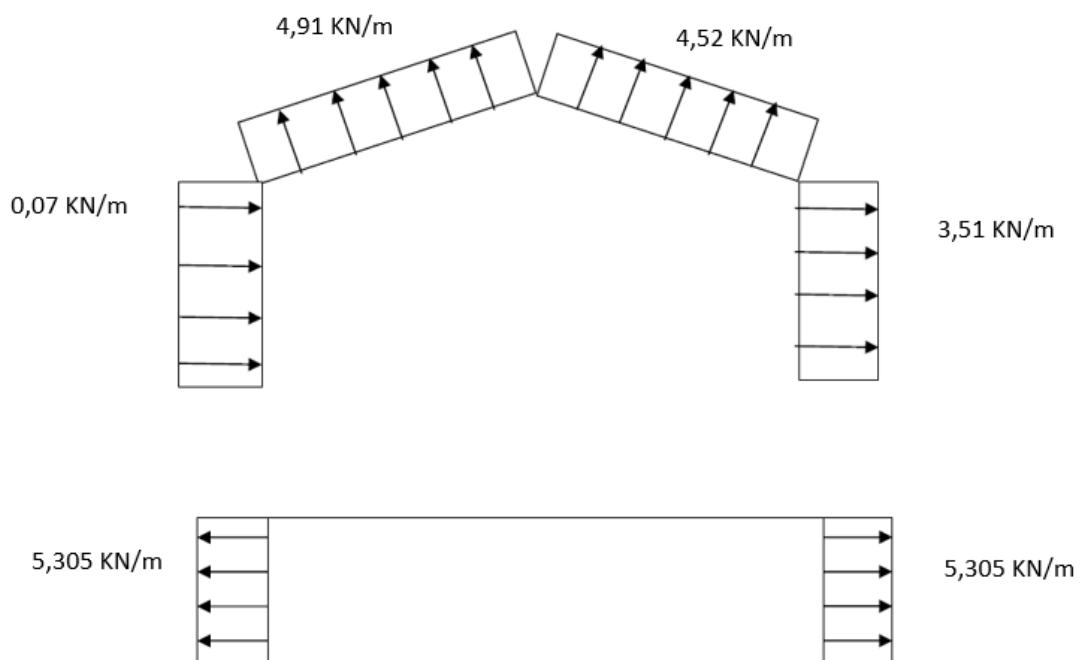
$$\text{Fachada izquierda } q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,72 \times 5 = 2,435 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada derecha } q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,34) = -1,145 \text{ KN/m}$$

##### Cubierta

$$\text{Cubierta derecha } 2 q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,6) \times 5 = -2,155 \text{ KN/m}$$

$$\text{Cubierta izquierda } 1 q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,71) = -2,545 \text{ KN/m}$$



#### 2. Viento transversal y succión

##### Succión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,5) \times 5 = 1,69 \text{ KN/m}$$

##### Parámetros verticales

$$\text{Fachada trasera/delanteras } q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,79) \times 5 = -2,67 \text{ KN/m}$$

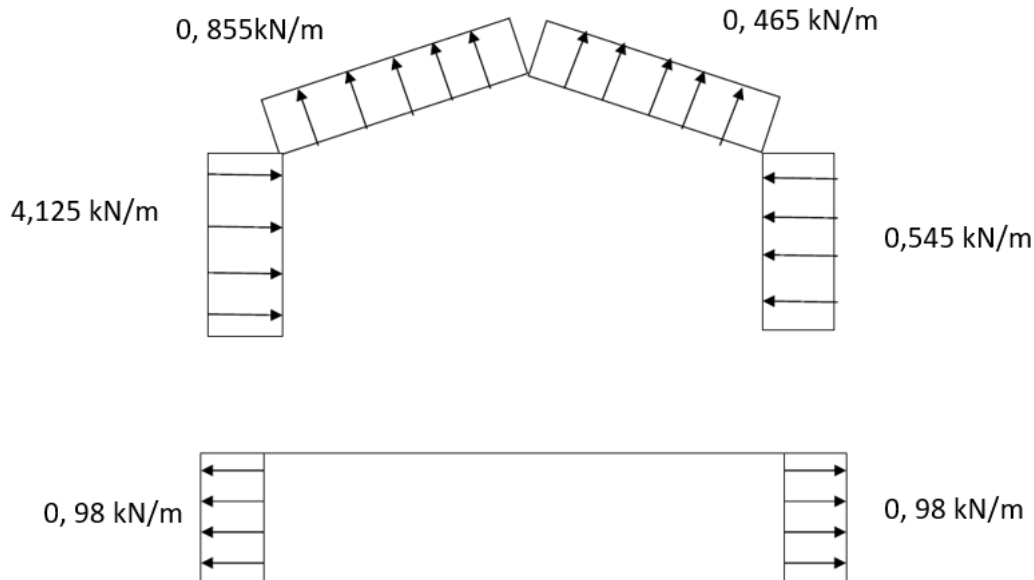
$$\text{Fachada izquierda } q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,72 \times 5 = 2,435 \text{ KN/m}$$

Fachada derecha  $q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,34) \times 5 = -1,145 \text{ KN/m}$

### Cubierta

Cubierta derecha 2  $q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,6) \times 5 = -2,155 \text{ KN/m}$

Cubierta izquierda 1  $q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,71) \times 5 = -2,545 \text{ KN/m}$



### 3. Viento longitudinal y presión interior

#### Presión interior

$q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,7 \times 5 = 2,365 \text{ KN/m}$

#### Parámetros verticales

Fachada izquierda/derecha  $q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,75) \times 5 = -2,535 \text{ KN/m}$

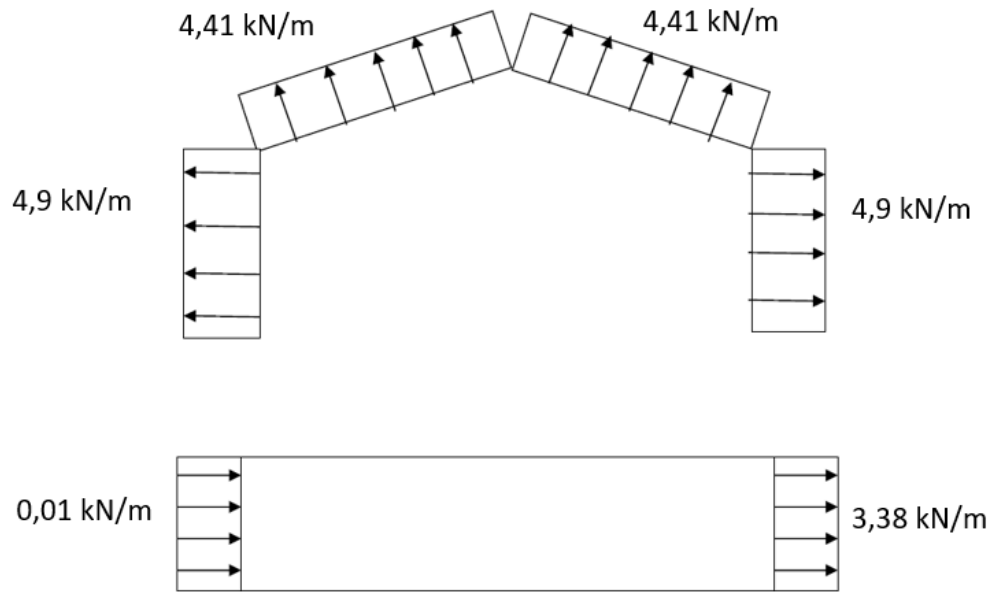
Fachada trasera  $q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,7 \times 5 = 2,365 \text{ KN/m}$

Fachada delantera  $q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,3) \times 5 = -1,015 \text{ KN/m}$

### Cubierta

$q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,67) \times 5 = -2,405 \text{ KN/m}$





#### 4. Viento longitudinal y succión

##### Succión interior

$$q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,5) \times 5 = 1,69 \text{ KN/m}$$

##### Parámetros verticales

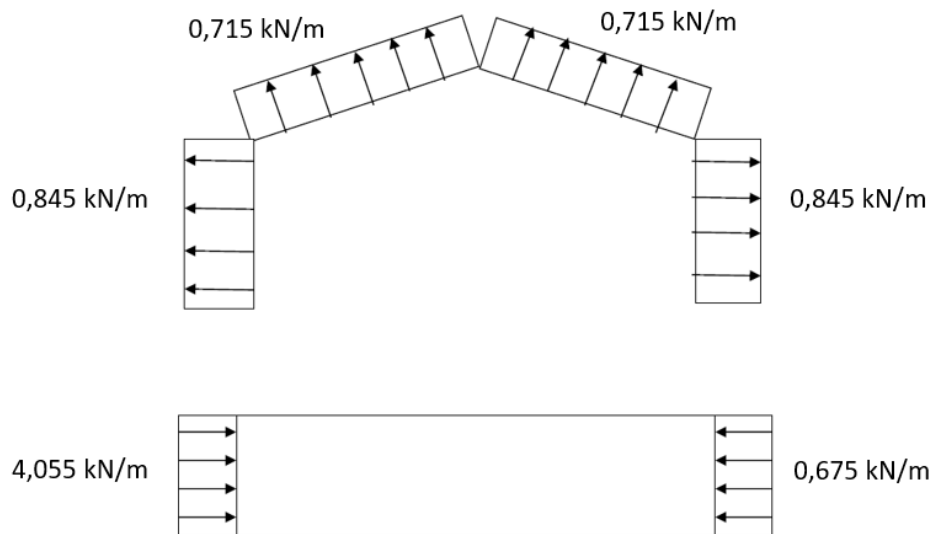
$$\text{Fachada izquierda/derecha } q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,75) \times 5 = -2,535 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada trasera } q_e = 0,52 \times 1,3 \times 0,7 \times 5 = 2,365 \text{ KN/m}$$

$$\text{Fachada delantera } q_e = 0,52 \times 1,3 \times (-0,3) \times 5 = -1,015 \text{ KN/m}$$

##### Cubierta

$$q_e = 0,52 \times 1,38 \times (-0,67) \times 5 = -2,405 \text{ KN/m}$$



#### 5.4.5 Conclusión de resultados

A continuación una breve comparación entre los valores calculados a mano y los obtenidos con el subprograma de generador de pórticos del programa informático CYPE.

Se ha seleccionado una de las situaciones más desfavorables; viento longitudinal y presión interior:

	Calculo manual	Programa	Error
Pilar	4,9 kN/m	5,505 KN/m	10,9%
Cubierta	4,41 KN/m	4,66 KN/m	5,36%

Tabla 5.20. Conclusiones Resultados

Las volares de error se encuentran dentro del intervalo optimo; del 10% al 15%. El programa es más exacto y trabaja con un mayor margen de seguridad.

## 6. Estructura

A continuación se mostraran todos los datos recogido en el programa CYPE para el cálculo de la estructura.

### 6.1 Características de la estructura

La nave se ha realizado mediante perfiles metálicos laminados y armados. A continuación se adjunta una tabla con las características del acero utilizado:

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

Tabla 5.21. Metal utilizado

### 6.2 Barras

#### 6.2.1 Características mecánicas

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

Tabla 5.22. Referencia de cada nudo de la nave

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm <sup>2</sup> )	A <sub>vy</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>vz</sub> (cm <sup>2</sup> )	I <sub>yy</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>zz</sub> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> (cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	HE 140 B, (HEB)	43.00	25.20	7.31	1509.00	549.70	20.06
		2	IPE 140, (IPE)	16.40	7.56	5.34	541.00	44.90	2.45
		3	HE 180 B, (HEB)	65.30	37.80	11.63	3831.00	1363.00	42.16
		4	IPE 270, (IPE)	45.90	20.66	14.83	5790.00	420.00	15.90
		5	IPE 100, (IPE)	10.30	4.70	3.27	171.00	15.90	1.20
		6	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<sub>vy</sub></i> : Área de cortante de la sección según el eje local 'Y' <i>A<sub>vz</sub></i> : Área de cortante de la sección según el eje local 'Z' <i>I<sub>yy</sub></i> : Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y' <i>I<sub>zz</sub></i> : Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z' <i>I<sub>t</sub></i> : Inercia a torsión Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.									

Tabla 5.23. Características mecánicas de los perfiles utilizados en la nave

### 6.3 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 140 B	41.600	91.600		0.179	0.505		1404.21	3967.23	
			HE 180 B	50.000			0.327			2563.02		
			IPE 140	28.182			0.046			362.82		
			IPE 270	70.456			0.323			2538.62		
			IPE 100	90.000			0.093			727.70		
			L 20 x 20 x 3	154.430			0.017			135.78		
		L		154.430	0.017	135.78						
					434.668			0.985			7732.14	

Tabla 5.24. Resumen de medición de los perfiles de la nave

### 6.4 Comprobación de las barras a ELU

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

Barra N32/N37

Perfil: IPE 140 Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm²)	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm4)	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm4)	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm4)
	N32	N37	3.523	16.40	541.00	44.90	2.45
<b>Notas:</b> (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	0.43	0.43	0.85			
L <sub>k</sub>	0.000	1.500	1.500	3.000			
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>	-			1.000			
<b>Notación:</b> β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)												Estado			
	λ	λ <sub>lim</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>c</sub>	V <sub>t</sub>	V <sub>c</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>	NM <sub>t</sub>	NM <sub>c</sub> V <sub>c</sub>		M <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>c</sub>
N32/N37	λ < 2.0 Cumple	λ <sub>lim</sub> ≤ λ <sub>adm</sub> Cumple	x: 3.523 m η = 2.5	x: 0.071 m η = 3.0	x: 3.523 m η = 89.4	x: 3.523 m η = 3.8	x: 3.523 m η = 8.2	x: 0.071 m η = 0.2	η < 0.1	M <sub>t</sub> V <sub>t</sub> η < 0.1	NM <sub>t</sub> η = 91.4	NM <sub>c</sub> V <sub>c</sub> η < 0.1	M <sub>t</sub> η = 1.2	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub> x: 3.523 m η = 8.2	M <sub>t</sub> V <sub>c</sub> x: 0.071 m η = 0.2	<b>CUMPLE</b> η = 91.4
<b>Notación:</b> λ: Limitación de esbeltez λ <sub>lim</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>t</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>c</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>t</sub> : Resistencia a corte Y V <sub>c</sub> : Resistencia a corte Z M <sub>t</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>c</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>t</sub> : Resistencia a flexión y axial combinados NM <sub>c</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a flexión, axial y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>c</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{N_{cr}}$$

$$\bar{\lambda} : \underline{0.81} \quad \checkmark$$

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.

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$N_{cr} : \underline{69.635} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{508.001} \text{ t}$$

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

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.

$$N_{cr,t} : \underline{69.635} \text{ t}$$

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{541.00} \text{ cm}^4$$

**$I_z$ :** 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.

$$I_t : \underline{2.45} \text{ cm}^4$$

**$I_w$ :** Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{1980.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{1.500} \text{ m}$$

**$L_{kz}$ :** 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.

$$L_{kt} : \underline{3.000} \text{ m}$$

**$i_0$ :** 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:

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

$$26.85 \leq 248.60 \quad \checkmark$$

Donde:

 $h_w$ : Altura del alma. $t_w$ : Espesor del alma. $A_w$ : Área del alma. $A_{fc,ef}$ : Área reducida del ala comprimida. $k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección. $E$ : Módulo de elasticidad. $f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \underline{126.20} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{4.70} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{5.93} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{5.04} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**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 en el nudo N37, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$ . $N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.083} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{43.784} \text{ t}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra. $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.071 m del nudo N32, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ . $N_{c,Ed}$ : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.941} \text{ t}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{43.784} \text{ t}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{31.380} \text{ t}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{M1}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\chi_y : \underline{0.98}$$

$$\chi_z : \underline{0.72}$$

Siendo:

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

$$\Phi_y : \underline{0.56}$$

$$\Phi_z : \underline{0.93}$$

**$\alpha$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

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

$$\bar{\lambda} = \frac{r}{\sqrt{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.30}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.81}$$

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

$$N_{cr} : \underline{69.635} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{508.001} \text{ t}$$

**$N_{cr,z}$ :** 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.

$$N_{cr,T} : \underline{69.635} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.464} \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.894} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{ed}^+ : \underline{1.095} \text{ t·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

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

$$M_{ed}^- : \underline{1.064} \text{ t·m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{2.357} \text{ t·m}$$

Donde:

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

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

$W_{pl,y}$ : 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.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{1.890} \text{ t·m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{1.190} \text{ t·m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{88.30} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.80}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.50}$$

Siendo:

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

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.87}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{1.38}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.79}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^- \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{1.24}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{3.975} \text{ t·m}$$



$$M_{cr} : \underline{1.608} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral  $M_{cr}$  se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

Siendo:

$M_{LTV}$ : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{2.920} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{1.460} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTW}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{t,z}^2$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{2.696} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{0.674} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{77.29} \text{ cm}^3$$

$I_z$ : 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.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.500} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{3.000} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{t,z}$ : 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.

$$i_{t,z}^+ : \underline{1.93} \text{ cm}$$

$$i_{t,z}^- : \underline{1.93} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.038} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.019} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.020} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{0.515} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{19.30} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N37, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{0.958} \quad t$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{11.740} \quad t$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{7.62} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{140.00} \quad \text{mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.70} \quad \text{mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$23.87 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{23.87}$$

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

$\lambda_{max}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

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

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.071 m del nudo N32, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.032} \text{ t}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{16.136} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{10.47} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{16.40} \text{ cm}^2$$

$d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{126.20} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.70} \text{ mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$0.548 \text{ t} \leq 5.870 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.548} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{11.740} \text{ t}$$

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

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

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

$$0.032 \text{ t} \leq 8.068 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.032} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{16.136} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.475} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.914} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.560} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>0.537</u> t
<b>M<sub>y,Ed</sub></b> , <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> : <u>1.064</u> t·m
	<b>M<sub>z,Ed</sub></b> : <u>0.006</u> t·m
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>1</u>
<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.	<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : <u>43.784</u> t
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> , <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> : <u>2.357</u> t·m
	<b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>0.515</u> t·m

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

<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> : <u>16.40</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub></b> , <b>W<sub>pl,z</sub></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>W<sub>pl,y</sub></b> : <u>88.30</u> cm <sup>3</sup>
	<b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>19.30</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>2669.77</u> kp/cm <sup>2</sup>
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>2803.26</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub></b> : <u>1.05</u>
<b>k<sub>y</sub></b> , <b>k<sub>z</sub></b> , <b>k<sub>y,LT</sub></b> : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>y</sub></b> : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>z</sub></b> : <u>1.00</u>
$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>y,LT</sub></b> : <u>0.60</u>
<b>C<sub>m,y</sub></b> , <b>C<sub>m,z</sub></b> , <b>C<sub>m,LT</sub></b> : Factores de momento flector uniforme equivalente.	<b>C<sub>m,y</sub></b> : <u>1.00</u>
	<b>C<sub>m,z</sub></b> : <u>1.00</u>
	<b>C<sub>m,LT</sub></b> : <u>1.00</u>
<b>χ<sub>y</sub></b> , <b>χ<sub>z</sub></b> : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>χ<sub>y</sub></b> : <u>0.98</u>
	<b>χ<sub>z</sub></b> : <u>1.00</u>
<b>χ<sub>LT</sub></b> : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	<b>χ<sub>LT</sub></b> : <u>0.50</u>
<b>λ̄<sub>y</sub></b> , <b>λ̄<sub>z</sub></b> : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>λ̄<sub>y</sub></b> : <u>0.30</u>
	<b>λ̄<sub>z</sub></b> : <u>0.00</u>
<b>α<sub>y</sub></b> , <b>α<sub>z</sub></b> : Factores dependientes de la clase de la sección.	<b>α<sub>y</sub></b> : <u>0.60</u>
	<b>α<sub>z</sub></b> : <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 para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$0.548 \text{ t} \leq 5.851 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{0.548} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{11.702} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : \underline{0.055} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{3.55} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.958} \text{ t}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{11.686} \text{ t}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{11.740} \text{ t}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{17.43} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{3.55} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.071 m del nudo N32, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.032} \text{ t}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \text{ t·m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{16.121} \text{ t}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{16.136} \text{ t}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{3.60} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{3.55} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

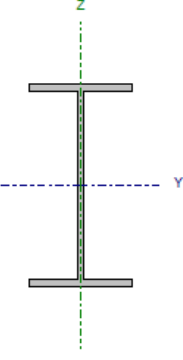
**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

## Barra N17/N20

Perfil: IPE 270 Material: Acero (S275)						
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )
	N17	N20	7.046	45.90	5790.00	420.00
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral	
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β			0.00	0.21	0.21	0.43
L <sub>k</sub>			0.000	1.500	1.500	3.000
C <sub>m</sub>			1.000	1.000	1.000	1.000
C <sub>t</sub>			-		1.000	
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>t</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	λ	λ <sub>lim</sub>	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>c</sub>	V <sub>t</sub>	V <sub>c</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>	NM <sub>t</sub> M <sub>c</sub>	NM <sub>c</sub> M <sub>t</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>t</sub>		M <sub>c</sub> V <sub>t</sub>	M <sub>c</sub> V <sub>c</sub>
N17/N20	λ < 2.0 Cumple	λ <sub>lim</sub> ≤ λ <sub>lim,adm</sub> Cumple	x: 7.046 m η = 3.2	x: 0.091 m η = 3.9	x: 0.091 m η = 78.6	M <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.091 m η = 11.5	V <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.091 m η = 81.5	η < 0.1	M <sub>td</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 81.5
Notación: λ: Limitación de esbeltez λ <sub>lim</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>t</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>c</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>t</sub> : Resistencia a corte Y V <sub>c</sub> : Resistencia a corte Z M <sub>t</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>c</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>t</sub> M <sub>c</sub> : Resistencia a flexión y axial combinados NM <sub>c</sub> M <sub>t</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a flexión, axial y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>t</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>c</sub> V <sub>c</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay 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.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{0.77} \quad \checkmark$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

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

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$N_{cr} : \underline{219.536} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{5436.834} \text{ t}$$

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

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.

$$N_{cr,T} : \underline{219.536} \text{ t}$$

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{5790.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{420.00} \text{ cm}^4$$

**$I_t$ :** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{15.90} \text{ cm}^4$$

**$I_w$ :** Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{70600.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{1.500} \text{ m}$$

**$L_{kz}$ :** 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.

$$L_{kt} : \underline{3.000} \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{11.63} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{11.23} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.02} \text{ cm}$$

**$y_0$ ,  $z_0$ :** 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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{t,c,ef}}} \quad 37.82 \leq 250.57 \quad \checkmark$$

Donde:

 $h_w$ : Altura del alma.

$h_w$  : 249.60 mm

 $t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 6.60 mm

 $A_w$ : Área del alma.

$A_w$  : 16.47 cm<sup>2</sup>

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

$A_{t,c,ef}$  : 13.77 cm<sup>2</sup>

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

$k$  : 0.30

 $E$ : Módulo de elasticidad.

$E$  : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

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

$f_{yf}$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_{yf} = f_y$

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N20, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$N_{t,Ed}$  : 3.870 t

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

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

$N_{t,Rd}$  : 122.543 t

Donde:

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

$A$  : 45.90 cm<sup>2</sup>

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

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

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

Siendo:

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

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{b,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.091 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

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

$N_{c,Ed}$  : 3.563 t

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{122.543} \text{ t}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

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

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{91.348} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{45.90} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{M1}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\chi_Y : \underline{1.00}$$

$$\chi_T : \underline{0.75}$$

Siendo:

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

$$\Phi_Y : \underline{0.51}$$

$$\Phi_T : \underline{0.89}$$

**$\alpha$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_Y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_T : \underline{0.34}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_Y : \underline{0.15}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.77}$$

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

$$N_{cr} : \underline{219.536} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,Y} : \underline{5436.834} \text{ t}$$

**$N_{cr,Z}$ :** 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.

$$N_{cr,T} : \underline{219.536} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.581} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.786} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.091 m del nudo N17, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$M_{ed}^+ : \underline{6.562} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.091 m del nudo N17, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{ed}^- : \underline{7.511} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{12.922} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{484.00} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{11.972} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{9.560} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{484.00} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.93}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.74}$$

Siendo:

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

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.65}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{0.97}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y}^+ \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^+ : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$\bar{\lambda}_{LT}^- : \underline{0.89}$$

$$M_{cr}^+ : \underline{55.865} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{17.092} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento crítico 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.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{22.754} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{11.377} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{t,z}^2$$

$$M_{LTw}^+ : \underline{51.021} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^- : \underline{12.755} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{428.89} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{420.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{15.90} \text{ cm}^4$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^+$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{1.500} \text{ m}$$

$L_c^-$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{3.000} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{t,z}$ : 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.

$$i_{t,z}^+ : \underline{3.56} \text{ cm}$$

$$i_{t,z}^- : \underline{3.56} \text{ cm}$$

#### 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:

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

$$\eta : \underline{0.115} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.091 m del nudo N17, 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.

$$V_{Ed} : \underline{3.924} \text{ t}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{34.054} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{22.09} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{270.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.60} \text{ mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$33.27 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{33.27}$$

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

$\lambda_{max}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

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

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$3.924 \text{ t} \leq \underline{17.027} \text{ t} \quad \checkmark$$

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.

$$V_{Ed} : \underline{3.924} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{34.054} \text{ t}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.610} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.815} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.500} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.091 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	<b>N<sub>c,Ed</sub></b> : <u>3.563</u> t
<b>M<sub>y,Ed</sub></b> , <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>y,Ed</sub></b> : <u>7.511</u> t·m <b>M<sub>z,Ed</sub></b> : <u>0.000</u> t·m
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>1</u>
<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : Resistencia a compresión de la sección bruta.	<b>N<sub>pl,Rd</sub></b> : <u>122.543</u> t
<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> , <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>M<sub>pl,Rd,y</sub></b> : <u>12.922</u> t·m <b>M<sub>pl,Rd,z</sub></b> : <u>2.590</u> t·m
<b>Resistencia a pandeo:</b> (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
<b>A</b> : Área de la sección bruta.	<b>A</b> : <u>45.90</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub></b> , <b>W<sub>pl,z</sub></b> : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>W<sub>pl,y</sub></b> : <u>484.00</u> cm <sup>3</sup> <b>W<sub>pl,z</sub></b> : <u>97.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>2669.77</u> kp/cm <sup>2</sup>
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>2803.26</u> kp/cm <sup>2</sup>
<b>γ<sub>M1</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub></b> : <u>1.05</u>
<b>k<sub>y</sub></b> , <b>k<sub>z</sub></b> , <b>k<sub>y,LT</sub></b> : Coeficientes de interacción.	
$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>y</sub></b> : <u>1.00</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>z</sub></b> : <u>1.00</u>
$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>y,LT</sub></b> : <u>0.60</u>
<b>C<sub>m,y</sub></b> , <b>C<sub>m,z</sub></b> , <b>C<sub>m,LT</sub></b> : Factores de momento flector uniforme equivalente.	<b>C<sub>m,y</sub></b> : <u>1.00</u> <b>C<sub>m,z</sub></b> : <u>1.00</u> <b>C<sub>m,LT</sub></b> : <u>1.00</u>
<b>χ<sub>y</sub></b> , <b>χ<sub>z</sub></b> : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>χ<sub>y</sub></b> : <u>1.00</u> <b>χ<sub>z</sub></b> : <u>1.00</u>
<b>χ<sub>LT</sub></b> : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.	<b>χ<sub>LT</sub></b> : <u>0.74</u>
<b>λ̄<sub>y</sub></b> , <b>λ̄<sub>z</sub></b> : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>λ̄<sub>y</sub></b> : <u>0.15</u> <b>λ̄<sub>z</sub></b> : <u>0.00</u>
<b>α<sub>y</sub></b> , <b>α<sub>z</sub></b> : Factores dependientes de la clase de la sección.	<b>α<sub>y</sub></b> : <u>0.60</u> <b>α<sub>z</sub></b> : <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 para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$ .

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

$$3.924 \text{ t} \leq 17.027 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{3.924} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{34.054} \text{ t}$$

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

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

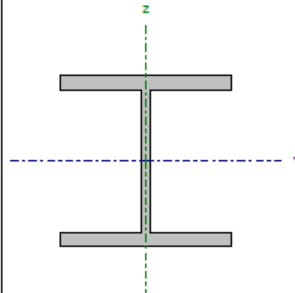
**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

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

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

Barra N38/N39

Perfil: HE 140 B Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_y^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )
	N38	N39	5.400	43.00	1509.00	549.70	20.06
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	$\beta$	1.00	1.00	0.00	0.00		
	$L_K$	5.400	5.400	0.000	0.000		
	$C_m$	1.000	1.000	1.000	1.000		
$C_1$	-			1.000			
Notación: $\beta$ : 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		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w1}$	$N_x$	$N_y$	$M_x$	$M_y$	$V_x$	$V_y$	$M_x V_x$	$M_y V_y$	$N M_x$	$N M_y V_x$	$M_x$		$M_y V_x$	$M_y V_y$
N38/N39	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w < \lambda_{w,lim}$ Cumple	$x: 0 \text{ m}$ $x: 5.329 \text{ m}$ $\eta = 1.8$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 10.7$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 54.2$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 9.6$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 14.9$	$\eta = 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 62.9$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta < 0.1$	$M_{lim} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 62.9$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida $N_x$ : Resistencia a tracción $N_y$ : Resistencia a compresión $M_x$ : Resistencia a flexión eje Y $M_y$ : Resistencia a flexión eje Z $V_x$ : Resistencia a corte Z $V_y$ : Resistencia a corte Y $M_x V_x$ : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados $M_y V_y$ : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados $N M_x$ : Resistencia a flexión y axil combinados $N M_x V_x$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_x$ : Resistencia a torsión $M_x V_x$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_y V_y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																



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

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.74} \quad \checkmark$$

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.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$N_{cr} : \underline{39.828} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{109.333} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{39.828} \text{ t}$$

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

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.

$$I_y : \underline{1509.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{549.70} \text{ cm}^4$$

**$I_t$ :** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.06} \text{ cm}^4$$

**$I_w$ :** Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{22480.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{5.400} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{5.400} \text{ m}$$

**$L_{kt}$ :** 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.

$$i_0 : \underline{6.92} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{5.92} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.58} \text{ cm}$$

**$y_0$ ,  $z_0$ :** 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:

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

$$16.57 \leq 159.27 \quad \checkmark$$

Donde:

 $h_w$ : Altura del alma. $t_w$ : Espesor del alma. $A_w$ : Área del alma. $A_{t,c,ef}$ : Área reducida del ala comprimida. $k$ : Coeficiente que depende de la clase de la sección. $E$ : Módulo de elasticidad. $f_{yf}$ : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \underline{116.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{7.00} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{8.12} \text{ cm}^2$$

$$A_{t,c,ef} : \underline{16.80} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.329 m del nudo N38, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$N_{t,Ed} : \underline{2.103} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{114.800} \text{ t}$$

Donde:

 $A$ : Área bruta de la sección transversal de la barra. $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

 $f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.027} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.107} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$N_{c,Ed} : \underline{3.048} \text{ t}$$

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{114.800} \text{ t}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{28.487} \text{ t}$$

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.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**$\gamma_{M1}$ :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**$\chi$ :** Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\chi_y : \underline{0.57}$$

$$\chi_z : \underline{0.25}$$

Siendo:

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

$$\Phi_y : \underline{1.20}$$

$$\Phi_z : \underline{2.39}$$

**$\alpha$ :** Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.05}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.74}$$

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

$$N_{cr} : \underline{39.828} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{109.333} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{39.828} \text{ t}$$

**$N_{cr,t}$ :** 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:

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

$$\eta : \underline{0.542} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$ . $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.436} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ . $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.553} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{6.552} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,Y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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:

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

$$\eta : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ . $M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.307} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3$ . $M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.275} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{3.198} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,Z} : \underline{119.80} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.149} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N38, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{3.020} \quad t$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{20.223} \quad t$$

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{13.12} \quad \text{cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

 $h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{140.00} \quad \text{mm}$$

 $t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \quad \text{mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$13.14 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

 $\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{13.14}$$

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

 $\lambda_{máx}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{64.71}$$

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

 $\varepsilon$ : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

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

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ . $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.058} \quad t$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{53.764} \quad t$$

Donde:

 $A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{34.88} \quad \text{cm}^2$$

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

Siendo:

 $A$ : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{43.00} \quad \text{cm}^2$$

 $d$ : Altura del alma.

$$d : \underline{116.00} \quad \text{mm}$$

 $t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.00} \quad \text{mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

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

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

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

$$3.020 \quad t \leq 10.112 \quad t \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ . $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{3.020} \quad t$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{20.223} \quad t$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo  $V_{Ed}$  no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante  $V_{c,Rd}$ .

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

$$0.058 \quad t \leq 26.882 \quad t \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$ . $V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.058} \quad t$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{53.764} \quad t$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{p,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{p,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{p,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.629} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.613} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.455} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{1.151} \text{ t}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{3.503} \text{ t·m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.269} \text{ t·m}$$

**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

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

$N_{p,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{p,Rd} : \underline{114.800} \text{ t}$$

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

$$M_{p,Rd,y} : \underline{6.552} \text{ t·m}$$

$$M_{p,Rd,z} : \underline{3.198} \text{ t·m}$$

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

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{43.00} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{245.40} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{119.80} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.06}$$

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.57}$$

$$\chi_z : \underline{0.25}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.05}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.74}$$

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

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N38, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

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

$$3.020 \text{ t} \leq 10.112 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{3.020}{\text{t}}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{20.223}{\text{t}}$$

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

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

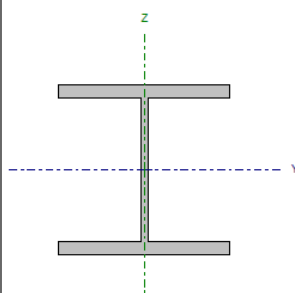
**Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**

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

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

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

Barra N21/N22

Perfil: HE 180 B Material: Acero (S275)		Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )		$I_y^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )	
		N21	N22	5.000	65.30	3831.00	1363.00	42.16
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme								
	Pandeo			Pandeo lateral				
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.		
$\beta$	1.00		1.00	1.00		0.30		
$L_k$	5.000		5.000	5.000		1.500		
$C_m$	1.000		1.000	1.000		1.000		
$C_1$	-			1.000				
Notación: $\beta$ : 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		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w1}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y V_z V_y$	$M_t$		$M_y V_z$	$M_z V_y$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w1} \leq \lambda_{w1,lim}$ Cumple	$x: 4.874 \text{ m}$ $\eta = 2.3$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 7.1$	$x: 4.874 \text{ m}$ $\eta = 71.5$	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 2.6$	$x: 4.874 \text{ m}$ $\eta = 11.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 4.874 \text{ m}$ $\eta = 76.0$	$\eta < 0.1$	$M_{ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 76.0$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : 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 $V_y$ : Resistencia a corte Y $V_z$ : Resistencia a corte Z $M_y V_z$ : 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 $NM_y V_z V_y$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados $M_t$ : Resistencia a torsión $M_y V_z$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados $M_z V_y$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(2)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																



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

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

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.26} \quad \checkmark$$

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.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$N_{cr} : \underline{115.188} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,Y} : \underline{323.759} \text{ t}$$

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

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

$$N_{cr,Z} : \underline{115.188} \text{ t}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{537.259} \text{ t}$$

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{3831.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{1363.00} \text{ cm}^4$$

**$I_t$ :** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{42.16} \text{ cm}^4$$

**$I_w$ :** Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{93750.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{5.000} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{5.000} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{5.000} \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{8.92} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{7.66} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{4.57} \text{ cm}$$

**$y_0, z_0$ :** 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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{t,c,ef}}} \quad 17.88 \leq 164.04 \quad \checkmark$$

Donde:

 $h_w$ : Altura del alma.

$h_w$  : 152.00 mm

 $t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 8.50 mm

 $A_w$ : Área del alma.

$A_w$  : 12.92 cm<sup>2</sup>

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

$A_{t,c,ef}$  : 25.20 cm<sup>2</sup>

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

$k$  : 0.30

 $E$ : Módulo de elasticidad.

$E$  : 2140673 kp/cm<sup>2</sup>

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

$f_{yf}$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

Siendo:

$f_{yf} = f_y$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.874 m del nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$N_{t,Ed}$  : 3.930 t

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

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

$N_{t,Rd}$  : 174.336 t

Donde:

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

$A$  : 65.30 cm<sup>2</sup>

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

$f_{yd}$  : 2669.77 kp/cm<sup>2</sup>

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

Siendo:

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

$f_y$  : 2803.26 kp/cm<sup>2</sup>

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

$\gamma_{M0}$  : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.071} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

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

$N_{c,Ed}$  : 5.030 t

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{174.336} \text{ t}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{70.756} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\chi_y : \underline{0.75}$$

$$\chi_x : \underline{0.41}$$

$$\chi_T : \underline{0.79}$$

Siendo:

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

$$\Phi_y : \underline{0.88}$$

$$\Phi_x : \underline{1.55}$$

$$\Phi_T : \underline{0.76}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_x : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

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

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.75}$$

$$\bar{\lambda}_x : \underline{1.26}$$

$$\bar{\lambda}_T : \underline{0.58}$$

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

$$N_{cr} : \underline{115.188} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{323.759} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{115.188} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{537.259} \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.575} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.715} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.874 m del nudo N21, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{7.390} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.874 m del nudo N21, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$M_{Ed}^- : \underline{6.424} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{12.852} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,Y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

**Resistencia a pandeo lateral:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)
El momento flector resistente de cálculo  $M_{b,Rd}$  viene dado por:

$$M_{b,Rd}^+ = \chi_{LT} \cdot W_{pl,Y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{10.340} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- = \chi_{LT} \cdot W_{pl,Y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{12.454} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,Y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

$\chi_{LT}$ : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} \leq 1$$

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.80}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.97}$$

Siendo:

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

$$\Phi_{LT}^+ : \underline{0.87}$$

$$\Phi_{LT}^- : \underline{0.57}$$

$\alpha_{LT}$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

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

$$\bar{\lambda}_{LT}^{+} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}^{+}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^{+} : \underline{0.78}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^{-} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}^{-}}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT}^{-} : \underline{0.34}$$

$M_{cr}$ : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^{+} : \underline{21.934} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^{-} : \underline{119.767} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$M_{LTV} = C_1 \cdot \frac{\pi}{L_c} \cdot \sqrt{G \cdot I_t \cdot E \cdot I_z}$$

$$M_{LTV}^{+} : \underline{20.024} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^{-} : \underline{66.748} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$M_{LTw}$ : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTw} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 \cdot E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{t,z}^2$$

$$M_{LTw}^{+} : \underline{8.950} \text{ t}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTw}^{-} : \underline{99.443} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$ : Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{425.67} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{1363.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{42.16} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \text{ kp/cm}^2$$

$L_c^{+}$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^{+} : \underline{5.000} \text{ m}$$

$L_c^{-}$ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^{-} : \underline{1.500} \text{ m}$$

$C_1$ : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{t,z}$ : 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.

$$i_{t,z}^{+} : \underline{4.99} \text{ cm}$$

$$i_{t,z}^{-} : \underline{4.99} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

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

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

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(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.145} \text{ t·m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N21, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.162} \text{ t·m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{6.167} \text{ t·m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{231.00} \text{ cm}^3$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.114} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.874 m del nudo N21, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

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

$$V_{Ed} : \underline{3.580} \text{ t}$$

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

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

$$V_{c,Rd} : \underline{31.275} \text{ t}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{20.29} \text{ cm}^2$$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

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

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

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

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

$$14.35 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.35}$$

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

$\lambda_{max}$ : Esbeltez máxima.

$$\lambda_{max} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

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

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.032} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

$$V_{c,Rd} : \underline{80.738} \text{ t}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{52.38} \text{ cm}^2$$

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

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

**d**: Altura del alma.

$$d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

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

$$2.534 \text{ t} \leq 15.637 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.534} \text{ t}$$

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{31.275} \text{ t}$$

**Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)**No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

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

$$0.032 \text{ t} \leq 40.369 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.032} \text{ t}$$

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{80.738} \text{ t}$$



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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.594} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_x \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.752} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.760} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p<sup>ésimos</sup> se producen en un punto situado a una distancia de 4.874 m del nudo N21, 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 p <sup>ésimo</sup> .	$N_{c,Ed} : \underline{3.858} \text{ t}$
$M_{y,Ed}$ , $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo p <sup>ésimos</sup> , según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+ : \underline{7.349} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$
<b>Clase</b> : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	<b>Clase</b> : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{174.336} \text{ t}$
$M_{pl,Rd,y}$ , $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{12.852} \text{ t}\cdot\text{m}$ $M_{pl,Rd,z} : \underline{6.167} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

<b>A</b> : Área de la sección bruta.	$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}$ , $W_{pl,z}$ : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{231.00} \text{ cm}^3$
$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
$\gamma_{M1}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

 $k_y$ ,  $k_z$ ,  $k_{y,LT}$ : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.08}$$

$$k_{y,LT} = 1 - \frac{0.1 \cdot \bar{\lambda}_z}{C_{m,LT} - 0.25} \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_{y,LT} : \underline{0.99}$$

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

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

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

$\chi_y : \underline{0.75}$
$\chi_z : \underline{0.41}$

 $\chi_{LT}$ : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT} : \underline{0.80}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.75}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.26}$$

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

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

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

$$2.534 \text{ t} \leq 15.637 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,x} : \frac{2.534}{t}$$

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

$$V_{c,Rd,x} : \frac{31.275}{t}$$

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

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

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

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

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

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

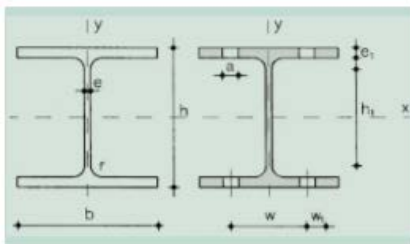
## 6.4.1 Comprobación manual a ELU

A continuación se desarrollan los cálculos manuales de ELU para el pilar más solicitado, a modo de comprobación.

Características del perfil

Perfil	HE 180 B
Canto	180 mm
Espesor alma ( $t_w$ )	8.5 mm
Canto ala	180 mm
Espesor ala ( $t_f$ )	14 mm
Área de la sección	65.30 cm <sup>2</sup>
Radio de curva de la unión alma-ala (r)	15 mm
$I_y$	3831 cm <sup>4</sup>
$I_z$	1363 cm <sup>4</sup>
$I_T$	42.16 cm <sup>4</sup>
$W_{el,y}$	425.67 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,y}$	481.40 cm <sup>3</sup>
$W_{pl,z}$	231 cm <sup>3</sup>
$i_y$	7.66 cm
$i_z$	4.57 cm

Tabla 5.25. Características del perfil para los cálculos manuales de ELU



A = Área de la sección	$I_t$ = Módulo de torsión de la sección
$S_x$ = Momento estático de media sección, respecto a X	$I_{xx}$ = Módulo de alabeo de la sección
$I_x$ = Momento de inercia de la sección, respecto a X	u = Perímetro de la sección
$W_x = 2I_x : h$ : h. Módulo resistente de la sección, respecto a X	a = Diámetro del agujero del roblón normal
$i_x = \sqrt{I_x : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto a X	w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
$I_y$ = Momento de inercia de la sección, respecto a Y	$h_1$ = Altura de la parte plana del alma
$W_y = 2I_y : b$ . Módulo resistente de la sección, respecto a Y	p = Peso por m
$i_y = \sqrt{I_y : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto a Y	

Perfil	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros			Peso	
	h	b	e	e <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	u	A	S <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>t</sub>	I <sub>xx</sub>	w	w <sub>1</sub>	a	p	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	mm	mm	mm	kg/m	
HEB 100	100	100	6,0	10,0	12	56	567	26,0	52,1	450	90	4,16	167	33	2,53	9,34	3.375	55	—	13	20,4	P
HEB 120	120	120	6,5	11,0	12	74	686	34,0	82,6	664	144	5,04	318	53	3,06	14,90	9.410	65	—	17	26,7	P
HEB 140	140	140	7,0	12,0	12	92	805	43,0	123,0	1.509	216	5,93	550	79	3,58	22,50	22.480	75	—	21	33,7	P
HEB 160	160	160	8,0	13,0	15	104	918	54,3	177,0	2.492	311	6,78	889	111	4,05	33,20	47.940	85	—	23	42,6	P
HEB 180	180	180	8,5	14,0	15	122	1.040	65,3	241,0	3.831	426	7,66	1.363	151	4,57	46,50	93.750	100	—	25	51,2	P
HEB 200	200	200	9,0	15,0	18	134	1.150	78,1	321,0	5.696	570	8,54	2.003	200	5,07	63,40	171.100	110	—	25	61,3	P

Tabla 5.26. Dimensiones perfil HEB 180

Clase de sección a compresión

Alas

Longitud efectiva:

$$c = \frac{b - tw - 2r}{2} = \frac{180 - 8,5 - (2 \times 15)}{2} = 70,75 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = \frac{70,75}{14} = 5,05$$

Factor de reducción:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0,92$$

$f_y$  es 275 porque el espesor del ala es menor a 16 mm, como indica la tabla 4.4 del CTE DB SE A.

$$\frac{c}{t} \leq 9 \cdot \varepsilon = 8,28$$

Se cumple, luego las alas son de clase 1.

Alma

Longitud efectiva:

$$c = h - 2t_f - 2r = 180 - 28 - 30 = 122 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = \frac{122}{8,5} = 14,35$$

$$\frac{c}{t} \leq 33 \cdot \varepsilon = 30,36$$

Se cumple, luego el alma es de clase 1.

Comprobación a tracción

$$N_{t,Ed} = 39,3 \text{ kN}$$

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} = 65,30 \cdot 10^2 \cdot \frac{275}{1,05} \cdot \frac{1}{1000} = 1710,238 \text{ kN}$$

$$N_{t,Ed} \leq N_{t,Rd}$$

Se cumple la condición.

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rdz}} \leq 1$$

Se desprecia el momento en el eje z, ya que tiene un valor muy pequeño, luego:

$$N_{Ed} = 50,30 \text{ kN}$$

$$N_{pl,Rd} = 1743,36 \text{ kN}$$

$$M_{y,Ed} = 64,24 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,Rdy} = 128,52 \text{ kNm}$$

Sustituyendo valores:

$$\frac{50,30}{1743,36} + \frac{64,24}{128,52} = 0,53$$

Se cumple la condición.

Flexión y cortante

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

Luego:

$$V_{Ed} = 25,34 \text{ kN}$$

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

$$A_v = A - 2bt_f + (t_w + 2r)t_f = 2029 \text{ mm}^2$$

$$V_{c,Rd} = 2029 \frac{275}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1000} = 306,81 \text{ kN}$$

Se puede despreciar la interacción del cortante con el axial y momento, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante.

### Comprobación a pandeo

Debe cumplirse para toda la pieza:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y A^* f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Debe cumplirse para las piezas susceptibles a pandeo:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z A^* f_{yd}} + k_{y,LT} \cdot \frac{M_{y,Ed} + e_{N,y} \cdot N_{Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed} + e_{N,z} \cdot N_{Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Se desprecia el momento flector en z, ya que tiene un valor muy pequeño.

Factores aplicados:

$e_{n,z} = 0$
$e_{n,y} = 0$
$\alpha_y = 0,6$
$\alpha_z = 0,6$
$c_{m,LT} = 1$
$c_{m,y} = 1$
$c_{m,z} = 1$

$$\lambda_z = \frac{L_{kz}}{i_z} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}} = \frac{5000}{45,69} \sqrt{\frac{275}{\pi^2 \cdot 210000}} = 1,26$$

Le corresponde una curva de pandeo c según la tabla 6.2 del CTE DB SE A. Coeficiente de pandeo  $\chi_z = 0,42$ .

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}} = \frac{5000}{76,59} \sqrt{\frac{275}{\pi^2 \cdot 210000}} = 0,75$$

Le corresponde una curva de pandeo b según la tabla 6.2 del CTE DB SE A. Coeficiente de pandeo  $\chi_y = 0,78$ .

$$k_y = 1 + (\lambda_y - 0,2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y N_{c,Rd}} = 1 + (0,75 - 0,2) \cdot \frac{38,58}{0,78 \cdot 1743,36} = 1,0156$$

$$k_z = 1 + (2\lambda_z - 0,6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z N_{c,Rd}} = 1 + (2 \cdot 1,26 - 0,6) \cdot \frac{38,58}{0,42 \cdot 1743,36} = 1,101$$

$$k_{y,LT} = \min\left(1 - \frac{0,1\lambda_z}{c_{m,LT}} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{c,Rd}}; 0,6 + \lambda_z\right) = 0,991$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{\frac{W_{ply} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{481.40 \cdot 10^3 \cdot 275}{207739131.7}} = 0,798 ; x_{LT} = 0,8 \leq 1$$

$$M_{cr} = \sqrt{M_{LTV}^2 + M_{LTW}^2} = \sqrt{196440148,7^2 + 67578212,72^2} = 207739131.7 \text{ Nmm}$$

$$M_{LTV} = \frac{\pi}{L_c} \sqrt{G \cdot I_T \cdot E \cdot I_z} = 1 \cdot \frac{\pi}{5000} \cdot \sqrt{81000 \cdot 42.16 \cdot 10^4 \cdot 210000 \cdot 1363 \cdot 10^4} = 196440148,7 \text{ Nmm}$$

$$M_{LTW} = W_{el,y} \cdot \frac{\pi^2 E}{L_c^2} \cdot C_1 \cdot i_{f,z}^2 = 425.67 \cdot 10^3 \cdot \frac{\pi^2 210000}{5000^2} \cdot 1 \cdot 43,76^2 = 67578212,72 \text{ Nmm}$$

$$i_{f,z} = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} \cdot 122 \cdot 8,5^3 + \frac{1}{12} \cdot 14 \cdot 180^3}{122 \cdot 8,5 + 14 \cdot 180}} = 43,76 \text{ mm}$$

Sustituyendo en las dos ecuaciones a comprobar;

$$\frac{50,30 \cdot 1000}{0,78 \cdot 65.30 \cdot 10^2 \cdot \frac{275}{1,05}} + 1,0156 \cdot \frac{1 \cdot 64,24 \cdot 10^6 + 0 \cdot 50,30 \cdot 1000}{0,8 \cdot \frac{275}{1,05} \cdot 481.40 \cdot 10^3} = 0,69$$

$$\frac{50,30 \cdot 1000}{0,42 \cdot 65.30 \cdot 10^2 \cdot \frac{275}{1,05}} + 0,991 \cdot \frac{64,24 \cdot 10^6 + 0 \cdot 50,30 \cdot 1000}{0,8 \cdot \frac{275}{1,05} \cdot 481.40 \cdot 10^3} = 0,70$$

Se cumplen las comprobaciones luego el perfil es válido, se ratifican así los cálculos realizados en CYPE 3D.

## 6.5 Uniones

Todas las uniones serán soldadas, a continuación se detallan las especificaciones técnicas recogidas en la Norma CTE DB SE-A, los materiales y las soluciones empleadas con los respectivos detalles constructivos.

### 6.5.1 Uniones soldadas

#### Norma

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión.

#### 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

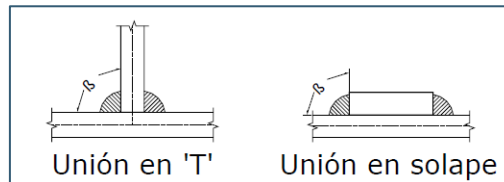
- 1) Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.
- 2) Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.

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.



### 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:

$$\text{Tensión de Von Mises } \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\text{Tensión normal } \sigma_{\perp} \leq K \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

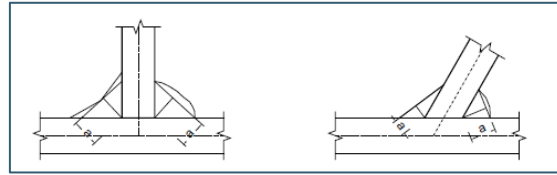
Donde  $K = 1$ .

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.

### 6.5.2 Referencias y simbología

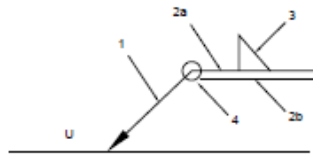
$a$ [mm]: Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a la cara exterior, entre todos los triángulos que se pueden

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)

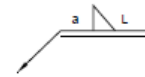
2b: línea de identificación (línea a trazos)

3: símbolo de soldadura

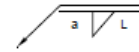
4: indicaciones complementarias

U: Unión

- Referencia 1, 2a, 2 b

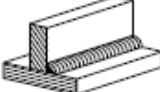

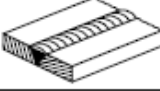

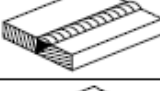

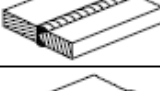

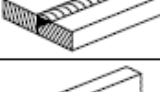

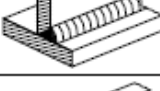

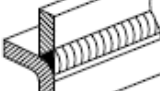



El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha.



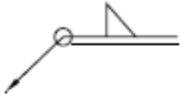

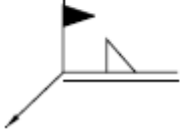
El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado opuesto al de la flecha.

- 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

### 6.5.3 Comprobaciones en placas de anclaje

En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):

#### 1. 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.

#### 2. 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.

#### 3. 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.

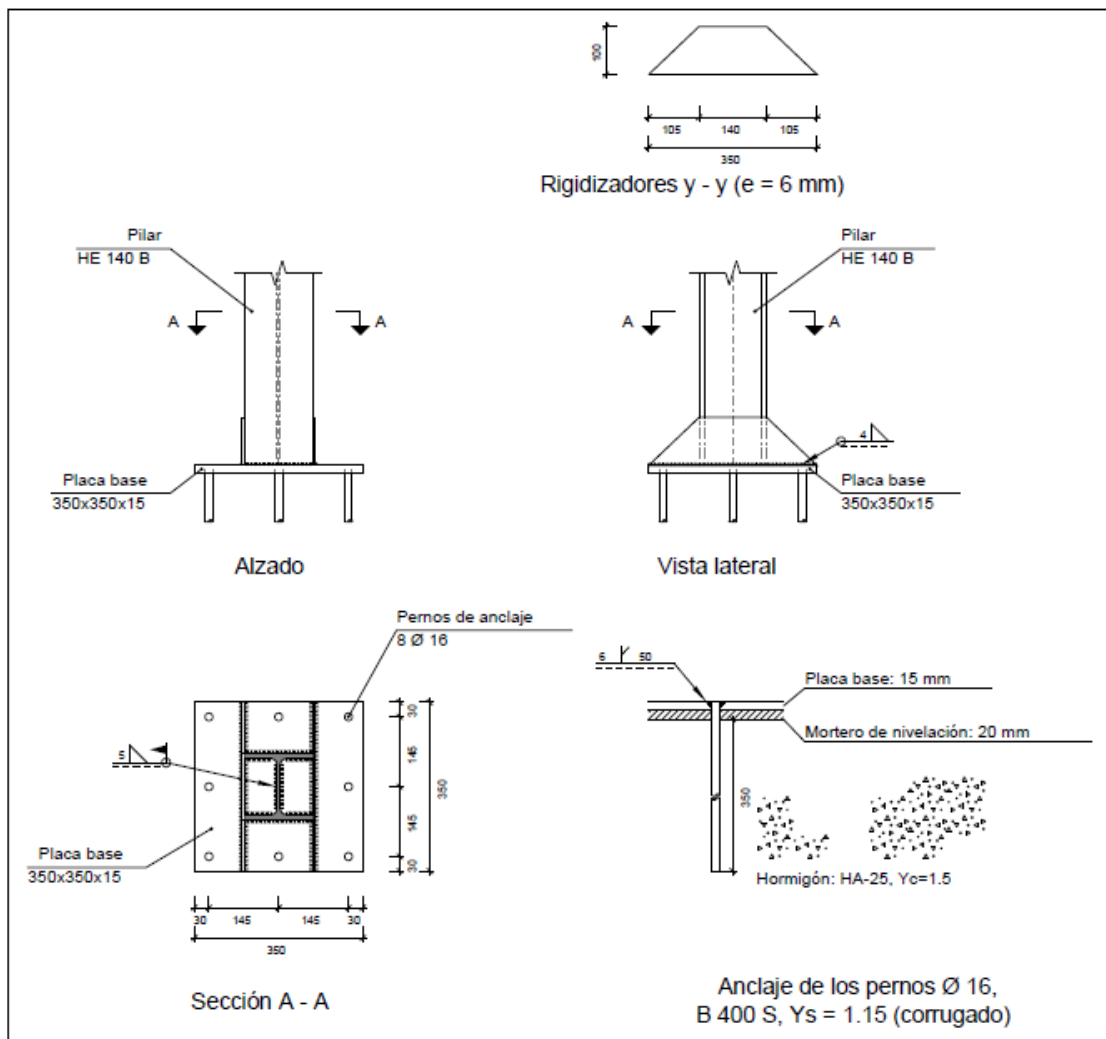
*Flechas globales relativas:* Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que 1/250 del vuelo.

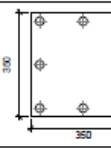
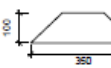
*Tensiones locales:* Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los

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.

#### 6.5.4 Memoria de cálculo

##### Unión tipo 1. Arranque losa con pórtico hastial



Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		350	350	15	8	28	18	6	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		350	100	6	-	-	-	-	S275	2803.3	4179.4

## Comprobaciones

### 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 l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )		
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: 41.9	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 4.879 t Calculado: 4.253 t Máximo: 3.416 t Calculado: 0.403 t Máximo: 4.879 t Calculado: 4.828 t	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 t Calculado: 4.007 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2025.84 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 12.815 t Calculado: 0.378 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2245.76 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2245.76 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2124.19 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2124.19 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 347.265 Calculado: 349.644 Calculado: 3626.32 Calculado: 3626.32	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1688.98 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -73): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	350	6.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 73): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	350	6.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	6	50	15.0	90.00

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

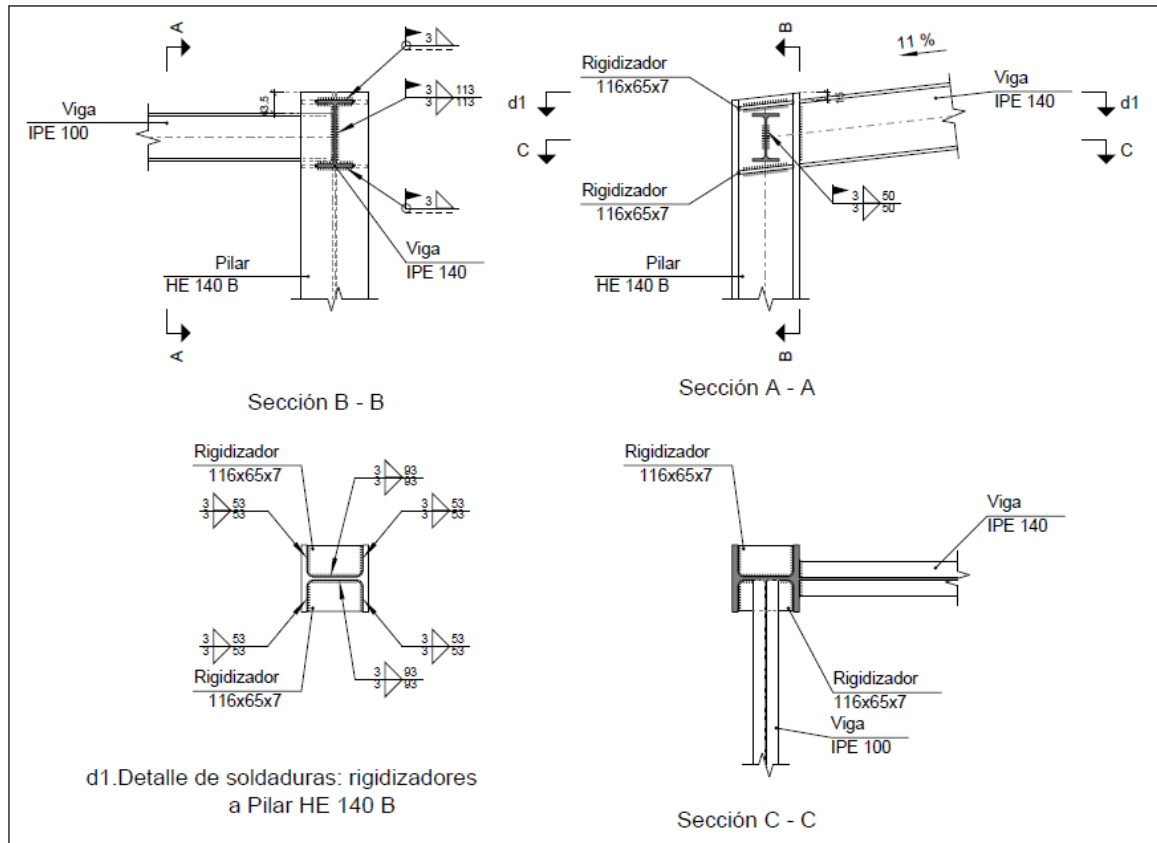
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -73): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 73): 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	195.5	338.6	87.74	0.0	0.00	410.0	0.85

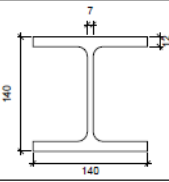
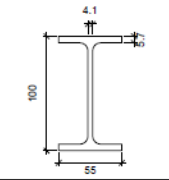
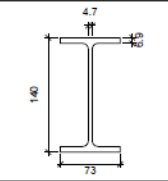
## Medición

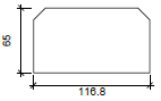
Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	1352
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	6	402
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	682

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x15	14.42
	Rigidizadores pasantes	2	350/140x100/0x6	2.31
	Total			16.73
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 16 - L = 401	5.06
	Total			5.06

## Unión tipo 2. Unión pilar-viga con viga de testa pórtico hastial izquierdo



Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 140 B		140	140	12	7	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		116.8	65	7	S275	2803.3	4179.4

### Comprobación

#### 1) Pilar HE 140 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	25.61	
	Cortante	kN	39.91	134.29	29.72	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	55.70	261.90	21.27	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	63.20	261.90	24.13	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	55.54	261.90	21.21	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	63.37	261.90	24.20	
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	13.78	261.90	5.26	
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	23.78	261.90	9.08	
Viga IPE 100 Alma	Punzonamiento	kN	21.81	149.06	14.63	
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	21.81	42.08	51.83	

#### Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	53	7.0	83.48	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	93	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	53	7.0	83.48	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	93	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	53	7.0	83.48	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	93	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	53	7.0	83.48	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	93	7.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	43.3	48.5	0.1	94.5	24.48	43.3	13.19	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	23.3	40.3	10.45	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	49.1	55.0	0.0	107.2	27.78	49.1	14.97	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	26.4	45.7	11.85	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	43.1	48.4	0.1	94.2	24.41	43.1	13.15	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	23.2	40.2	10.42	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	49.2	55.2	0.0	107.5	27.85	49.2	15.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	26.5	45.9	11.88	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2) Viga IPE 140

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	3	73	6.9	83.48
Soldadura del alma	En ángulo	3	113	4.7	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	3	73	6.9	83.48

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	66.8	59.6	0.3	123.0	31.87	66.8	20.37	410.0	0.85
Soldadura del alma	54.2	54.2	5.1	108.7	28.17	54.2	16.51	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	64.5	72.3	0.1	140.8	36.48	64.5	19.66	410.0	0.85

## 3) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	106.40	261.90	40.62

## 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 <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	51.4	51.4	0.5	102.8	26.65	51.4	15.67	410.0	0.85

Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	1590
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	608

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	116x65x7	1.67
				Total



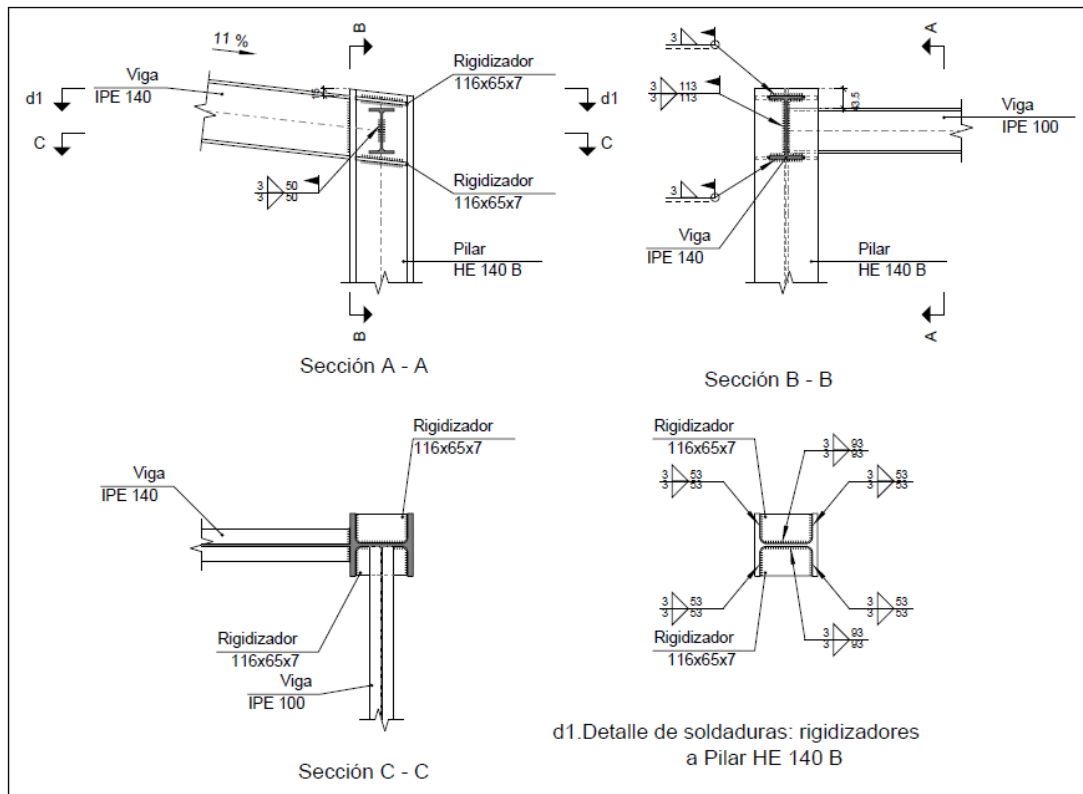
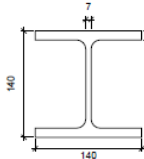
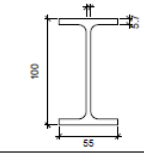
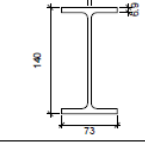

**Unión tipo 3. Unión pilar-viga con viga de testa pórtico hastial izquierdo**


Figura. Detalle unión tipo 3. Fuente: CYPE 3D

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 140 B		140	140	12	7	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		116.8	65	7	S275	2803.3	4179.4

## Comprobación

## 1) Pilar HE 140 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	25.61	
	Cortante	kN	39.91	134.29	29.72	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	55.54	261.90	21.21	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	63.37	261.90	24.20	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	55.70	261.90	21.27	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	63.20	261.90	24.13	
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	13.78	261.90	5.26	
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	23.78	261.90	9.08	
Alma	Punzonamiento	kN	21.81	149.06	14.63	
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	21.81	42.08	51.83	

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	53	7.0	83.48	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	93	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	53	7.0	83.48	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	93	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	3	53	7.0	83.48	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	93	7.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	3	53	7.0	83.48	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	93	7.0	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	43.1	48.4	0.1	94.2	24.41	43.1	13.15	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	23.2	40.2	10.42	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	49.2	55.2	0.0	107.5	27.85	49.2	15.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	26.5	45.9	11.88	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	43.3	48.5	0.1	94.5	24.48	43.3	13.19	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	23.3	40.3	10.45	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	49.1	55.0	0.0	107.2	27.78	49.1	14.97	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	26.4	45.7	11.85	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2) Viga IPE 140

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	3	73	6.9	83.48
Soldadura del alma	En ángulo	3	113	4.7	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	3	73	6.9	83.48

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	66.6	59.4	0.2	122.6	31.77	66.6	20.31	410.0	0.85
Soldadura del alma	54.0	54.0	5.1	108.4	28.09	54.0	16.47	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	64.3	72.0	0.1	140.4	36.38	64.3	19.60	410.0	0.85

## 3) Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	106.40	261.90	40.62

## Cordones de soldadura

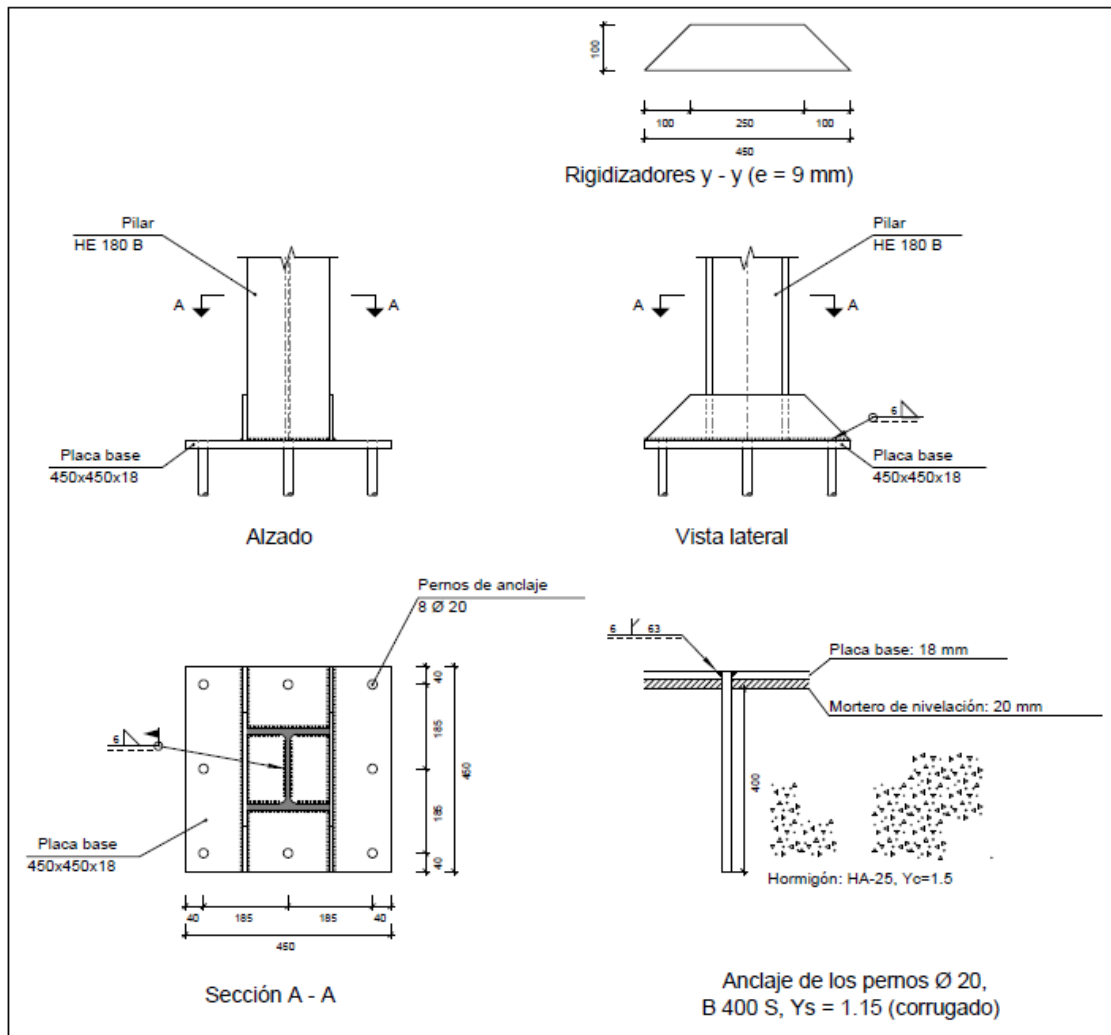
Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	3	50	4.1	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$	
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )			Aprov. (%)
Soldadura del alma	51.4	51.4	0.5	102.8	26.65	51.4	15.67	410.0	0.85

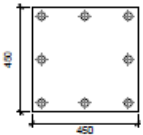
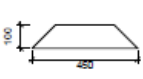
## Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	1590
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	608

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	116x65x7	1.67
				Total

## Unión tipo 4. Arranque losa con pórtico central



Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Placa base		450	450	18	8	32	22	6	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		450	100	9	-	-	-	-	S275	2803.3	4179.4

## Comprobación

## 1) Pilar HE 180 B

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	887	8.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
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: 60 mm Calculado: 185 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 32.3	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:  - Cortante:  - Tracción + Cortante:	Máximo: 6.971 t Calculado: 5.71 t  Máximo: 4.879 t Calculado: 0.382 t  Máximo: 6.971 t Calculado: 6.257 t	Cumple  Cumple  Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 10.243 t Calculado: 5.494 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1764.18 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 19.222 t Calculado: 0.368 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1691.89 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1691.89 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2403.41 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 2403.41 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 1246.61 Calculado: 1246.61 Calculado: 2653.66 Calculado: 2552.34	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm <sup>2</sup> Calculado: 1600.18 kp/cm <sup>2</sup>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador y-y (x = -95): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	450	9.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 95): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	--	450	9.0	90.00
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	6	63	18.0	90.00

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

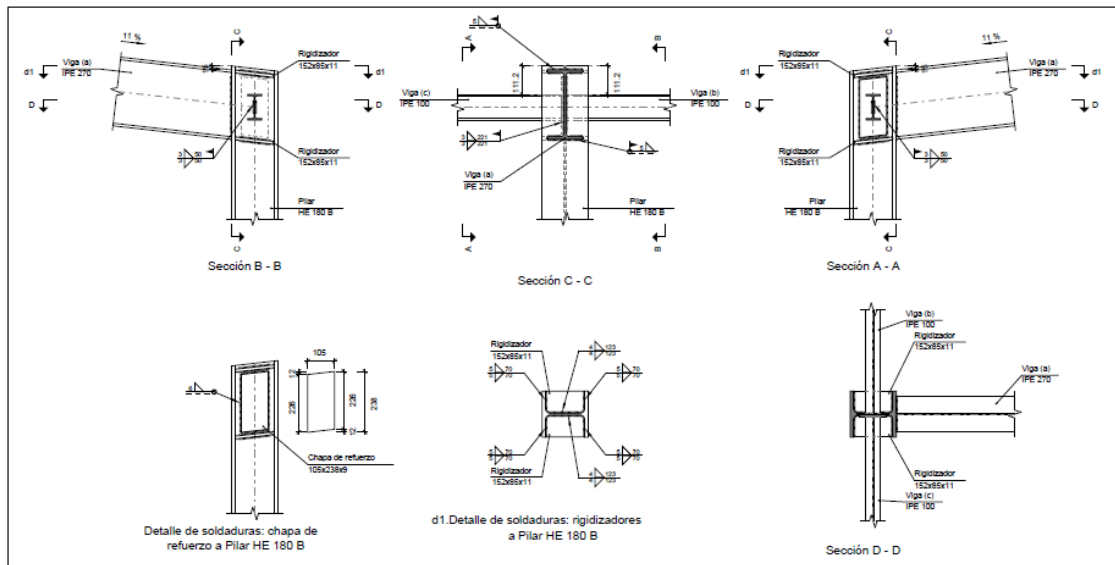
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -95): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 95): 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	214.4	371.4	96.26	0.0	0.00	410.0	0.85

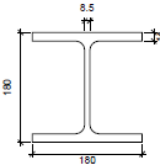
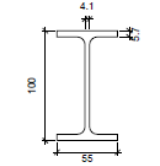
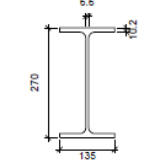
## Medición

Soldaduras				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	1744
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	6	503
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	887

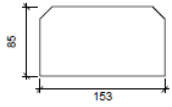
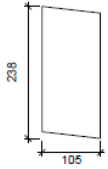
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x450x18	28.61
	Rigidizadores pasantes	2	450/250x100/0x9	4.95
	Total			33.56
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 20 - L = 458$	9.04
	Total			9.04

### Unión tipo 5. Unión pilar-viga con viga de testa pórtico central



Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	2803.3	4179.4



Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Rigidizador		153	85	11	S275	2803.3	4179.4
Chapa de refuerzo		105	238	9	S275	2803.3	4179.4

### Comprobación

#### 1) Pilar HE 180 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	27.63	
	Cortante	kN	424.74	630.42	67.37	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	153.91	261.90	58.77	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	172.00	261.90	65.67	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	153.91	261.90	58.77	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	172.00	261.90	65.67	
Ala	Desgarro	N/mm <sup>2</sup>	165.92	261.90	63.35	
	Cortante	N/mm <sup>2</sup>	166.11	261.90	63.42	
Viga (c) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	22.87	181.00	12.63
	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	17.98	56.43	31.87
Viga (b) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	22.87	181.00	12.63
	Alma	Flexión por fuerza perpendicular	kN	17.98	56.43	31.87

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	70	11.0	83.48	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	123	8.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	70	11.0	83.48	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	123	8.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	70	11.0	83.48	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	123	8.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	70	11.0	83.48	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	123	8.5	90.00	
Soldadura de la chapa de refuerzo al alma	En ángulo	6	665	8.5	90.00	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	112.7	126.3	0.7	246.1	63.78	112.7	34.36	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	107.8	186.7	48.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	126.0	141.2	0.8	275.1	71.28	126.0	38.40	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	120.5	208.7	54.07	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	112.7	126.3	0.7	246.1	63.78	112.7	34.36	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	107.8	186.7	48.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	126.0	141.2	0.8	275.1	71.28	126.0	38.40	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	120.5	208.7	54.07	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa de refuerzo al alma	La comprobación no procede.							410.0	0.85

## 2) Viga (a) IPE 270

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	83.48	
Soldadura del alma	En ángulo	3	221	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	83.48	

*a: Espesor garganta*  
*l: Longitud efectiva*  
*t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	160.7	143.3	0.5	295.7	76.63	160.7	48.98	410.0	0.85
Soldadura del alma	132.5	132.5	26.0	268.9	69.68	132.6	40.41	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	154.9	173.6	0.6	338.2	87.64	155.2	47.30	410.0	0.85

## 3) Viga (c) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	111.59	261.90	42.61

## 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 <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>∥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	53.9	53.9	0.9	107.8	27.94	53.9	16.44	410.0	0.85

## 4) Viga (b) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm <sup>2</sup>	111.59	261.90	42.61

## 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

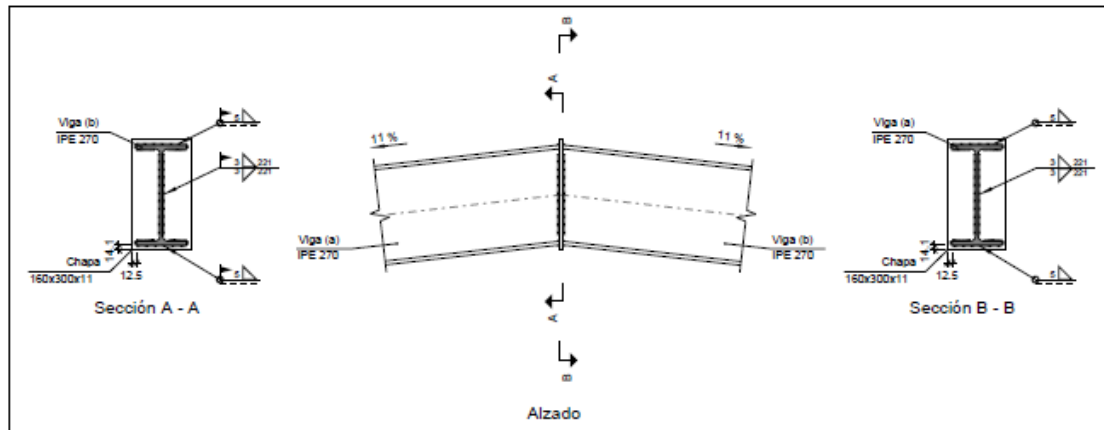
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>∥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	53.9	53.9	0.9	107.8	27.94	53.9	16.44	410.0	0.85

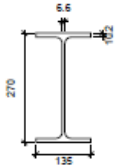
## Medición

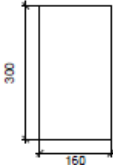
Soldaduras				
f <sub>u</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	4	984
			5	1120
			6	665
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	642
			5	508

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	152x85x11	4.49
	Chapas	1	105x238x9	1.77
				Total

## Unión tipo 6. Unión cumbre



Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Viga	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Chapa frontal		160	300	11	S275	2803.3	4179.4

## Comprobación

### 1) Chapa frontal

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
Deformación admisible	mRad	--	2	0.00

### 2) Viga (a) IPE 270

Cordones de soldadura									
Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	83.48				
Soldadura del alma	En ángulo	3	221	6.6	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	83.48				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.2	108.9	0.3	212.2	54.98	97.5	29.73	410.0	0.85
Soldadura del alma	83.5	83.5	3.1	167.2	43.32	83.5	25.47	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	97.2	86.7	0.3	178.9	46.37	97.2	29.63	410.0	0.85

### 3) Viga (b) IPE 270

Cordones de soldadura									
Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	83.48				
Soldadura del alma	En ángulo	3	221	6.6	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	83.48				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.2	108.9	0.3	212.2	54.98	97.5	29.73	410.0	0.85
Soldadura del alma	83.5	83.5	3.1	167.2	43.32	83.5	25.47	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	97.2	86.7	0.3	178.9	46.37	97.2	29.63	410.0	0.85

Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	442
			5	508
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	442
			5	508

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	160x300x11	4.14
				Total

### Unión tipo 7. Unión montante con viga en pórtico hastial

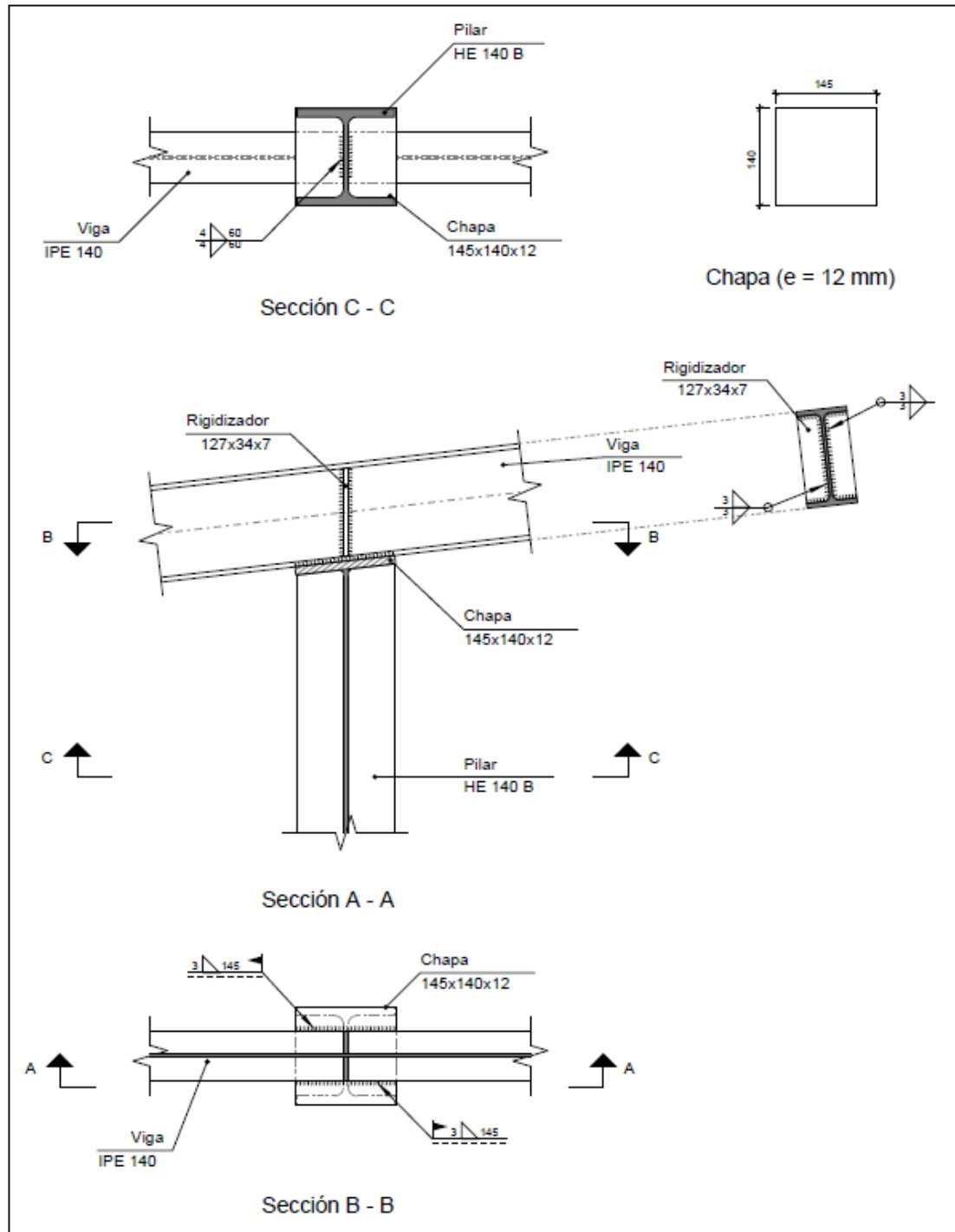


Figura. Detalle unión tipo 7. Fuente: CYPE 3D

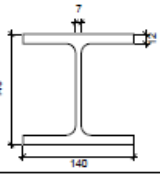
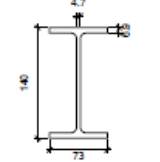
Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Pilar	HE 140 B		140	140	12	7	S275	2803.3	4179.4
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	2803.3	4179.4

Figura. Descripción componentes de la unión tipo 7. Fuente: CYPE 3D

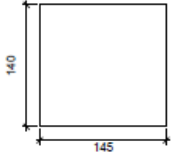
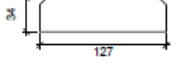
Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	$f_y$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )
Chapa frontal		145	140	12	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		127	34	7	S275	2803.3	4179.4

Figura. Descripción de los elementos complementarios de la unión tipo 7. Fuente: CYPE 3D



Comprobación

## 1) Viga IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Cortante	kN	10.26	127.04	8.07
	Tracción	kN	10.26	49.50	20.72

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	3	113	4.7	90.00	
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	3	27	4.7	83.48	
Soldadura de la chapa a los bordes exteriores del ala	En ángulo	3	140	6.9	90.00	

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	15.1	26.2	6.79	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	24.3	24.3	1.3	48.7	12.63	24.3	7.42	410.0	0.85

## 2) Pilar HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tensiones combinadas	--	--	--	22.44
Alma	Pandeo local	N/mm <sup>2</sup>	40.31	261.90	15.39

## Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	4	60	7.0	83.48	

a: Espesor garganta  
l: Longitud efectiva  
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	17.0	22.3	32.3	70.1	18.16	35.2	10.73	410.0	0.85

Medición

<b>Soldaduras</b>				
$f_u$ (kp/cm <sup>2</sup> )	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	3	668
			4	120
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	290

<b>Chapas</b>				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	127x34x7	0.47
	Chapas	1	145x140x12	1.91
				Total

## 7. Cimentaciones

Se va a realizar a través de una losa de cimentación, ya que permite transmitir las cargas al terreno distribuyendo los esfuerzos uniformemente, y así evitar asentamientos diferenciales y fisuras en la tabiquería.

Esta tipología de cimentación consta de una armadura principal en la parte superior para contrarrestar la presión del terreno y el empuje del agua, además de una armadura inferior debajo de los pilares, para evitar que se originen flechas desiguales.

La superficie de la losa es superior al perímetro de la estructura de la nave, con el fin de evitar que la cimentación se despegue del terreno y se produzcan acciones de vuelco. Se ha dimensionado con una holgura de 0,6 m en ambas direcciones.

Se cimentará sobre el nuevo relleno de terreno mejorado, que deberá tener una carga admisible de  $2\text{kg/cm}^2$ , a una cota de -0.45 m.

Longitud	31.2 m
Ancho	15.2 m
Canto	45 cm

Tabla 5.27. Dimensiones de la losa

### 7.1 Uniones

La solución del arranque de la losa con el pórtico se ha diseñado a partir de placas de anclaje:

Pórticos hastiales: placa de anclaje de 15 mm de espesor con 8 pernos soldados de 16 mm de diámetro, para el arranque de la losa con un perfil de pilar HEB 140.

Pórticos centrales: placa de anclaje de 18 mm de espesor con 8 pernos soldados de 20 mm de diámetro, para el arranque de la losa con un perfil de pilar HEB 180.

El cálculo de estas uniones y sus características se encuentra en mayor detalle en el apartado 6.5.3 del documento.

### 7.2 Elementos de cimentación

Se debe disponer una solera de asiento previa a la ejecución de la losa, con el fin de evitar el contacto directo del hormigón de la cimentación con el terreno. El Código Técnico de la Edificación establece un espesor mínimo de 10 cm y una tipología de hormigón para este uso HL-150/B/20. Para la losa se utiliza la tipología de hormigón HA-25.

El armado de acero corrugado B-500-S. El diámetro de los redondos de armadura es de 12 mm con un recubrimiento mínimo de 40 mm, como ya se ha indicado anteriormente en el apartado 3.2 de materiales.

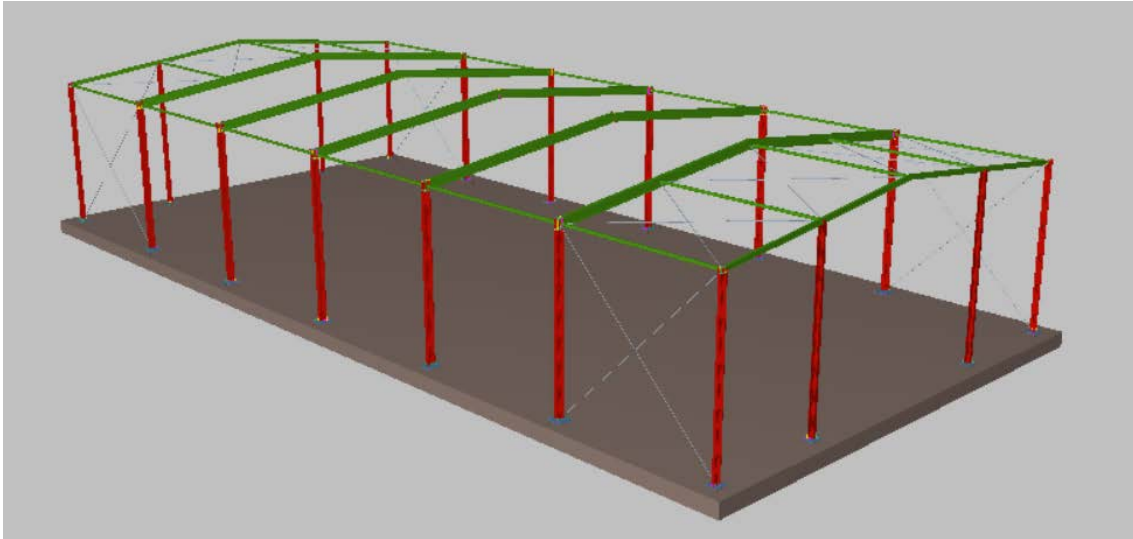


Figura 5.10. Vista 3D losa de cimentación. Fuente: CYPECAD

### 7.2.1 Armado

Las barras de acero del hormigón armado empleado en la cimentación son de acero B500S, su resistencia característica es de  $f_{yk}=500 \text{ N/mm}^2$

Armadura Superior	Longitudinal $\varnothing 12$ cada 25 cm
	Transversal $\varnothing 12$ cada 25 cm
Armadura inferior	Longitudinal $\varnothing 12$ cada 25 cm
	Transversal $\varnothing 12$ cada 25 cm

Tabla 5.28. Distribución del armado

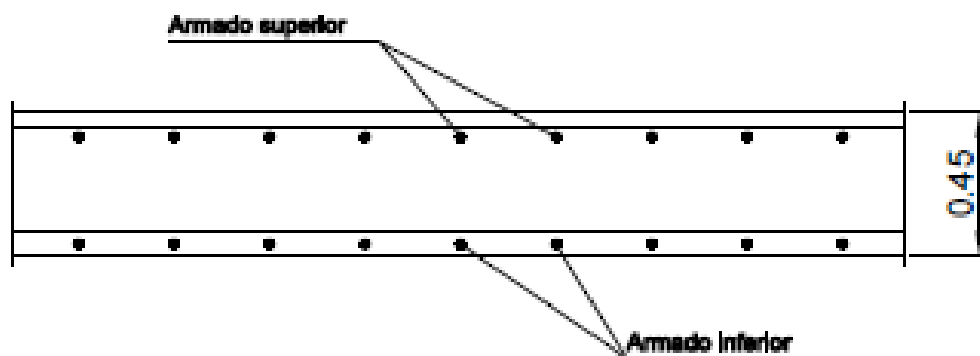


Figura 5.11. Sección tipo losa. Fuente: CYPE CAD

## 7.3 Cálculos

El cálculo y el dimensionamiento de la losa de cimentación están respaldados por el Programa CYPECAD CAD v2017.d. Se ha seguido un proceso iterativo de cálculo hasta llegar a una solución óptima, en la que no se produzcan acciones de vuelco.

### 7.3.1 Cálculo manual de la losa

#### Resistencia del terreno

$$N_{Total} = N + P_{Losa} = 50,30 \cdot 18 + 24,5(31,2 \cdot 15,2 \cdot 0,45) = 6133,896 \text{ kN}$$

$$\sigma_{Total} = \frac{N_{Total}}{a_2} = \frac{6133,869}{15,2^2} = 26,54 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} < \sigma_{admisible} = 200 \text{ kN/m}^2$$

Se cumple que la tensión total es inferior a la tensión admisible del terreno.

La tensión admisible del terreno considerada será la conseguida una vez realizado el proceso de mejora del terreno, la sustitución de la capa de rellenos antrópicos, para lo que se ha fijado que tras la compactación del nuevo relleno este deberá garantizar una tensión admisible de 2 kg/cm<sup>2</sup>.

En cuanto al peso de la losa, se ha considerado como el peso específico del hormigón por las dimensiones volumétricas de la losa, despreciando el peso de las armaduras.

## Anejo 06. Abastecimiento

## Índice

---

1.	Objeto.....	186
2.	Legislación aplicable.....	186
3.	Condiciones generales .....	186
3.1	Calidad de agua .....	186
3.2	Protección contra retornos .....	186
3.3	Condiciones mínimas de suministro .....	187
3.4	Mantenimiento .....	187
3.5	Señalización.....	187
3.6	Ahorro de agua.....	188
4.	Diseño.....	189
4.1	Separación respecto de otras instalaciones.....	189
4.2	Señalización.....	189
5.	Dimensionado de la red de distribución .....	190
5.1	Procedimiento de cálculo.....	190
5.2	Comprobación de la presión .....	191
6.	Instalación exterior .....	192
6.1	Acometida .....	193
6.2	Tubos de alimentación .....	194
6.3	Contador.....	195
7.	Instalación interior .....	196
7.1	Cuarto Técnico .....	196
7.2	Condiciones mínimas de suministro .....	197
7.3	Derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace .....	197
7.3.1	Diámetros mínimos .....	198
7.4	Instalaciones particulares.....	198
7.5	Instalación de ACS.....	199
7.5.1	Redes de impulsión .....	199
7.5.2	Redes de retorno.....	199
7.5.3	Aislamiento térmico .....	200
7.5.4	Producción de ACS .....	200
7.5.5	Bomba de circulación .....	200
8.	Red de abastecimiento 3D .....	202

## 1. Objeto

---

El objeto de este anejo es describir los elementos que componen la instalación de suministro de agua de la nave, así como las condiciones técnicas que debe cumplir dicha instalación para un buen funcionamiento.

Se incluye el abastecimiento de agua fría de los vestuarios y la zona de limpieza del material, así como el diseño de la red de agua caliente sanitaria (ACS) y el dimensionamiento de sus equipos.

El abastecimiento se realizara a través de la red de distribución municipal y el punto de conexión se hará acorde a las especificaciones de la gestora de agua potable de Bilbao.

El cálculo y el dimensionamiento estarán respaldados por el Programa CYPECAD MEP v2017.d.

## 2. Legislación aplicable

---

Para la elaboración del anejo se ha cotejado el Documento Básico HS Salubridad del CTE en su apartado "Suministro de agua".

A términos de cálculo y dimensionamiento, las instalaciones se clasifican como edificio de pública concurrencia, luego tanto la presión como la velocidad de suministro, deben garantizar un nivel de confort medio.

## 3. Condiciones generales

---

En el siguiente apartado se desarrolla la normativa a cumplir por las instalaciones.

### 3.1 Calidad de agua

1. Se debe cumplir lo establecido en la legislación vigente sobre el agua para consumo humano.
2. La compañía suministradora facilita los datos de caudal y presión, serán la base del dimensionamiento de la instalación.
3. El material utilizado en la instalación deberá cumplir con lo establecido en el Real Decreto 140/2003, del 7 de febrero (se podrán utilizar revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de aguas)
4. La instalación del suministro de agua debe contar con las características adecuadas que impidan la aparición de gérmenes patógenos o el desarrollo de biocapas.

### 3.2 Protección contra retornos

1. Se utilizarán sistemas anti retorno para evitar la inversión del sentido del flujo en los puntos especificados por la norma y en los que sea necesario.
2. La instalación de suministro únicamente se podrá conectar directamente a la red pública.



3. La llegada de agua, en los equipos y aparatos de la instalación, se hará de tal modo que no se produzcan retornos.
4. La instalación de antiretornos se hará con la combinación de grifos de vaciado de tal forma que siempre sea posible vaciar cualquier tramo de red.

### 3.3 Condiciones mínimas de suministro

1. La instalación deberá suministrar a los equipos y aparatos del equipamiento higiénico los caudales recogidos en la Norma:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm <sup>3</sup> /s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm <sup>3</sup> /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 6.1. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato. Fuente: CTE-DB-HS

2. En los puntos de consumo la presión mínima deberá ser de 100 KPa para grifos comunes y de 150 KPa para fluxores y calentadores.
3. La presión de cualquier punto de consumo no deberá superar los 500 KPa.
4. La temperatura del ACS en los puntos de consumo deberá comprender los 50 °C y 65 °C.

### 3.4 Mantenimiento

Las redes de tuberías, los sistemas de tratamiento de aguas o contadores, deben diseñarse de forma que sean accesibles para su mantenimiento y reparación, estando a la vista a través de; huecos, platinillos registrables o disponer de arquetas o registros.

### 3.5 Señalización

Deberá estar señalada cualquier instalación que suministre agua no apta para el consumo; las tuberías, los grifos y demás puntos terminales, de manera que puedan ser fácilmente identificados.

### 3.6 Ahorro de agua

1. Sistema de contabilización de agua fría y caliente para cada unidad de consumo.
2. Red de retorno en redes de ACS, cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea mayor o igual a 15 m.
3. Al ser un edificio de pública concurrencia, los grifos de los lavabos y cisternas deben estar dotados de dispositivos de ahorro de agua.

## 4. Diseño

El esquema general de la instalación de suministro de agua es el equivalente al de una red de contador general único, cuenta con: acometida, contador general, tubo de alimentación y distribuidor principal. Además de las derivaciones colectivas a los distintos puntos de suministro.

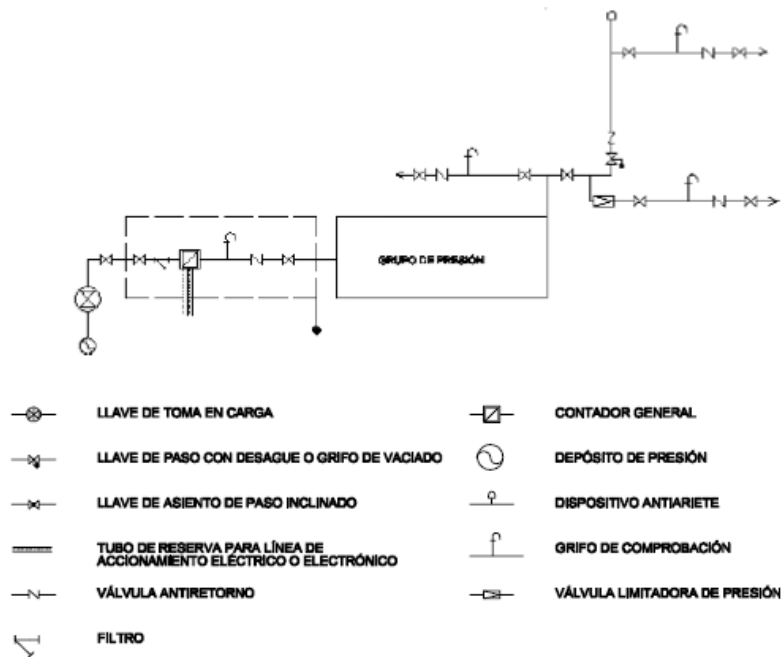


Figura 6.1. Esquema de *red de contador general*. Fuente: CTE-DB-HS

### 4.1 Separación respecto de otras instalaciones

1. Para que el tendido de las tuberías de agua fría, no se vea afectado por focos de calor, deberá discurrir al menos a una distancia de 4 cm con respecto a las tuberías de ACS. Además, las tuberías de agua fría deberán ir siempre por debajo de las de agua caliente.
2. Las tuberías deberán ir por debajo de las canalizaciones o elementos que contengan dispositivos eléctricos o electrónicos y cualquier red de telecomunicaciones, a una distancia en paralelo de al menos 30 cm.
3. Las tuberías deberán estar a una distancia de al menos 3 cm respecto a las conducciones de gas.

### 4.2 Señalización

1. Las tuberías de agua potable se señalarán con un color verde oscuro las de ACS y de color azul las de agua fría.
2. Las tuberías con agua de consumo no apto deberán ir señalizadas de manera inequívoca.

## 5. Dimensionado de la red de distribución

Se realiza un primer dimensionado seleccionando el tramo más desfavorable de la red de distribución, de esta forma se obtienen unos diámetros previos para los se comprueban las pérdidas de carga.

Siempre que sea posible se deberán optimizar el dimensionamiento.

### 5.1 Procedimiento de cálculo

Los valores de los diámetros se obtienen a partir de las formulas adjuntas a continuación:

- Factor de fricción

$$\lambda = 0,25 \left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^{-2}$$

Siendo:

$\varepsilon$ : Rugosidad absoluta

D: Diámetro (mm)

Re: Número de Reynolds

- Perdidas de carga lineales

Directamente proporcionales a la velocidad e inversamente proporcionales al diámetro

$$h_l = f(Re, \varepsilon_r) \frac{L}{D} \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Siendo:

Re: Número de Reynolds

$\varepsilon_r$ : Rugosidad relativa

D: Diámetro (mm)

V: Velocidad (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

- Montantes e instalación interior

Dimensionamiento en función de los caudales:

Para montantes con caudales entre  $Qt \leq 20 \text{ l/s}$  y  $Q_{\text{mín}} < 0,5 \text{ l/s}$

$$Q_c = 0,698(Q_t)^{0,5} - 0,12 \text{ (l/s)}$$

Siendo:

$Q_t$ : Caudal bruto (l/s)

$Q_c$ : Caudal simultáneo (l/s)

Para montantes con caudales entre  $Q_t \leq 20 \text{ l/s}$  y  $Q_{\text{mín}} \geq 0,5 \text{ l/s}$

$$Q_c = (Q_t)^{0,366} (\text{l/s})$$

Para montantes con caudales entre  $Q_t > 20 \text{ l/s}$

$$Q_c = 1,08(Q_t)^{0,5} - 1,83 (\text{l/s})$$

Para el dimensionamiento de cada tramo el caudal máximo será la suma de los caudales de los puntos de consumo. Además, los coeficientes de simultaneidad se establecerán según lo indicado en la norma UNE 149201.

El caudal de cada tramo será el producto del caudal máximo por el coeficiente de simultaneidad de ese tramo.

La velocidad de cálculo de cada tramo dependerá del material de la tubería, siendo entre 0,50 y 2 m/s para las metálicas y de entre 0,50 y 3,50 m/s para las termoplásticas y multicapas.

El último paso del cálculo será asignar un diámetro a cada tramo en función de la velocidad y el caudal.

## 5.2 Comprobación de la presión

Se deberá comprobar que la presión en el punto de consumo más desfavorable es superior a los mínimos ya indicados en el apartado “3.3 condiciones mínimas de suministro”, asimismo tampoco deberá superarse el valor máximo también indicado en el mismo apartado.

La pérdida de presión del circuito será la suma de las pérdidas totales de cada tramo. Las pérdidas de carga localizadas se podrán calcular como un 20% hasta 30% de las producidas sobre la longitud real del tramo.

Se comprobará la suficiencia de la presión disponible una vez obtenidas las pérdidas de presión del circuito. Se comprueba si son iguales a la presión disponible después de descontar a la presión total, la altura geométrica y residual del punto de consumo desfavorable.

En el caso de que en el punto de consumo no se llegue a los mínimos de presión establecidos se instalará un grupo de presión.

## 6. Instalación exterior

A continuación se exponen las condiciones y características que debe cumplir cada elemento de la instalación exterior. Los cálculos recogidos en el anejo se realizarán con el programa CYPECAD MEP, extensión de CYPE.

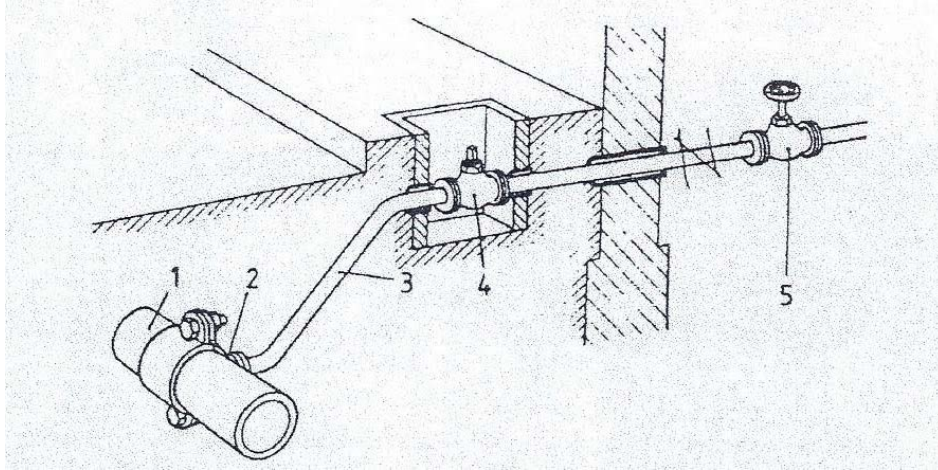


Figura 6.2. Esquema de la acometida

Siendo:

1. Tubería de la red pública
2. Punto de toma de la acometida
3. Tubo de acometida
4. Llave de corte exterior
5. Llave de corte general

Esquema de la acometida con contador general:

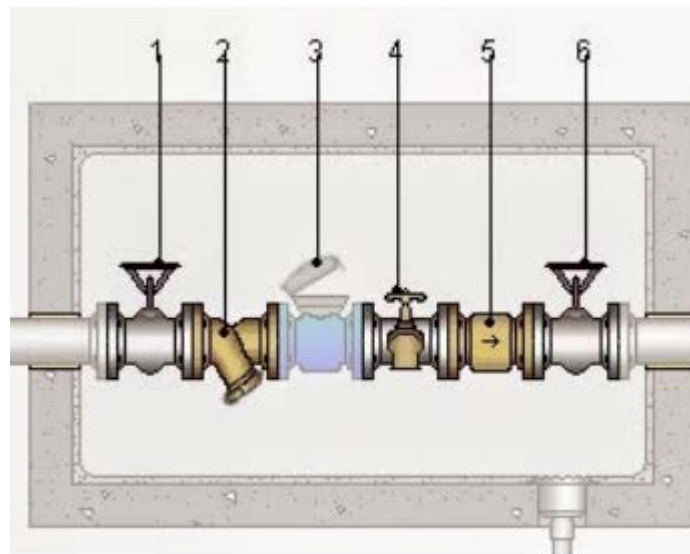


Figura 6.3. Esquema de un contador general en arqueta o armario.

Siguiendo la numeración de la figura:

1. Válvula de paso o llave de corte general, representa la indicación 5 de la anterior figura. Para dar paso al flujo por la tubería.
2. Filtro, retiene los residuos que pudiera transportar el agua.
3. Contador general.
4. Grifo de comprobación para toma de muestras.
5. Válvula antiretorno, para evitar que se invierta el sentido del flujo.
6. Válvula de paso, abre o cierra el paso del flujo a la instalación interior.

### 6.1 Acometida

Se han utilizado los planos proporcionados por el Consorcio de Aguas de Bilbao para seleccionar el punto de toma de la acometida. Entre las posibles opciones; se ha dispuesto la toma en la tubería de suministro público que transcurre a lo largo de la calle Ribera de Zorrotzaurre, por debajo de la acera de la zona posterior de la nave.

Irá enterrada a lo largo de 8,29 m, uniendo la red pública de abastecimiento de agua potable con la instalación general de la nave, su recorrido se ha diseñado sin uniones o empalmes intermedios no registrables. Se basa en un tubo de polietileno PE 100, de 40 mm de diámetro exterior y 2,4 mm de espesor, PN= 10 atm, colocada sobre un lecho de arena de 15 cm de espesor, en el fondo de una zanja previamente excavada como ya se ha previsto en el anejo 3.

La acometida cuenta con un collarín de toma en carga y una llave de corte exterior. El collarín va colocado sobre la tubería de la red de distribución pública, siendo el enlace entre la acometida y la red.

Siguiendo la numeración de la figura:

1. Tubería de la red de distribución pública
2. Brida de collar
3. Junta de estanqueidad
4. Acometida

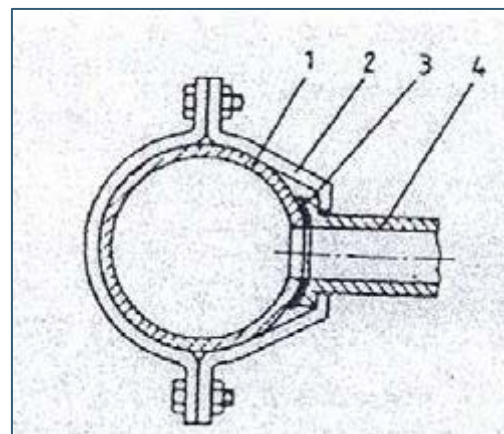


Figura 6.4. Esquema del punto de toma

En cuanto a la llave de corte exterior, se ha seleccionado una válvula de esfera 1.1/4" de latón que cumple con las respectivas normativas UNE. En cuanto a sus dimensiones; tiene un paso de 40 mm. Irá alojada en una arqueta prefabricada de polipropileno de 30x30x30 cm,

colocada sobre solera de hormigón en masa HM-20/P/20/I de 15 cm de espesor, fuera de los límites de la propiedad.

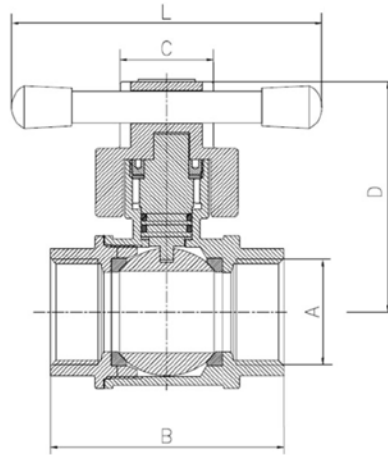


Figura 6.5. Llave de corte de esfera. Fuente: catálogo TMM

La tabla siguiente recoge las dimensiones y características hidráulicas de la acometida:

Cálculo hidráulico de las acometidas												
Tramo	$L_r$ (m)	$L_t$ (m)	$Q_b$ (l/s)	K	Q (l/s)	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	8.29	9.95	14.60	0.18	2.67	0.30	35.20	40.00	2.74	2.24	39.50	36.96
Abreviaturas utilizadas												
$L_r$	Longitud medida sobre planos						$D_{int}$	Diámetro interior				
$L_t$	Longitud total de cálculo ( $L_r + L_{ac}$ )						$D_{com}$	Diámetro comercial				
$Q_b$	Caudal bruto						v	Velocidad				
K	Coeficiente de simultaneidad						J	Pérdida de carga del tramo				
Q	Caudal, aplicada simultaneidad ( $Q_b \times K$ )						$P_{ent}$	Presión de entrada				
h	Desnivel						$P_{sal}$	Presión de salida				

Tabla 6.2. Cálculo hidráulico de la acometida. Fuente: CYPECAD MEP

## 6.2 Tubos de alimentación

El tubo de alimentación de agua potable tiene una longitud de 3,18 m y se utilizara un tubo de acero galvanizado estirado sin soldadura, de 40 mm de diámetro.

La tabla siguiente recoge las dimensiones y características hidráulicas del tramo:

Cálculo hidráulico de los tubos de alimentación												
Tramo	$L_r$ (m)	$L_t$ (m)	$Q_b$ (l/s)	K	Q (l/s)	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	3.18	3.82	14.60	0.18	2.67	3.00	41.90	40.00	1.93	0.38	32.96	29.08
Abreviaturas utilizadas												
$L_r$	Longitud medida sobre planos						$D_{int}$	Diámetro interior				
$L_t$	Longitud total de cálculo ( $L_r + L_{ac}$ )						$D_{com}$	Diámetro comercial				
$Q_b$	Caudal bruto						v	Velocidad				
K	Coeficiente de simultaneidad						J	Pérdida de carga del tramo				
Q	Caudal, aplicada simultaneidad ( $Q_b \times K$ )						$P_{ent}$	Presión de entrada				
h	Desnivel						$P_{sal}$	Presión de salida				

Tabla 6.3. Cálculo hidráulico de los tubos de alimentación. Fuente: CYPECAD MEP



En cuanto a su instalación, irá enterrado sobre un lecho de arenas de 10 cm de espesor en el interior de una zanja excavada específicamente para ese fin, como se recoge en el anejo 3. Una vez colocado el tubo se rellenará con arena la zanja, ya compactada y nivelada, hasta la generatriz superior de la tubería.

### 6.3 Contador

La nave está dotada con un contador general único, alojado en un armario del cuarto técnico anexo a la nave.

La norma establece unas dimensiones específicas para el armario o arqueta del contador general:

Dimensiones en mm	Diámetro nominal del contador en mm										
	Armario					Cámara					
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
Largo	600	600	900	900	1300	2100	2100	2200	2500	3000	3000
Ancho	500	500	500	500	600	700	700	800	800	800	800
Alto	200	200	300	300	500	700	700	800	900	1000	1000

Tabla 6.4. Dimensiones del armario o de la arqueta para el contador general. Fuente: CTE-DB-HS

Como ya se ha aclarado en el anterior apartado, el tubo de alimentación es de 40 mm de diámetro, como el contador debe tener el mismo diámetro, su diámetro nominal será de 40 mm, y siguiendo las especificaciones del CTE las dimensiones del armario serán de 1300x600x500 mm<sup>3</sup>.

## 7. Instalación interior

Es el conjunto de tuberías, elementos de maniobra, control y seguridad. Comienza en la llave de corte exterior de la acometida, desde la que se distribuye el agua hasta la entrada de los cuartos húmedos, dotados con sus correspondientes llaves para poder abrir o cerrar el suministro de agua.

A continuación se adjunta el esquema de la red de suministro interior diseñada para la nave:

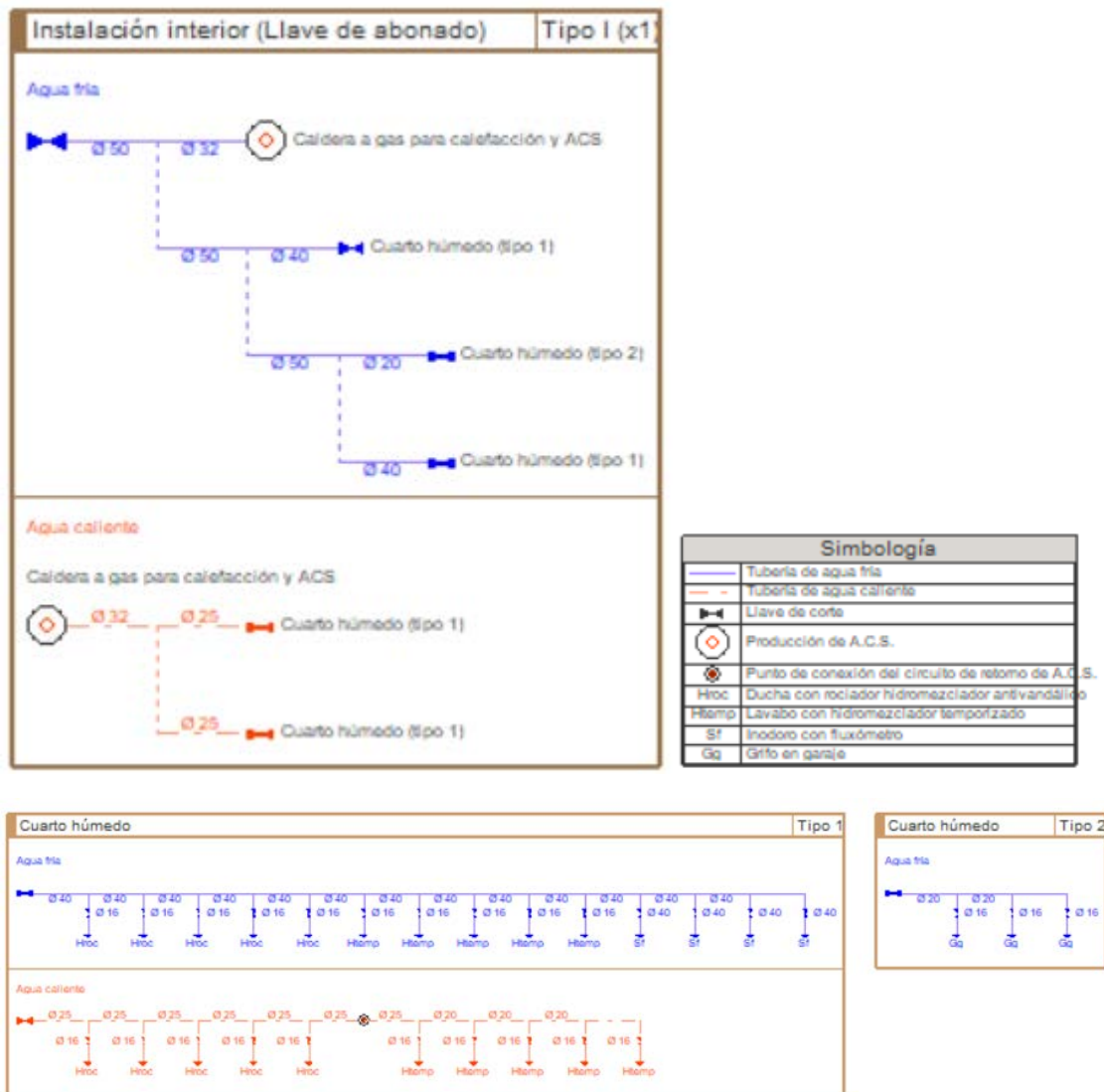


Figura 6.6. Esquema instalación interior. Fuente: CYPECAD MEP

El mantenimiento no se incluye en el proyecto, se ha planteado como competencia del cliente.

### 7.1 Cuarto Técnico

Se ha diseñado un cuarto técnico de 3x2 m<sup>2</sup> anexo a la nave, con el objetivo de alojar el equipo de las distintas instalaciones y así facilitar las tareas de mantenimiento.

En cuanto a la instalación de abastecimiento, en la habitación se alojan:

- La preinstalación de control

- Una llave de abonado
- Una caldera de gas para calefacción y ACS
- Una bomba de impulsión para retorno de ACS

## 7.2 Condiciones mínimas de suministro

Se ha asignado un nivel de confort medio, por lo que deberán cumplirse unos valores estándar de presión y velocidad en los distintos puntos de consumo de la red, además de las condiciones mínimas de suministro recogidas en la norma.

Nivel de confort			
<input type="radio"/> Básico <input checked="" type="radio"/> Medio <input type="radio"/> Alto			
Suministro de agua			
Presión		Velocidad	
Mínima para grifos comunes:	12.00 m.c.a.	Mínima:	0.50 m/s
Mínima para fluxores:	15.00 m.c.a.	Máxima en tuberías metálicas:	1.50 m/s
Mínima para calentadores:	15.00 m.c.a.	Máxima en tuberías termoplásticas y multicapa:	2.50 m/s
Máxima:	40.00 m.c.a.		

Tabla 6.5. Valores estándar de presión y velocidad para un nivel de confort medio. Fuente: CYPECAD MEP

Contrastando ambas tablas se comprueba que las instalaciones diseñadas cumplen con los valores estándar de presión y velocidad, y las condiciones mínimas de suministro.

Condiciones mínimas de suministro a garantizar en cada punto de consumo			
Tipo de aparato	$Q_{\min}$ AF (l/s)	$Q_{\min}$ A.C.S. (l/s)	$P_{\min}$ (m.c.a.)
Ducha con rociador hidromezclador antivandálico	0.15	0.120	12
Inodoro con fluxómetro	1.25	-	15
Lavabo con hidromezclador temporizado	0.25	0.200	15
Grifo en garaje	0.20	-	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 6.6. Condiciones mínimas de suministro en cada punto de consumo de la nave. Fuente: CYPECAD MEP

La temperatura de suministro del ACS deberá estar entre los valores de 50 °C y 65 °C y la presión en cada punto de consumo no será superior a 40 m.c.a.

## 7.3 Derivaciones a cuartos húmedos y ramales de enlace

Se han dispuesto 5 llaves de cuarto húmedo, de forma que, aunque se corte el suministro de un tramo de la red, no se impida el abastecimiento de agua al resto de puntos de consumo de la nave.

Los vestuarios de mujeres y hombres cuentan cada uno con dos llaves; una para el ACS y otra para el agua fría. La última llave corresponde a los 3 grifos de la parte frontal de la nave con acceso a la ría, para la limpieza del material deportivo.

Vista en planta de la red de abastecimiento:

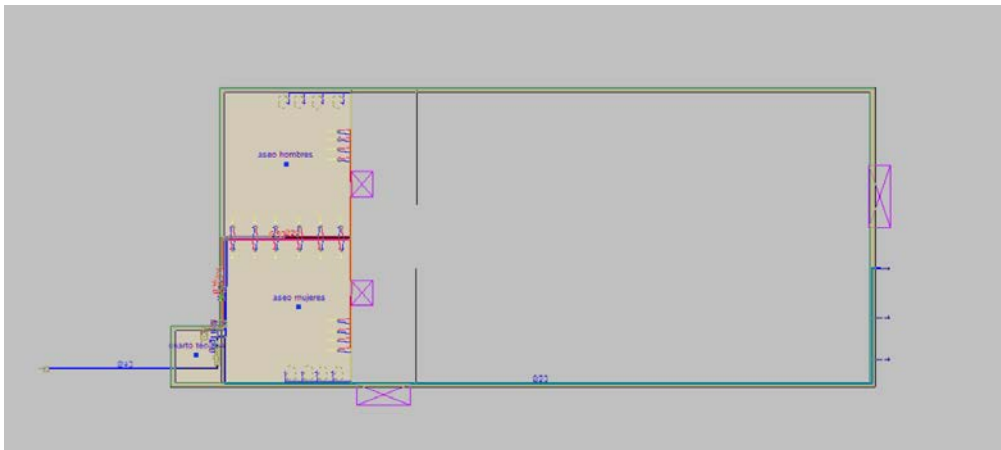


Figura 6.7. Vista en planta de la red de abastecimiento. Fuente: CYPECAD MEP

### 7.3.1 Diámetros mínimos

La norma CTE-DB-HS también establece una serie de diámetros mínimos para el dimensionamiento de los tubos de alimentación y los ramales de enlace a los aparatos domésticos o puntos de consumo.

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)
Ducha con rociador hidromezclador antivandálico	---	16
Inodoro con fluxómetro	---	40
Lavabo con hidromezclador temporizado	---	16
Grifo en garaje	---	16

Tabla 6.7. Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos. Fuente: CYPECAD MEP

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 6.8. Diámetros mínimos de alimentación. Fuente: CYPECAD MEP

En el dimensionamiento se utilizará el mismo procedimiento de cálculo explicado en anteriores apartados, siempre teniendo en cuenta los valores mínimos.

## 7.4 Instalaciones particulares

Para su cálculo se utilizarán las fórmulas de; factor de fricción, pérdidas de carga, montantes e instalación interior, ya explicadas en el apartado "5.1 Procedimiento de cálculo" de este documento.

Toda la instalación se ha planteado con tubos de polietileno reticulado (PE-X), para los siguientes diámetros: 16 mm (4.33 m), 20 mm (39.89 m), 50 mm (0.65 m). Irán colocados

superficialmente y fijados al paramento a 0,2 metros del techo, a excepción de las tuberías de los grifos frontales que irán a 0,5 m del suelo.

La tabla siguiente recoge las dimensiones y características hidráulicas de cada tramo:

Cálculo hidráulico de las instalaciones particulares													
Tramo	T <sub>tub</sub>	L <sub>r</sub> (m)	L <sub>t</sub> (m)	Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q (l/s)	h (m.c.a.)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	v (m/s)	J (m.c.a.)	P <sub>ent</sub> (m.c.a.)	P <sub>sal</sub> (m.c.a.)
3-4	Instalación interior (F)	0.62	0.74	14.60	0.18	2.67	0.04	40.80	50.00	2.04	0.08	29.08	28.96
4-5	Instalación interior (F)	0.03	0.04	7.60	0.28	2.10	0.00	40.80	50.00	1.61	0.00	28.96	28.96
5-6	Instalación interior (F)	0.08	0.09	0.60	0.70	0.42	-0.01	16.20	20.00	2.04	0.03	28.96	28.44
6-7	Cuarto húmedo (F)	34.34	41.21	0.60	0.70	0.42	-0.14	16.20	20.00	2.04	14.12	28.44	14.46
7-8	Cuarto húmedo (F)	5.47	6.57	0.40	0.80	0.32	-3.19	16.20	20.00	1.56	1.37	14.46	16.28
8-9	Puntal (F)	4.33	5.20	0.20	1.00	0.20	1.60	12.40	16.00	1.66	1.70	16.28	12.98

Abreviaturas utilizadas	
T <sub>tub</sub>	Tipo de tubería: F (Agua fría), C (Agua caliente)
L <sub>r</sub>	Longitud medida sobre planos
L <sub>t</sub>	Longitud total de cálculo (L <sub>r</sub> + L <sub>u</sub> )
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q	Caudal, aplicada simultaneidad (Q <sub>b</sub> x K)
h	Desnivel
D <sub>int</sub>	Diámetro interior
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
v	Velocidad
J	Pérdida de carga del tramo
P <sub>ent</sub>	Presión de entrada
P <sub>sal</sub>	Presión de salida

Instalación interior: Llave de abonado (Llave de abonado)  
Punto de consumo con mayor caída de presión (Gg): Grifo en garaje

Tabla 6.9. *Calculo hidráulico de las instalaciones particulares.* Fuente: CYPECAD MEP

Se cumple con los valores mínimos y máximos de presión de suministro ya expuestos en la tabla 6.6.

## 7.5 Instalación de ACS

Cuenta con una caldera para calefacción y ACS, así como una bomba de circulación como elemento auxiliar del sistema de retorno diseñado.

### 7.5.1 Redes de impulsión

Se utilizaran las mismas técnicas empleadas para el dimensionamiento del suministro de agua fría.

### 7.5.2 Redes de retorno

El CTE DB HS establece la necesidad de diseñar una Red de retorno en redes de ACS, cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea mayor o igual a 15 m, para evitar un gasto excesivo de agua fría.

El sistema de retorno planteado; se inicia en el tramo entre el punto de consumo de la primera ducha y el primer lavabo, hasta la caldera, en ambos vestuarios. De esta manera el gasto de agua fría previo a la salida del agua caliente; será únicamente la equivalente al tramo entre el extremo de la red de retorno y el primer lavabo.

Instrucciones de la Norma CTE-DB-HS para su dimensionado:

1. Para el cálculo del caudal del sistema de retorno se parte de la base de que en el grifo más alejado la pérdida de temperatura es como máximo de 3 °C.
2. No se recirculará menos de 250 l/h en cada columna, en el caso de que se cumpla esta situación.

3. Reglas empíricas para el cálculo del caudal de retorno; se recircula como mínimo un 10% del agua de alimentación, un diámetro mínimo de 16 mm para la tubería de retorno, se dimensionan los diámetros en función del caudal según la siguiente tabla.

<b>Relación entre diámetro de tubería y caudal recirculado de A.C.S.</b>	
Diámetro de la tubería (pulgadas)	Caudal recirculado (l/h)
1/2	140
3/4	300
1	600
1 <sup>1/4</sup>	1100
1 <sup>1/2</sup>	1800
2	3300

Tabla 6.10. Relación entre el diámetro de tubería y caudal recirculado de ACS

### 7.5.3 Aislamiento térmico

El cálculo del espesor del aislamiento térmico de las conducciones deberá hacerse “de acuerdo a lo indicado en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios RITE y sus Instrucciones Técnicas complementarias ITE” CTE-DEB-HS.

### 7.5.4 Producción de ACS

Para la producción de ACS y calefacción se ha optado por una caldera de gas de pie, a 1,3 m sobre la cota del suelo.

A pesar de que en el proyecto se plantee esta solución, se recomienda hacer un estudio sobre la eficiencia de la implantación de placas solares térmicas para la producción de ACS, ya que supone una alternativa más sostenible.

La tabla siguiente recoge las características hidráulicas de la instalación de ACS:

<b>Cálculo hidráulico de los equipos de producción de A.C.S.</b>		
Referencia	Descripción	Q <sub>cal</sub> (l/s)
Llave de abonado	Caldera a gas para calefacción y ACS	1.13
Abreviaturas utilizadas		
Q <sub>cal</sub>	Caudal de cálculo	

Tabla 6.11. *Calculo hidráulico de la caldera de gas para calefacción y ACS.* Fuente: CYPECAD MEP

### 7.5.5 Bomba de circulación

Para recircular e impulsar el agua caliente se ha de instalar una bomba a la salida de la caldera.

Las características de la bomba seleccionada se recogen en la siguiente tabla:

Cálculo hidráulico de las bombas de circulación			
Ref	Descripción	Q <sub>cal</sub> (l/s)	P <sub>cal</sub> (m.c.a.)
	Electrobomba centrífuga, de hierro fundido, de tres velocidades, con una potencia de 0,071 kW	0.12	0.66
Abreviaturas utilizadas			
Ref	Referencia de la unidad de ocupación a la que pertenece la bomba de circulación	P <sub>cal</sub>	Presión de cálculo
Q <sub>cal</sub>	Caudal de cálculo		

Tabla 6.12. *Calculo hidráulico de la bomba de circulación para el ACS.* Fuente: CYPECAD MEP

## 8. Red de abastecimiento 3D

A continuación se adjuntan varias vistas 3D de la red de abastecimiento diseñada para la nave, se incluyen los dos cuartos húmedos, la grifería exterior, el equipo del cuarto técnico e instalación exterior.

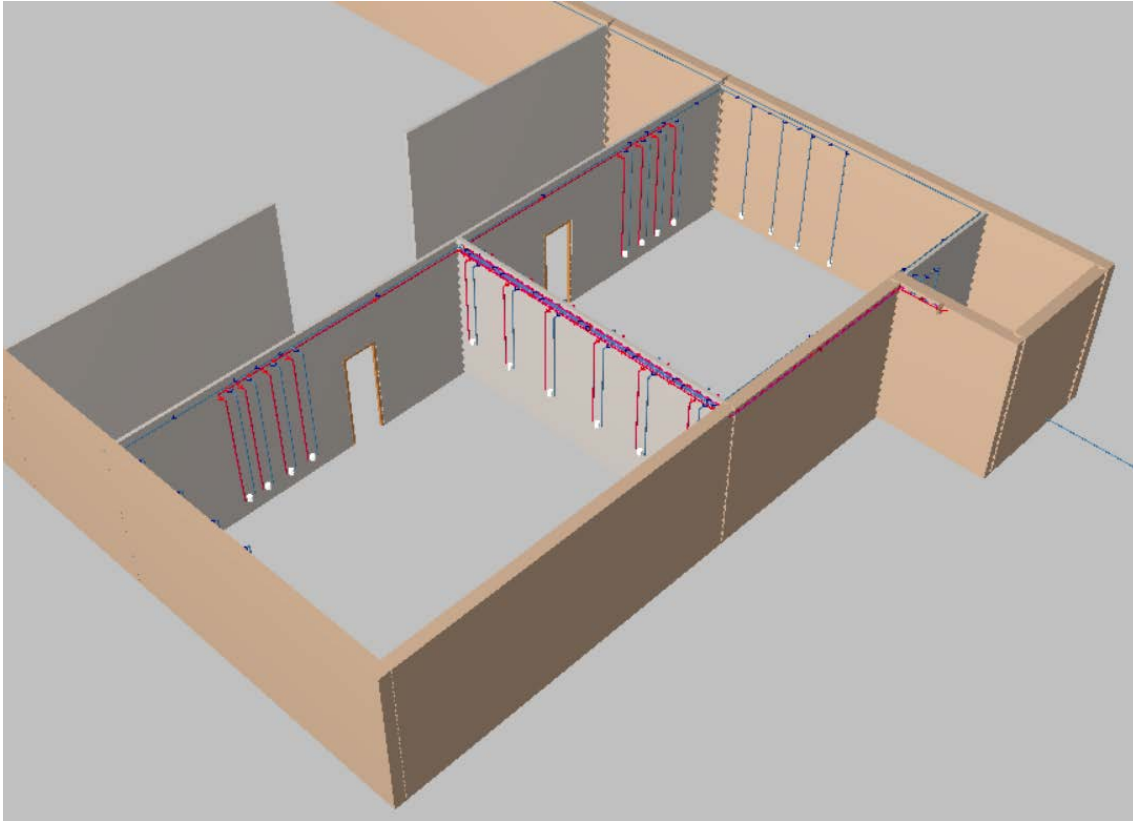


Figura 6.8. Cuartos húmedos, puntos de consumo de; duchas, lavabos e inodoros.

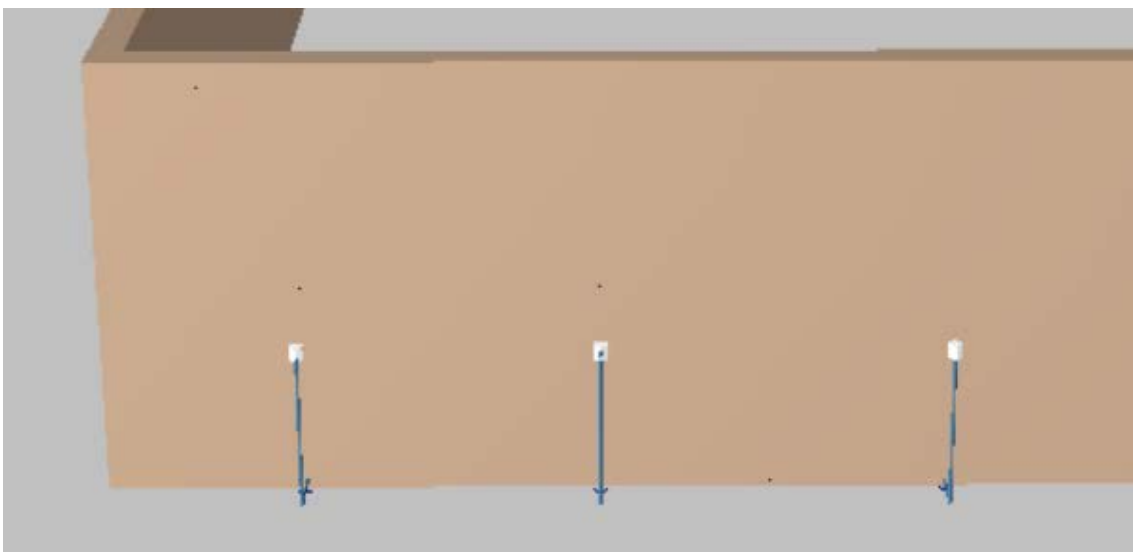


Figura 6.9. Grifería exterior para la limpieza del material deportivo.



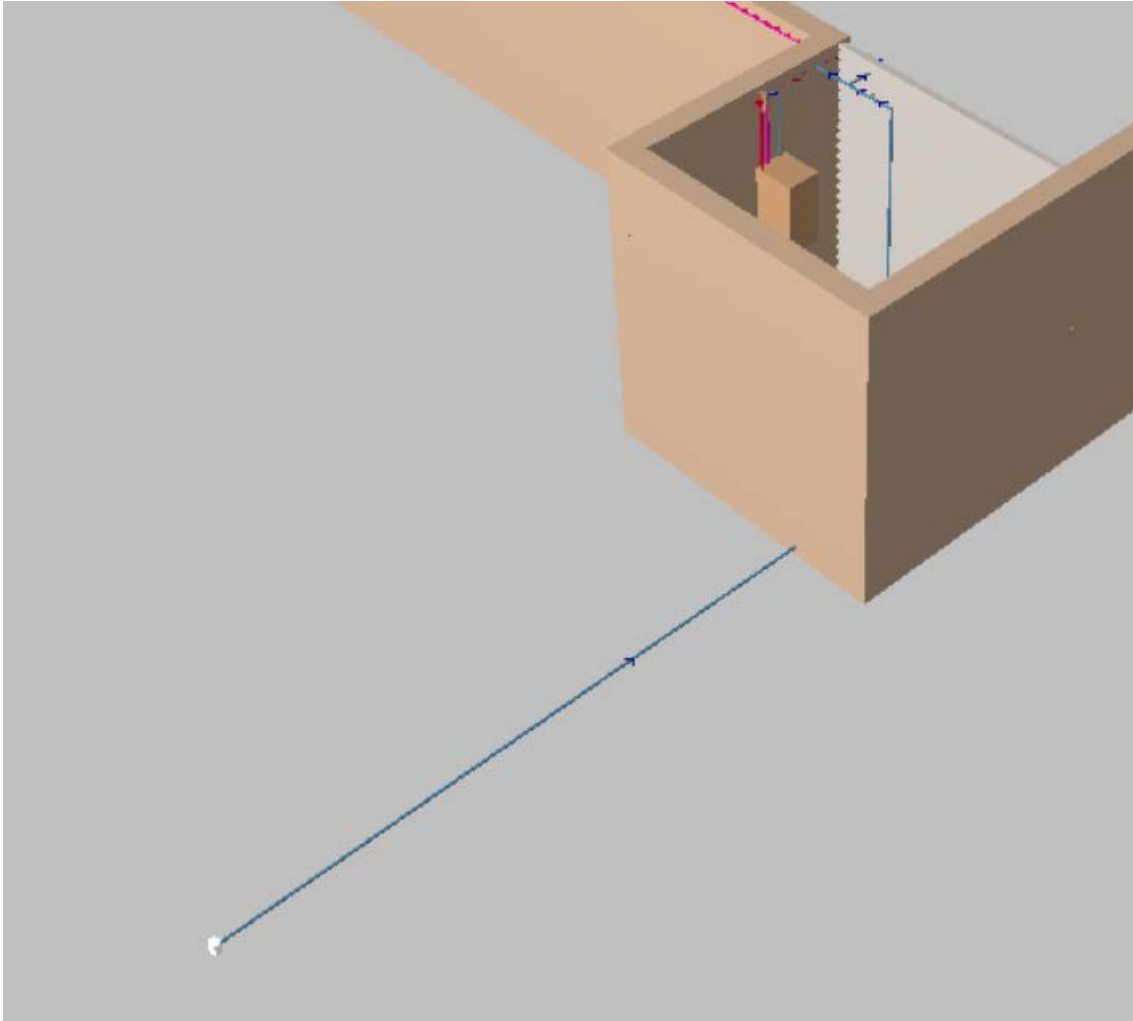


Figura 6.10. Cuarto técnico y acometida.

## Anejo 07. Saneamiento

## Índice

---

1. Objeto.....	204
2. Legislación aplicable.....	204
3. Características de la instalación .....	204
3.1 Tuberías para aguas residuales .....	204
3.1.1 Red de pequeña evacuación .....	204
3.1.2 Bajantes.....	205
3.1.3 Colectores.....	206
3.2 Tuberías para aguas pluviales .....	207
3.2.1 Bajantes.....	207
3.2.2 Colectores.....	207
3.3 Elementos de conexión .....	207
4. Cálculos .....	209
4.1 Red de aguas residuales .....	209
4.1.1 Red de pequeña evacuación .....	209
4.1.2 Ramales colectores.....	210
4.1.3 Bajante .....	210
4.1.4 Colectores.....	210
4.1.5 Acometida .....	211
4.2 Red de aguas pluviales .....	211
4.2.1 Canalón.....	211
4.2.2 Bajante .....	212
4.2.3 Colector .....	212
4.3 Tuberías para aguas mixtas.....	213
4.3.1 Colectores mixtos.....	213
4.3.2 Acometida .....	213
4.4 Redes de ventilación .....	213
4.4.1 Sistema de ventilación primaria.....	213
4.5 Dimensionamiento hidráulico.....	213
4.5.1 Caudal.....	213
4.5.2 Tuberías horizontales .....	214
4.5.3 Tuberías verticales.....	214
5. Dimensionado .....	216
5.1 Red de aguas residuales .....	216
5.1.1 Acometida 1 .....	217

5.1.2	Acometida 2 .....	218
5.1.3	Acometida 3 .....	220
5.2	Red de aguas pluviales .....	221
5.2.1	Acometida 2 .....	222
5.2.2	Acometida 3 .....	223
5.3	Colectores mixtos.....	224
5.3.1	Acometida 2 .....	224
5.3.2	Acometida 3 .....	224
6.	Red de saneamiento 3D .....	225

## 1. Objeto

---

El objeto de este anejo es describir y diseñar los elementos de la red de saneamiento de las zonas auxiliares de la nave, así como la justificación de las condiciones técnicas que deben reunir.

El cálculo y dimensionamiento estará respaldado por el Programa CYPE MEP v2017.d.

## 2. Legislación aplicable

---

Para la elaboración del anejo se ha cotejado el Documento Básico HS Salubridad del CTE

A términos de cálculo se ha contrastado la norma UNE EN 12056 y para las especificaciones técnicas de ejecución la UNE EN 752 y UNE EN 476.

## 3. Características de la instalación

---

La red de evacuación interior de un edificio consta de tres partes:

- Conjunto de tuberías de evacuación (desagües, derivaciones, bajantes y colectores).
- Elementos auxiliares, fundamentalmente cierres hidráulicos; sifones, sumideros y arquetas.
- Red de ventilación.

### 3.1 Tuberías para aguas residuales

La red de aguas residuales es una necesidad complementaria a la red de agua fría, que una vez introducida el agua en el edificio y realizado su objetivo debe salir al exterior, lo que implica una red interior de evacuación que va recogiendo todos los vertidos de los distintos puntos de la nave y los unifica en un pozo de acometida. Este punto de recogida es la salida del agua residual a la red de alcantarillado, que a su vez agrupa los desagües de más edificios del núcleo urbano.

#### 3.1.1 Red de pequeña evacuación

Debe diseñarse de acuerdo a los criterios expuestos en el CTE DB HS:

1. El trazado deberá ser lo más sencillo posible con el fin de conseguir una circulación por gravedad, sin cambios bruscos.
2. La red debe ir conectada a la bajante, en el caso de no ser posible, al manguetón del inodoro.
3. Las derivaciones que acometen al bote sinfónico deben tener una longitud igual o menor a 2,5 m, y una pendiente de entre el 2 y el 4 %. Los aparatos con sifón individual, como duchas, inodoros o lavabos, poseen otras características específicas.
4. Los lavabos deben incorporar un rebosadero.
5. No se dispondrán desagües enfrentados en el caso de que acometen en una tubería común.

6. Las uniones de los desagües a las bajantes deben tener la mayor inclinación posible, no siendo menor que  $45^{\circ}$ .
7. En los sifones individuales los ramales de desagüe de los aparatos sanitarios deben unirse al tubo de derivación y que este desemboque en la bajante. Si esto no fuera posible existen otras opciones ver la norma CTE DB HS.
8. Evitar los desagües bombeados.



Figura 7.1. Ejemplo de red de pequeña evacuación bajo el forjado

### 3.1.2 Bajantes

Son las tuberías verticales que recogen el vertido de las derivaciones (tubería horizontal con cierta inclinación que enlaza todos los desagües) y desemboca en los colectores.

En la parte superior se disponen terminales de aireación.

Siguiendo el CTE DB HS:

1. Deben realizarse sin desviaciones ni retranqueos y con el mismo diámetro uniforme en toda su altura excepto, en el caso de bajantes residuales, cuando existan obstáculos en el recorrido o un inodoro exija unas dimensiones específicas.
2. El diámetro no debe reducirse en el sentido de la corriente.
3. Se podrá aumentar el diámetro cuando los caudales que acometan a la bajante sean mucho mayores que los del tramo situado aguas arriba.

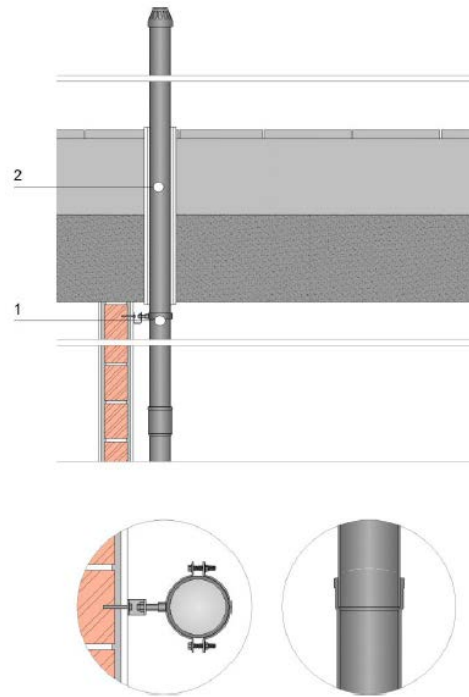


Figura 7.2. Detalle de la bajante y terminal de aireación.

### 3.1.3 Colectores

Son tuberías horizontales encargadas de recoger el agua de las bajantes y canalizarlas hasta el alcantarillado urbano. Pueden disponerse colgados o enterrados, en este caso se ha diseñado enterrado, por tanto según el CTE DB HS:

- Los tubos deberán contar con una zanja de las dimensiones adecuadas, por debajo de la red de distribución de agua potable.
- La pendiente debe ser de al menos el 2%.
- La acometida de las bajantes y los manguetones a la red se hará con interposición de una arqueta de pie de bajante, sin sifón.
- Se dispondrán registros como máximo cada 15 m.

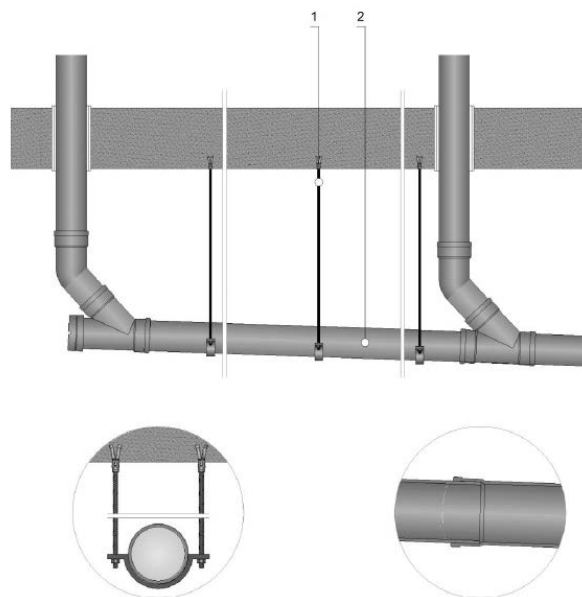


Figura 7.3. Detalle del colector enterrado

## 3.2 Tuberías para aguas pluviales

La red de aguas pluviales es la encargada de evacuar el agua de la cubierta de la nave. Esta agua, denominada agua pluvial, es la procedente de precipitación natural; de la lluvia o de la nieve, de escorrentías o drenajes.

Se ha dividido la superficie de cubierta en seis áreas pluviales para dimensionar la red de evacuación, que consta de 6 tramos de canalón cada uno con su correspondiente bajante.

### 3.2.1 Bajantes

Es la canalización que conduce verticalmente las aguas pluviales, desde los canalones. En la parte superior se disponen terminales de aireación.

### 3.2.2 Colectores

La red de aguas pluviales se ha diseñado con colectores enterrados, al igual que para la red de saneamiento residual.

## 3.3 Elementos de conexión

Citando la norma CTE DB HS para los elementos de conexión de la red de evacuación:

1. En la red enterrada la unión entre la red vertical y horizontal deben realizarse con arquetas sobre cimiento de hormigón con tapa practicable. Solo puede acometer un colector por cada cara de arqueta, y el ángulo<sup>o</sup> entre la salida y el colector debe ser mayor que 90<sup>o</sup>.
2. Al final de la instalación y antes de la acometida debe disponerse el pozo general del edificio.



3. Si la diferencia entre la cota del extremo final de la instalación y el punto de acometida es superior a 1m, debe disponerse un pozo de resalto, siendo la conexión entre la red interior de evacuación y la exterior de alcantarillado.

4. Los registros para limpieza de colectores deben situarse; en cada encuentro y cambio de dirección y en el caso de tramos rectos intercalados.

## 4. Cálculos

Para los cálculos se dimensiona por un lado la red de aguas residuales y por otro la red de aguas pluviales, de manera separada e independiente, posteriormente se dimensiona la conexión de ambas redes antes de su salida a la red exterior.

Se adjudicará un número de unidades de desagüe (UD) a cada aparato sanitario en función de su uso; público o privado.

### 4.1 Red de aguas residuales

#### 4.1.1 Red de pequeña evacuación

La norma CTE DB HS adjunta una tabla para la adjudicación de unidades de desagüe a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de los sifones y las derivaciones individuales, en función de cual sea su 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 7.1. UD's correspondientes a los distintos aparatos sanitarios. Fuente: CTE DB HS

La tabla solo es aplicable en el caso de que los ramales individuales tengan como máximo una longitud de 1,5 m. En caso de ser superiores deberá efectuarse un cálculo pormenorizado para definir los diámetros.

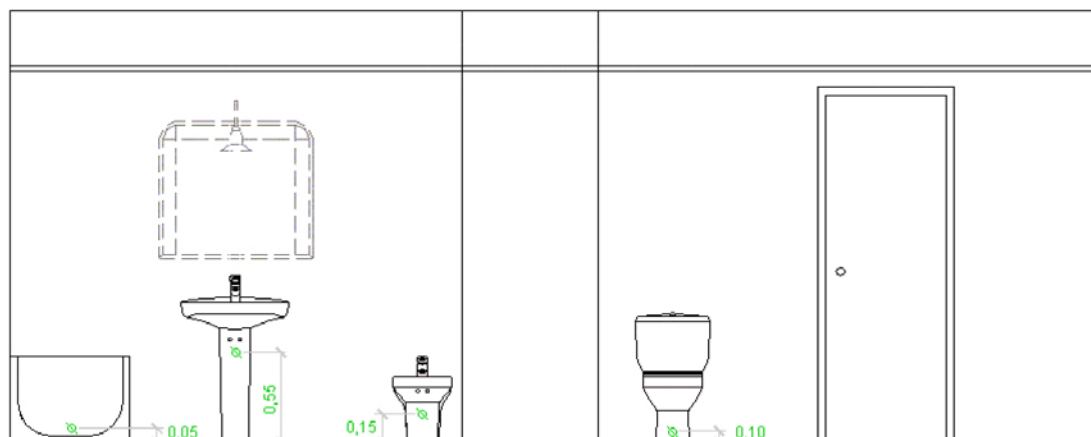


Figura 7.4. Esquema genérico de la disposición de los puntos de la red de saneamiento. Fuente: CYPECAD MEP

Se ha diseñado una red de pequeña evacuación, colocada superficialmente, de PVC, serie B, según UNE-EN 1329-1, unión pegada con adhesivo.

#### 4.1.2 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 7.2. Diámetro de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante. Fuente: CTE DB HS

#### 4.1.3 Bajante

El dimensionado de las bajantes se ha realizado de acuerdo a la siguiente tabla, en la que se relaciona el diámetro de la bajante con el número de alturas de la nave y el número máximo de unidades de desagüe, siendo el diámetro de la misma constante en toda su altura.

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

Tabla 7.3 Diámetro de las bajantes según el número de alturas del edificio y las UDs. Fuente: CTE DB HS

Los valores de la tabla garantizan una variación de presión menor a 250 Pa en la tubería de la bajante, siendo la superficie ocupada por el caudal 1/3 de la sección transversal de la tubería.

La desviación y la bajante donde acomete tendrán el mismo diámetro, ya que se han diseñado formando un ángulo con la vertical menor a 45°.

#### 4.1.4 Colectores

El diámetro se ha dimensionado a partir de la siguiente tabla, en función de la pendiente del colector y el máximo número de unidades de desagüe.

Diámetro (mm)	Máximo número de UD's 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 7.4. Diámetro del colector horizontal en función de la pendiente y el número máximo de UD. Fuente:CTE DB HS

Los valores de la tabla garantizan que bajo las condiciones de un flujo uniforme el agua evacuada ocupara la mitad de la sección transversal de la tubería.

Se ha diseñado un colector enterrado de saneamiento, sin arquetas, mediante sistema integral registrable, de tubo de PVC liso, serie SN-2, rigidez anular nominal 2 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, con junta elástica.

#### 4.1.5 Acometida

Se han diseñado varias acometidas de saneamiento a la red general del municipio, de tubo de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, pegado mediante adhesivo.

## 4.2 Red de aguas pluviales

### 4.2.1 Canalón

El valor del diámetro nominal del canalón se ha establecido a partir de la superficie de cubierta proyectada (420 m<sup>2</sup>) y su pendiente. Se ha considerado una intensidad pluviométrica máxima de 100mm/h y una solución de canalón rectangular.

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m <sup>2</sup> ) Pendiente del canalón				Diámetro nominal del canalón (mm)
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 7.5. Diámetro nominal del canalón. Fuente: CTE DB HS

El anexo B del documento CTE DB HS adjunta un mapa de isoyetas dividido en dos zonas y lo relaciona con una tabla para obtener la intensidad pluviométrica, en el caso de municipio de Bilbao se obtiene que es de 155 mm/h.

Como la intensidad pluviométrica de Bilbao es distinta a 100 mm/h, debe aplicarse un factor de corrección a la superficie de cubierta proyectada:

$$f = i/100$$

Siendo  $i = 155$  mm/h, la intensidad pluviométrica considerada para el municipio de Bilbao.

Se utilizará un modelo de canalón trapecial de PVC con óxido de titanio, color blanco, según UNE-EN 607.

#### 4.2.2 Bajante

El diámetro nominal de la bajante se define en función de la siguiente tabla, esta tiene en cuenta la superficie de proyección horizontal de la cubierta para una intensidad pluviométrica de 100 mm/h.

Superficie de cubierta en proyección horizontal(m <sup>2</sup> )	Diámetro nominal de la bajante (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1544	160
2700	200

Tabla 7.6. *Diámetro de bajante en función de la superficie proyectada para 100mm/h.* Fuente: CTE DB HS

Se debe considerar un factor de corrección, ya definido en el anterior apartado, para la superficie horizontal proyectada de cubierta.

Las bajantes serán circulares de PVC con óxido de titanio, color gris claro, según UNE-EN 12200-1.

#### 4.2.3 Colector

El diámetro se calcula planteando una situación de sección llena en régimen permanente, en función de la superficie a la que dan servicio y a su pendiente.

Superficie proyectada (m <sup>2</sup> ) 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 7.7. *Diámetro de los colectores de aguas pluviales para 100 mm/h.* Fuente: CTE DB HS

En el caso del dimensionamiento de los colectores no es necesario aplicar un coeficiente de corrección para la intensidad pluviométrica.

Se utilizaran tubos de PVC liso, serie SN-2, rigidez anular nominal 2 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, con junta elástica.

## 4.3 Tuberías para aguas mixtas

### 4.3.1 Colectores mixtos

Para dimensionar los colectores de tipo mixto se han transformado las unidades de desagüe de las aguas residuales en superficies equivalentes a recogidas de aguas y después sumado a las correspondientes a las aguas pluviales. El diámetro de estos nuevos colectores se obtiene igual que para los de las aguas pluviales.

Para la transformación de las unidades de desagüe en superficie equivalente para un régimen pluviométrico de 100 mm/h se ha seguido el siguiente criterio:

- Para un número de UD menor o igual que 250 la superficie equivalente es de 90 m<sup>2</sup>.
- Para un número de UD mayor que 250 la superficie equivalente es de 0,36x número de UD m<sup>2</sup>.

Posteriormente se ha aplicado a la superficie equivalente el factor de corrección ya definido en el apartado “4.2.2 Canalón”, ya que el régimen pluviométrico del municipio de Bilbao es superior a 100mm/h.

Se han dimensionado colectores enterrados, sin arquetas, mediante sistema integral registrable, de tubo de PVC liso, serie SN-2, rigidez anular nominal 2 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, con junta elástica.

### 4.3.2 Acometida

Conecta con la red general, se ha diseñado de tubo de PVC liso, serie SN-4, rigidez anular nominal 4 kN/m<sup>2</sup>, según UNE-EN 1401-1, pegado mediante adhesivo.

## 4.4 Redes de ventilación

Las tuberías de ventilación se disponen con el objetivo de evitar las fluctuaciones de presión en el interior de las tuberías de descarga.

En este caso como la nave únicamente cuenta con dos alturas se ha diseñado un sistema de ventilación primaria.

### 4.4.1 Sistema de ventilación primaria

Tiene como función evacuar el aire de la bajante para evitar subpresiones y sobrepresiones durante su funcionamiento. Consiste en la prolongación de la bajante por encima de la última planta hasta la cubierta. La prolongación y la bajante tienen el mismo diámetro.

## 4.5 Dimensionamiento hidráulico

A continuación se exponen las fórmulas utilizadas para el dimensionamiento hidráulico de los distintos componentes de la red de evacuación de aguas pluviales y residuales.

### 4.5.1 Caudal

Residuales (UNE-EN 12056-2)

$$Q_{tot} = Q_{ww} + Q_c$$

Siendo:

$Q_{tot}$ : caudal total

$Q_{ww}$ : caudal de aguas residuales (l/s)

$Q_c$ : caudal continuo (l/s)

El cálculo del caudal de aguas residuales:

$$Q_{ww} = K \sqrt{\sum UD}$$

Siendo:

K: coeficiente por frecuencia de uso

Sum (UD): suma de las unidades de descarga

Pluviales (UN-EN 12056-3)

$$Q = C \times I \times A$$

Siendo:

Q: caudal (l/s)

C: coeficiente de escorrentía

I: intensidad (l.s.m<sup>2</sup>)

A: área (m<sup>2</sup>)

#### 4.5.2 Tuberías horizontales

Utilizando la fórmula de Manning para verificar el diámetro.

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$$

Siendo:

Q: caudal (l/s)

N: coeficiente de Manning

A: área de la tubería ocupada por el fluido (m<sup>2</sup>)

$R_h$ : radio hidráulico (m)

I: pendiente (mm)

#### 4.5.3 Tuberías verticales

Para verificar el diámetro se han empleado las siguientes formulas.

### Residuales

$$Q = 3.15 \times 10^{-4} \times r^{5/3} \times D^{8/3}$$

Siendo:

Q: caudal (l/s)

r: nivel de llenado

D: diámetro (mm)

### Pluviales

$$Q_{RWP} = 2.5 \times 10^{-4} \times k_b^{1/6} \times d_i^{8/3} \times f^{5/3}$$

Siendo:

$Q_{RWP}$ : caudal (l/s)

$k_b$ : rugosidad (0,25 mmm)

$d_i$ : diámetro (mm)

f: nivel de llenado



## 5. Dimensionado

A continuación se adjuntan las tablas del dimensionamiento de los distintos elementos de la red de evacuación obtenidas a partir del programa CYPE 2017.d Mep.

### 5.1 Red de aguas residuales

Se han diseñado 3 acometidas para cubrir la red de aguas residuales de ambos aseos, con sus correspondientes pozos de registro antes de llegar a la red de alcantarillado público.

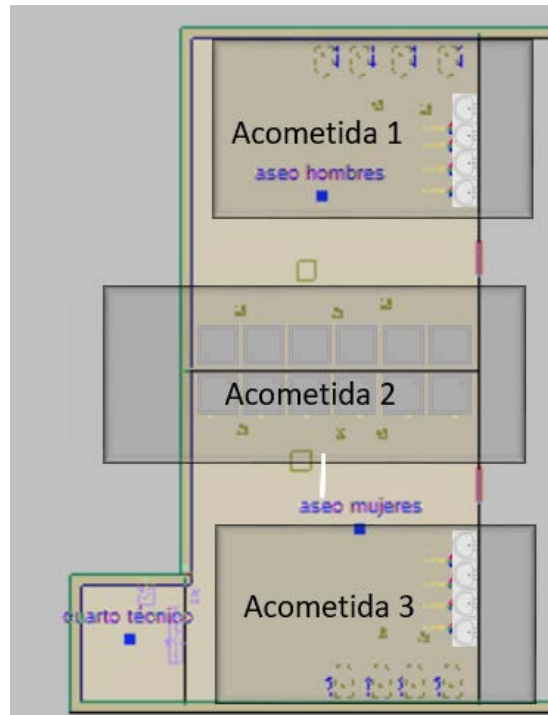


Figura 7.5. Esquema solución de acometidas de la red de evacuación de aguas residuales.

## 5.1.1 Acometida 1

Red de pequeña evacuación											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
5-6	1.53	10.73	3.00	75	1.41	1.00	1.41	28.10	1.64	69	75
6-7	1.78	2.00	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
5-8	1.44	12.41	6.00	75	2.82	1.00	2.82	38.93	2.09	69	75
8-9	0.93	2.28	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
8-10	1.07	2.00	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
5-11	1.16	15.32	6.00	75	2.82	1.00	2.82	36.79	2.26	69	75
11-12	1.13	2.00	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
11-13	1.02	2.21	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
16-17	1.49	11.94	6.00	75	2.82	1.00	2.82	39.34	2.06	69	75
17-18	1.10	2.00	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
17-19	1.02	2.16	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
16-20	1.25	14.39	6.00	75	2.82	1.00	2.82	37.41	2.21	69	75
20-21	1.04	2.00	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
20-22	1.01	2.06	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50
16-23	1.59	10.37	3.00	75	1.41	1.00	1.41	28.34	1.62	69	75
23-24	1.77	2.00	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50

Abreviaturas utilizadas			
L	Longitud medida sobre planos	Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
i	Pendiente	Y/D	Nivel de llenado
UDs	Unidades de desagüe	v	Velocidad
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
K	Coefficiente de simultaneidad		

Tabla 7.8. Dimensionamiento hidráulico red de pequeña evacuación Acometida 1. Fuente: CYPECAD MEP

Bajantes con ventilación primaria						
Ref.	L (m)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Q <sub>t</sub> (l/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
4-14	7.22	15.00	110	3.52	107	110
15-25	7.21	15.00	110	3.52	107	110

Abreviaturas utilizadas			
Ref.	Referencia en planos	Q <sub>t</sub>	Caudal total
L	Longitud medida sobre planos	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
UDs	Unidades de desagüe	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo		

Tabla 7.9. Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 1. Fuente: CYPECAD MEP

Colectores												
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico							
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	
1-2	2.73	2.12	30.00	160	14.10	0.33	4.70	26.82	1.20	152	160	
2-3	3.53	2.13	30.00	160	14.10	0.33	4.70	26.41	1.20	154	160	
3-4	4.27	2.44	15.00	110	7.05	0.50	3.52	37.95	1.20	104	110	
4-5	0.13	8.03	15.00	75	7.05	0.50	3.52	49.90	1.89	69	75	
3-15	3.88	2.44	15.00	110	7.05	0.50	3.52	37.95	1.20	104	110	
15-16	0.30	2.89	15.00	90	7.05	0.50	3.52	49.87	1.29	84	90	

Abreviaturas utilizadas			
L	Longitud medida sobre planos	Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
i	Pendiente	Y/D	Nivel de llenado
UDs	Unidades de desagüe	v	Velocidad
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
K	Coefficiente de simultaneidad		

Tabla 7.10. Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 1. Fuente: CYPECAD MEP

Arquetas				
Ref.	Ltr (m)	ic (%)	D <sub>sal</sub> (mm)	Dimensiones comerciales (cm)
3	3.53	2.13	160	60x60x75 cm
5	0.13	8.03	75	50x50x60 cm
16	0.30	2.89	90	50x50x60 cm

Abreviaturas utilizadas			
Ref.	Referencia en planos	ic	Pendiente del colector
Ltr	Longitud entre arquetas	D <sub>sal</sub>	Diámetro del colector de salida

Tabla 7.11. Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 1. Fuente: CYPECAD MEP

## 5.1.2 Acometida 2

Red de pequeña evacuación												
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico							
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	
25-26	1.59	10.33	6.00	75	2.82	1.00	2.82	40.93	1.96	69	75	
26-27	1.09	3.27	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50	
26-28	1.78	2.00	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50	
25-29	0.31	46.82	6.00	90	2.82	1.00	2.82	21.25	3.31	84	90	
29-30	1.15	2.79	6.00	90	2.82	1.00	2.82	44.32	1.20	84	90	
30-31	0.93	2.28	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50	
30-32	1.07	2.00	3.00	50	1.41	1.00	1.41	-	-	44	50	
25-33	0.92	19.38	6.00	75	2.82	1.00	2.82	34.55	2.46	69	75	

Abreviaturas utilizadas			
L	Longitud medida sobre planos	Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
i	Pendiente	Y/D	Nivel de llenado
UDs	Unidades de desagüe	v	Velocidad
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial
K	Coefficiente de simultaneidad		

Tabla 7.12. Dimensionamiento hidráulico red de pequeña evacuación Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

Red de pequeña evacuación											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
31-32	0.23	31.57	10.00	110	4.70	1.00	4.70	-	-	104	110
31-33	1.44	3.51	6.00	75	2.82	0.71	1.99	45.60	1.20	69	75
33-34	0.88	2.37	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40
33-35	1.04	2.00	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40
33-36	0.81	2.59	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40
30-37	0.72	2.00	10.00	110	4.70	1.00	4.70	-	-	104	110
40-41	0.22	48.06	10.00	110	4.70	1.00	4.70	-	-	104	110
40-42	1.56	3.66	4.00	75	1.88	1.00	1.88	43.59	1.20	69	75
42-43	2.47	2.00	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40
42-44	2.16	2.29	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40
39-45	0.86	2.00	10.00	110	4.70	1.00	4.70	-	-	104	110

Abreviaturas utilizadas	
L	Longitud medida sobre planos
i	Pendiente
UDs	Unidades de desagüe
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
Y/D	Nivel de llenado
v	Velocidad
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.13. Dimensionamiento hidráulico red de pequeña evacuación Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

Bajantes con ventilación primaria						
Ref.	L (m)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Q <sub>t</sub> (l/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
30-38	6.52	26.00	125	6.11	122	125
39-46	6.76	24.00	125	6.51	122	125

Abreviaturas utilizadas	
Ref.	Referencia en planos
L	Longitud medida sobre planos
UDs	Unidades de desagüe
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>t</sub>	Caudal total
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.14. Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

Colectores											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
29-30	1.11	1.66	26.00	125	12.22	0.50	6.11	46.91	1.20	119	125
30-31	0.34	2.09	16.00	110	7.52	0.58	4.34	44.41	1.20	104	110
29-39	1.61	1.59	24.00	125	11.28	0.58	6.51	49.29	1.20	119	125
39-40	0.31	1.99	14.00	110	6.58	0.71	4.65	46.85	1.20	104	110

Abreviaturas utilizadas	
L	Longitud medida sobre planos
i	Pendiente
UDs	Unidades de desagüe
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
Y/D	Nivel de llenado
v	Velocidad
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.15. Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

Colectores												
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico							
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	
23-24	3.99	2.54	18.00	160	8.46	0.45	3.78	22.65	1.20	154	160	
24-25	0.26	2.54	18.00	160	8.46	0.45	3.78	22.65	1.20	154	160	
23-37	3.88	2.54	18.00	160	8.46	0.45	3.78	22.65	1.20	154	160	
37-38	0.30	2.54	18.00	160	8.46	0.45	3.78	22.65	1.20	154	160	

Abreviaturas utilizadas	
L	Longitud medida sobre planos
i	Pendiente
UDs	Unidades de desagüe
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
Y/D	Nivel de llenado
v	Velocidad
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.16. Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

Arquetas				
Ref.	Ltr (m)	ic (%)	D <sub>sal</sub> (mm)	Dimensiones comerciales (cm)
28	3.89	2.00	160	70x70x80 cm
29	4.91	2.00	160	60x60x70 cm

Abreviaturas utilizadas	
Ref.	Referencia en planos
Ltr	Longitud entre arquetas
ic	Pendiente del colector
D <sub>sal</sub>	Diámetro del colector de salida

Tabla 7.17. Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

## 5.1.3 Acometida 3

Red de pequeña evacuación												
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico							
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	
65-66	0.28	22.58	10.00	110	4.70	1.00	4.70	-	-	104	110	
65-67	1.23	3.51	6.00	75	2.82	0.71	1.99	45.60	1.20	69	75	
67-68	0.77	2.61	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40	
67-69	1.00	2.00	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40	
67-70	0.97	2.07	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40	
64-71	0.85	2.00	10.00	110	4.70	1.00	4.70	-	-	104	110	
74-75	0.32	30.28	10.00	110	4.70	1.00	4.70	-	-	104	110	
74-76	1.47	3.66	4.00	75	1.88	1.00	1.88	43.59	1.20	69	75	
76-77	1.87	2.32	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40	
76-78	2.18	2.00	2.00	40	0.94	1.00	0.94	-	-	34	40	
73-79	0.83	2.00	10.00	110	4.70	1.00	4.70	-	-	104	110	

Abreviaturas utilizadas	
L	Longitud medida sobre planos
i	Pendiente
UDs	Unidades de desagüe
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
Y/D	Nivel de llenado
v	Velocidad
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.18. Dimensionamiento hidráulico red de pequeña evacuación Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP

Bajantes con ventilación primaria						
Ref.	L (m)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Q <sub>t</sub> (l/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
64-72	6.53	26.00	125	6.11	122	125
73-80	6.52	24.00	125	6.51	122	125

Abreviaturas utilizadas	
Ref.	Referencia en planos
L	Longitud medida sobre planos
UDs	Unidades de desagüe
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>t</sub>	Caudal total
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.19. Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP

Colectores											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
63-64	1.35	1.66	26.00	125	12.22	0.50	6.11	46.91	1.20	119	125
64-65	0.25	2.09	16.00	110	7.52	0.58	4.34	44.41	1.20	104	110

Abreviaturas utilizadas	
L	Longitud medida sobre planos
i	Pendiente
UDs	Unidades de desagüe
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
Y/D	Nivel de llenado
v	Velocidad
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Colectores											
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico						
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
63-73	1.38	1.59	24.00	125	11.28	0.58	6.51	49.29	1.20	119	125
73-74	0.25	1.99	14.00	110	6.58	0.71	4.65	46.85	1.20	104	110

Abreviaturas utilizadas	
L	Longitud medida sobre planos
i	Pendiente
UDs	Unidades de desagüe
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto
K	Coefficiente de simultaneidad
Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)
Y/D	Nivel de llenado
v	Velocidad
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.20. Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP

Arquetas				
Ref.	Ltr (m)	ic (%)	D <sub>sal</sub> (mm)	Dimensiones comerciales (cm)
62	4.02	2.00	160	70x70x80 cm
63	4.71	2.00	160	60x60x70 cm

Abreviaturas utilizadas	
Ref.	Referencia en planos
Ltr	Longitud entre arquetas
ic	Pendiente del colector
D <sub>sal</sub>	Diámetro del colector de salida

Tabla 7.21. Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP

## 5.2 Red de aguas pluviales

Para el término municipal seleccionado (Bilbao) la isoyeta es '10' y la zona pluviométrica 'A'. Con estos valores le corresponde una intensidad pluviométrica '155 mm/h'.

## 5.2.1 Acometida 2

Canalones								
Tramo	A (m <sup>2</sup> )	L (m)	i (%)	D <sub>min</sub> (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico	
							Y/D (%)	v (m/s)
49-50	54.58	6.85	0.50	200	155.00	1.00	-	-
52-53	53.99	6.66	0.50	200	155.00	1.00	-	-
55-56	55.17	6.90	0.50	200	155.00	1.00	-	-
58-59	54.10	6.71	0.50	200	155.00	1.00	-	-

Abreviaturas utilizadas			
A	Área de descarga al canalón	I	Intensidad pluviométrica
L	Longitud medida sobre planos	C	Coefficiente de escorrentía
i	Pendiente	Y/D	Nivel de llenado
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	v	Velocidad

Tabla 7.22. Dimensionamiento hidráulico canalones Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

Bajantes (canalones)								
Ref.	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico			
					Q (l/s)	f	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
48-49	54.58	100	155.00	1.00	2.35	0.141	97	100
51-52	53.99	100	155.00	1.00	2.32	0.140	97	100
54-55	55.17	100	155.00	1.00	2.38	0.141	97	100
57-58	54.10	100	155.00	1.00	2.33	0.140	97	100

Abreviaturas utilizadas			
A	Área de descarga a la bajante	Q	Caudal
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	f	Nivel de llenado
I	Intensidad pluviométrica	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
C	Coefficiente de escorrentía	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.23. Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

Colectores								
Tramo	L (m)	i (%)	D <sub>min</sub> (mm)	Q <sub>c</sub> (l/s)	Cálculo hidráulico			
					Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
29-47	10.24	2.00	160	7.05	33.09	1.32	154	160
47-48	0.98	20.45	160	2.35	10.82	2.17	154	160
47-51	1.21	16.48	160	2.32	11.34	2.01	154	160
47-54	8.31	3.74	160	2.38	16.38	1.20	154	160
28-57	1.52	15.74	160	2.33	11.47	1.98	154	160

Abreviaturas utilizadas			
L	Longitud medida sobre planos	Y/D	Nivel de llenado
i	Pendiente	v	Velocidad
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo	D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
Q <sub>c</sub>	Caudal calculado con simultaneidad	D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.24. Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

Arquetas				
Ref.	Ltr (m)	ic (%)	D <sub>sal</sub> (mm)	Dimensiones comerciales (cm)
47	10.24	2.00	160	60x60x50 cm

Abreviaturas utilizadas	
Ref.	Referencia en planos
Ltr	Longitud entre arquetas
ic	Pendiente del colector
D <sub>sal</sub>	Diámetro del colector de salida

Tabla 7.25. Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

## 5.2.2 Acometida 3

Canalones								
Tramo	A (m <sup>2</sup> )	L (m)	i (%)	D <sub>min</sub> (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico	
							Y/D (%)	v (m/s)
83-84	54.45	6.73	0.50	200	155.00	1.00	-	-
86-87	53.87	6.68	0.50	200	155.00	1.00	-	-
89-90	55.04	6.86	0.50	200	155.00	1.00	-	-
92-93	53.98	7.09	0.50	200	155.00	1.00	-	-

Abreviaturas utilizadas	
A	Área de descarga al canalón
L	Longitud medida sobre planos
i	Pendiente
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
I	Intensidad pluviométrica
C	Coefficiente de escorrentía
Y/D	Nivel de llenado
v	Velocidad

Tabla 7.26. Dimensionamiento hidráulico canalones Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP

Bajantes (canalones)								
Ref.	A (m <sup>2</sup> )	D <sub>min</sub> (mm)	I (mm/h)	C	Cálculo hidráulico			
					Q (l/s)	f	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
82-83	54.45	100	155.00	1.00	2.34	0.140	97	100
85-86	53.87	100	155.00	1.00	2.32	0.139	97	100
88-89	55.04	100	155.00	1.00	2.37	0.141	97	100
91-92	53.98	100	155.00	1.00	2.32	0.140	97	100

Abreviaturas utilizadas	
A	Área de descarga a la bajante
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
I	Intensidad pluviométrica
C	Coefficiente de escorrentía
Q	Caudal
f	Nivel de llenado
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.27. Dimensionamiento hidráulico bajantes Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP

Colectores								
Tramo	L (m)	i (%)	D <sub>min</sub> (mm)	Q <sub>c</sub> (l/s)	Cálculo hidráulico			
					Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)
63-81	10.40	2.00	160	7.03	33.05	1.32	154	160
81-82	1.20	16.69	160	2.34	11.35	2.02	154	160
81-85	1.35	14.78	160	2.32	11.62	1.93	154	160
81-88	8.33	3.75	160	2.37	16.35	1.20	154	160
62-91	1.63	14.74	160	2.32	11.64	1.93	154	160

Abreviaturas utilizadas	
L	Longitud medida sobre planos
i	Pendiente
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo
Q <sub>c</sub>	Caudal calculado con simultaneidad
Y/D	Nivel de llenado
v	Velocidad
D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial
D <sub>com</sub>	Diámetro comercial

Tabla 7.28. Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP



Arquetas				
Ref.	Ltr (m)	ic (%)	D <sub>sal</sub> (mm)	Dimensiones comerciales (cm)
81	10.40	2.00	160	60x60x50 cm
Abreviaturas utilizadas				
Ref.	Referencia en planos		ic	Pendiente del colector
Ltr	Longitud entre arquetas		D <sub>sal</sub>	Diámetro del colector de salida

Tabla 7.29. Dimensionamiento hidráulico arquetas Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP

## 5.3 Colectores mixtos

### 5.3.1 Acometida 2

Colectores												
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico							
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	
26-27	2.96	2.00	50.00	160	32.88	0.54	17.69	56.40	1.68	152	160	
27-28	3.89	2.00	50.00	160	32.88	0.54	17.69	55.42	1.68	154	160	
28-29	4.91	2.00	50.00	160	30.55	0.50	15.36	50.88	1.62	154	160	
Abreviaturas utilizadas												
L	Longitud medida sobre planos				Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)						
i	Pendiente				Y/D	Nivel de llenado						
UDs	Unidades de desagüe				v	Velocidad						
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo				D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial						
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto				D <sub>com</sub>	Diámetro comercial						
K	Coeficiente de simultaneidad											

Tabla 7.30. Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 2. Fuente: CYPECAD MEP

### 5.3.2 Acometida 3

Colectores												
Tramo	L (m)	i (%)	UDs	D <sub>min</sub> (mm)	Cálculo hidráulico							
					Q <sub>b</sub> (l/s)	K	Q <sub>s</sub> (l/s)	Y/D (%)	v (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	D <sub>com</sub> (mm)	
60-61	2.93	2.00	50.00	160	32.86	0.54	17.67	56.35	1.68	152	160	
61-62	4.02	2.00	50.00	160	32.86	0.54	17.67	55.38	1.68	154	160	
62-63	4.71	2.00	50.00	160	30.53	0.50	15.34	50.84	1.62	154	160	
Abreviaturas utilizadas												
L	Longitud medida sobre planos				Q <sub>s</sub>	Caudal con simultaneidad (Q <sub>b</sub> x k)						
i	Pendiente				Y/D	Nivel de llenado						
UDs	Unidades de desagüe				v	Velocidad						
D <sub>min</sub>	Diámetro nominal mínimo				D <sub>int</sub>	Diámetro interior comercial						
Q <sub>b</sub>	Caudal bruto				D <sub>com</sub>	Diámetro comercial						
K	Coeficiente de simultaneidad											

Tabla 7.31. Dimensionamiento hidráulico colectores Acometida 3. Fuente: CYPECAD MEP

## 6. Red de saneamiento 3D

A continuación se adjuntan varias vistas 3D de la red de saneamiento diseñada para la nave.

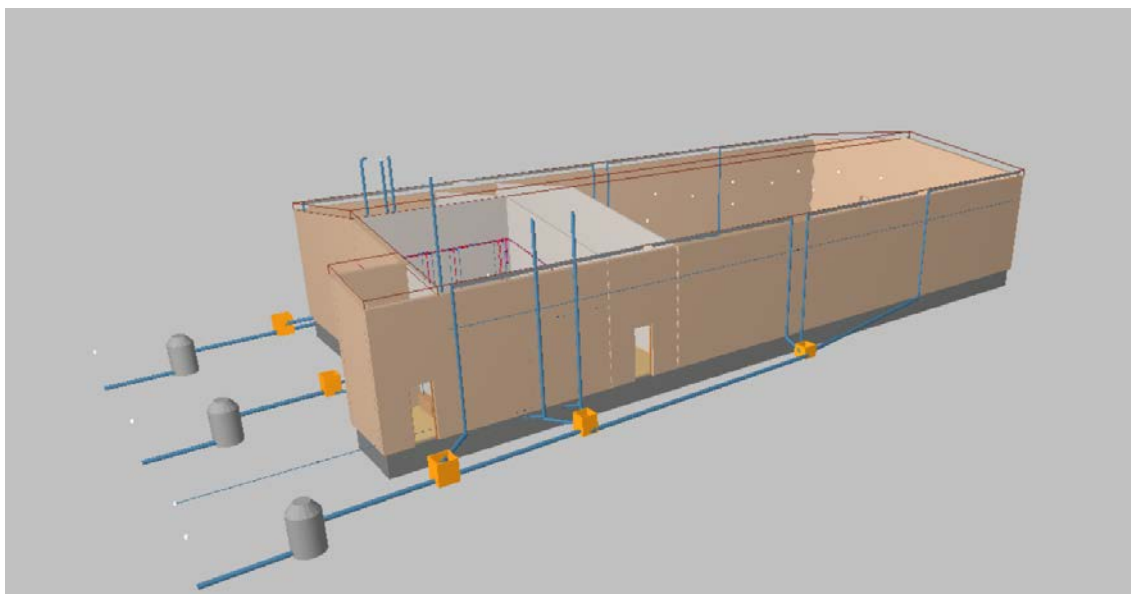


Figura 7.6. Solución 3D de la red de saneamiento

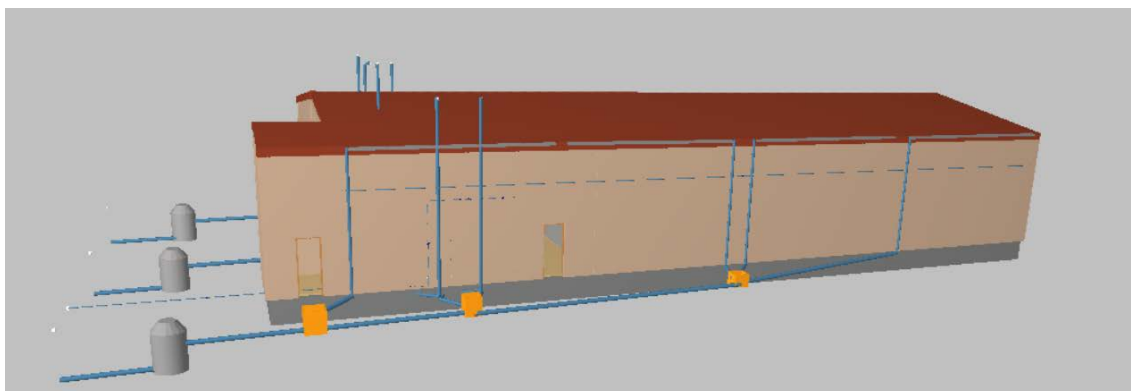


Figura 7.7. Solución 3D detalle red de aguas pluviales

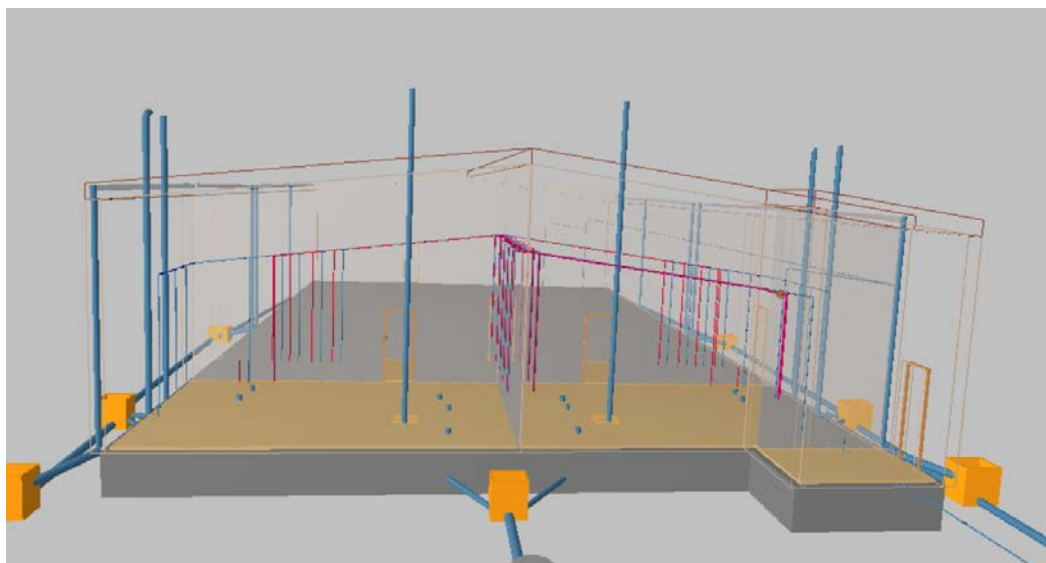


Figura 7.8. Visión 3D del conjunto de redes de saneamiento y abastecimiento

## Anejo 08. Climatización y gas

## Índice

---

1.	Objeto.....	226
2.	Exigencias técnicas .....	226
3.	Normativa RITE.....	226
3.1	Exigencias de bienestar de bienestar e higiene .....	226
3.2	Exigencia de eficiencia energética .....	228
3.2.1	Cargas térmicas .....	228
3.2.2	Redes de tuberías y conductos de calor y frío .....	229
3.3	Control de instalaciones térmicas .....	230
3.4	Recuperación de energía.....	231
3.5	Equipos consumidores de energía .....	232
3.6	Exigencias de seguridad .....	232
4.	Instalación .....	233
4.1	Sistemas de conducción de aguas.....	233
4.2	Emisores de calefacción .....	233
5.	Objeto.....	234
6.	Características del gas suministrado .....	234
7.	Demandas.....	234
8.	Suministro .....	235
9.	Elementos de la instalación.....	235
9.1	Elementos de regulación.....	235
10.	Impacto ambiental .....	235
10.1	Emisiones a la atmosfera .....	235
10.2	Afección al suelo o las aguas subterráneas.....	235
10.3	Impacto ambiental de una instalación de GLP en fase de construcción y montaje .	235
11.	Consumo de GLP .....	236
12.	Instalación receptora .....	236
12.1	Acometida .....	236
12.2	Montantes individuales.....	236
12.3	Instalaciones particulares.....	237
12.4	Valvulería.....	237
13.	Cálculo .....	237
14.	Dimensionado .....	240

## 1. Objeto

---

El objeto de esta primera parte del documento es definir las características y el cumplimiento de la norma vigente para la instalación de un sistema de climatización, que únicamente contara con los sistemas de calefacción en los vestuarios.

Este anejo estará respaldado por los cálculos obtenidos y verificados por el programa CYPE MEP. 2017.d, se cumple todo lo recogido en la normativa RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios).

## 2. Exigencias técnicas

---

Las instalaciones térmicas del pabellón se diseñarán y se calcularán de manera que cumplan lo siguiente:

- Se obtendrá una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua caliente sanitaria que sean aceptables para los usuarios de la nave sin que se produzcan 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 siempre la exigencia de seguridad.

## 3. Normativa RITE

---

La normativa RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios) se encarga de recoger las exigencias de bienestar e higiene, de eficiencia energética y seguridad.

A continuación se justificará el cumplimiento de esta normativa.

### 3.1 Exigencias de bienestar de bienestar e higiene

#### Cumplimiento de la 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 siguiente tabla 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 8.1. *Cumplimiento de la calidad del ambiente.*

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

Tabla 8.2 *Condiciones interiores de diseño*

#### 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 de 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 ( $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ )	Por recinto ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
Baño calefactado	2.7	54.0

Tabla 8.3. *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 8.4 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 8.4 *Calidad de aire interior*. Fuente: RITEExigencia 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.

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

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.

#### 3.2.1 Cargas térmicas

Cargas máximas simultáneas

A continuación se muestra el resumen de la carga máxima simultánea de calefacción para cada uno de los de los recintos correspondientes a los dos vestuarios:

Carga térmica de diseño total del conjunto de recintos: 1						
Recinto	Planta	Pérdida térmica por transmisión $\Phi_{T,U}$ (W)	Pérdida térmica por ventilación $\Phi_{V,U}$ (W)	Capacidad térmica de calentamiento $\Phi_{RH,U}$ (W)	Carga térmica de diseño simultánea $\Phi_{H,U}^{*}$ (W)	Carga térmica de diseño $\Phi_{H,U}$ (W)
1	Planta baja	1112.60	718.28	869.37	2686.17	2700.25
2	Planta baja	1134.67	725.19	877.74	2723.38	2737.60
<b>Total</b>					<b>5409.55</b>	<b>5437.85</b>
* Excluida la transferencia de calor hacia espacios pertenecientes al mismo conjunto de recintos						

Tabla 8.5 *Carga térmica de diseño del conjunto de recintos*Cargas parciales mínimas

Se muestran a continuación las demandas parciales de calefacción por meses que se deberá cumplir:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
1	5.41	5.41	5.41

Tabla 8.6. *Cargas parciales mínimas*

### Potencia térmica instalada

En la siguiente tabla 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)	$\%q_{\text{tub}}$	$\%q_{\text{equipos}}$	$Q_{\text{cal}}$ (kW)	Total (kW)
1	24.00	0.63	2.00	5.41	6.04
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 (%)		$Q_{\text{cal}}$	Carga máxima simultánea de calefacción (kW)	

Tabla 8.7. Cálculo de carga máxima simultánea

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia instalada de calefacción (kW)	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	24.00	5.41
<b>Total</b>	<b>24.0</b>	<b>5.4</b>

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera mural de condensación a gas N, para calefacción y A.C.S. acumulada con depósito integrado, cámara de combustión estanca y tiro forzado, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje

Tabla 8.8. Potencia instalada del equipo

### 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.

#### 3.2.2 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. Las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 muestran 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.

#### 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 invierno: 1.2 °C Velocidad del viento: 5.7 m/s

#### Tuberías en contactos 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)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (kcal/(h·m))	$q_{\text{cal.}}$ (kcal/h)
Tipo 1	20 mm	0.037	25	3.70	3.75	7.59	56.6
Tipo 1	16 mm	0.037	25	9.40	7.94	5.98	103.7
						<b>Total</b>	<b>160</b>
Abreviaturas utilizadas							
Ø	Diámetro nominal			$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno		
$\lambda_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento			$\Phi_{\text{m.cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud		
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento			$q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción		
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión						
Tubería	Referencia						
Tipo 1	Tubería 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, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.						

Tabla 8.9. Características de las tuberías de la red de calefacción

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 tuberías

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la calefacción se adjunta en la siguiente tabla, en la que se observa que la pérdida es inferior al 4.0%:

Potencia de los equipos (kW)	$q_{\text{cal.}}$ (kcal/h)	Pérdida de calor (%)
24.00	150.9	0.6

Tabla 8.10. Porcentaje de pérdida de calor del equipo

#### 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.

#### Diseño de la red 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.

### 3.3 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, 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.

La categoría del sistema de control empleado en cada vestuario es la siguiente:

Conjunto de recintos	Sistema de control
1	THM-C1

Tabla 8.11. *Categoría del sistema de control de las condiciones de temperatura y humedad*

### Calidad del aire interior en las instalaciones de climatización

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 8.12. *Calidad del aire interior en las instalaciones de climatización*. Fuente: RITE

En el proyecto de la nave se empleado el método IDA-C1.

## 3.4 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.

### 3.5 Equipos consumidores de energía

Se incluye a continuación un resumen del equipo de caldera proyectado:

Equipos	Referencia
Tipo 1	Caldera mural de condensación a gas N, para calefacción y A.C.S. acumulada con depósito integrado, cámara de combustión estanca y tiro forzado, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje

Tabla 8.13. Resumen del equipo de caldera empleado

### 3.6 Exigencias de seguridad

Los generadores de calor utilizados en la instalación cumplirán con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

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 detallan las características hidráulicas y componentes del sistema de climatización de calefacción dimensionado para la nave.

### 4.1 Sistemas de conducción de aguas

A continuación se adjunta una tabla con el listado de las tuberías diseñadas para el sistema de calefacción de ambos vestuarios:

Tuberías (Calefacción)									
Inicio	Tramo		Tipo	Φ	Q (l/s)	V (m/s)	L (m)	ΔP <sub>1</sub> (m.c.a.)	ΔP (m.c.a.)
	Final								
A139-Planta baja	N2-Planta baja		Impulsión	16 mm	0.03	0.3	0.27	0.018	0.08
N1-Planta baja	A3-Planta baja		Impulsión (*)	20 mm	0.07	0.3	0.06	0.001	0.02
N1-Planta baja	N2-Planta baja		Impulsión (*)	20 mm	0.07	0.3	2.09	0.023	0.04
N2-Planta baja	A138-Planta baja		Impulsión (*)	16 mm	0.03	0.3	5.96	0.091	0.15
A3-Planta baja	A3-Planta baja		Impulsión (*)	20 mm	0.07	0.3	1.55	0.017	0.02
A139-Planta baja	N2-Planta baja		Retorno	16 mm	0.03	0.3	0.27	0.009	0.05
N1-Planta baja	N2-Planta baja		Retorno (*)	20 mm	0.07	0.3	2.09	0.025	0.05
N2-Planta baja	A138-Planta baja		Retorno (*)	16 mm	0.03	0.3	5.96	0.089	0.13
A3-Planta baja	A3-Planta baja		Retorno (*)	20 mm	0.07	0.3	1.55	0.019	0.02
A3-Planta baja	N1-Planta baja		Retorno (*)	20 mm	0.07	0.3	0.11	0.001	0.02
(*) Tramo que forma parte del recorrido más desfavorable.									
Abreviaturas utilizadas									
Φ	Diámetro nominal			L	Longitud				
Q	Caudal			ΔP <sub>1</sub>	Pérdida de presión				
V	Velocidad			ΔP	Pérdida de presión acumulada				

Tabla 8.14. Listado de tuberías para la calefacción de ambos vestuarios.

### 4.2 Emisores de calefacción

A continuación se adjuntan los emisores empleados en el sistema de calefacción de ambos vestuarios:

Conjunto de recintos	Recintos	Plantas	Tipo de emisor	Tipo	Referencia	Pérdidas caloríficas (W)	Elementos		Longitud (mm)	Potencia (W)
							Número	Altura (mm)		
1	1	Planta baja	Radiador	1	A139	2700	24	781	1920	2758
	2	Planta baja	Radiador	1	A138	2738	24	781	1920	2758

Tipos de radiadores	
Tipo	Descripción
1	Radiador de aluminio inyectado, formado por elementos de 781 mm de altura, con frontal con aberturas, con una emisión calorífica de 137,7 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 8.15. Emisores de la instalación de calefacción

Como se puede observar en cada vestuario se instalara un radiador de aluminio próximo a la zona de ubicación de las duchas.

## 5. Objeto

El objetivo de esta segunda parte del Anejo es especificar todos y cada uno de los elementos que componen la instalación de suministro de gas. Se recogen los datos y características de la instalación de gas necesaria para el suministro desde el centro de almacenamiento hasta cada uno de los aparatos instalados.

Este Anejo pretende también, 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.

La instalación se ha dimensionado a través del programa CYPE MEP 2017.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.

Las características específicas del gas utilizado en la instalación, propano, y del gas natural, se indican en la siguiente tabla:

<b>CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS</b>	<b>PROPANO COMERCIAL</b>	<b>GAS NATURAL</b>
Presión de vapor a 1 °C (bar)	9.20	
Temperatura de ebullición a presión atmosférica (°C)	-40 °C	
Densidad del líquido a 15 °C (kg/dm <sup>3</sup> )	0.502 ÷ 0.535	
Densidad del gas a 15 °C y presión atmosférica (kg/dm <sup>3</sup> )	1.865	0.60
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 <sup>3</sup> )	24.80	11.22
Poder Calorífico Inferior en fase gaseosa (kcal/m <sup>3</sup> )	20.40	10.10
Índice de Wobbe: $W_s$ (kcal/m <sup>3</sup> )	18.36	12.12
Índice de Wobbe: $W_i$ (kcal/m <sup>3</sup> )	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 8.16. Características específicas del gas. Fuente: CYPE MEP

## 7. Demandas

Las demandas de gas propano de la instalación corresponden a la caldera, que sirve tanto como para la producción de agua caliente como para la calefacción, con una potencia de 24 kW y siendo la potencia calorífica instalada total de 30 kW.

## 8. Suministro

---

El tipo de suministro será canalizado a través de un tubo de polietileno de alta densidad SDR 11, según UNE-EN 155, siendo la empresa contratada para el servicio Repsol.

## 9. Elementos de la instalación

---

### 9.1 Elementos de regulación

Se trata de un regulador de presión ajustable 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.

La primera etapa de regulación se realiza de forma centralizada, siendo la presión mínima de entrada de 1.20 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 la nave. 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

---

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 atmosfera

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 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.

A continuación se enumeran los impactos ambientales que tendría sobre el medio durante la fase de construcción y la posterior explotación:

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.
- Generación de residuos en operaciones de mantenimiento

## 11. Consumo de GLP

---

En este punto es preciso 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 CO<sub>2</sub> (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 CO<sub>2</sub>, el GLP no lo es.

## 12. Instalación receptora

---

### 12.1 Acometida

Tubo de polietileno de alta densidad SDR 11, según UNE-EN 1555

### 12.2 Montantes individuales

Tubería para montante individual de gas, colocada superficialmente en las paredes del cuarto técnico, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, según UNE-EN 1057

### 12.3 Instalaciones particulares

Tubería para instalación interior de gas, colocada superficialmente en las paredes del cuarto técnico, formada por tubo de cobre estirado en frío sin soldadura, según UNE-EN 1057

### 12.4 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 no eyectable de acero inoxidable AISI 316, estanquidad por anillos tóricos, cuerpo de latón y presión nominal mínima de 4.90 bar.

## 13. Cálculo

A continuación se desarrolla el proceso de cálculo seguido para el dimensionamiento de la instalación en base a la estimación del consumo.

#### 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	kcal/h
1	$P_i \leq 30$	$P_i \leq 25759.4$
2	$30 < P_i \leq 70$	$25759.4 < P_i \leq 60105.3$
3	$P_i > 70$	$P_i > 60105.3$

Tabla 8.17. Grado de gasificación

El grado de gasificación, se determina en función de los aparatos a gas previstos en el edificio.

Se debe asignar, como mínimo, el valor máximo de la potencia de diseño correspondiente al grado 1 de gasificación (30.00 kW).

#### Potencia de diseño instalación individual

La potencia de diseño de la instalación individual se determina mediante la siguiente expresión:

$$P_{#} = (Q_A + Q_B + Q_C + Q_D + \dots) \times 1,10$$

Siendo:

Pi: potencia de diseño de la instalación individual del local de uso no doméstico (kW)

QA, QB, QC, ...: consumos caloríficos, referidos al Hi, de los aparatos de consumo (kW)

1,10: coeficiente corrector medio, función de 'Hs' y de 'Hi (Hs/Hi)', del gas suministrado



En caso de usarse un coeficiente de simultaneidad en los cálculos será precisa su justificación.

### 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 ( $m^3/h$ )

Q(H<sub>i</sub>): consumo calorífico nominal referido a 'H<sub>i</sub>' (kW)

Q(H<sub>s</sub>): consumo calorífico nominal referido a 'H<sub>s</sub>' (kW)

H<sub>i</sub>: poder calorífico inferior del gas suministrado (kcal/m<sup>3</sup>)

H<sub>s</sub>: poder calorífico superior del gas suministrado (kcal/m<sup>3</sup>)

### Pérdida 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 ( $m^3/h$ )

D: diámetro (mm)

Las fórmulas de Renouard en las diferentes situaciones de presión son las siguientes:

- Para  $0.05 \text{ bar} < \text{MOP} \leq 1.75 \text{ bar}$

$$P_a^2 - P_b^2 = 48,6 \times S \times L \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

- Para  $\text{MOP} \leq 0.05 \text{ bar}$

$$P_a - P_b = 232.000 \times S \times L \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

Siendo:

Pa, Pb: presiones absolutas en el origen y en el extremo del tramo cuya pérdida de carga queremos calcular, expresadas en bar para  $5.00 \text{ bar}^3 \text{ MOP} > 0.05 \text{ bar}$  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 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

D: diámetro interior de la tubería (mm)

Aplicando un criterio de corrección en base a los diámetros mínimos permitidos en una arteria principal como en derivaciones:

- Presión final corregida

$$P_{fc} = P_f + 0.1293 \times (1 - dr) \times h$$

Siendo:

Pfc: presión final corregida

Pf: presión final

dr: densidad del gas relativa al aire

h: desnivel geométrico

Velocidad del gas

Se estima la velocidad del gas en la tubería a una temperatura de  $15.00 \text{ }^\circ\text{C}$  mediante la aplicación de la siguiente 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 ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

## 14. Dimensionado

A continuación se muestran los resultados del dimensionado obtenido a partir del programa CYPE MEP.

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 <sup>3</sup> - 11900 kcal/kg
Poder calorífico inferior	22320 kcal/m <sup>3</sup>
Densidad relativa	1.87
Densidad corregida	1.16
Presión de salida	1300.0 mbar
Presión mínima de entrada a los reguladores de aparatos	80 mbar
Presión mínima en llave de aparato	37.0 mbar
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 8.17. Parámetros de cálculo de las instalaciones receptoras

INSTALACIÓN INTERIOR											
Tramo	L (m)	L eq. (m)	h (m)	Q (m <sup>3</sup> /h)	v (m/s)	P in. (mbar)	P f. (mbar)	P fc. (mbar)	ΔP (mbar)	ΔP acum. (mbar)	DN
Montante	0.47	0.57	0.00	1.04	3.39	135.00	134.77	134.77	0.23	0.23	Cu 10/12
Caldera a gas para calefacción y ACS	1.73	2.07	1.45	0.92	2.98	134.77	134.11	133.95	0.82	1.05	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 8.18. Instalación interior

## Anejo 09. Iluminación interior

## Índice

---

1. Objeto.....	241
2. Normativa.....	241
3. Iluminación interior.....	241
3.1 Método de cálculo.....	241
3.2 Niveles de iluminación .....	242
3.2.1 Alumbrado normal .....	242
3.2.2 Alumbrado de emergencia.....	243
3.2.3 Eficiencia energética .....	244
3.3 Potencia instalada .....	246
3.4 Luminarias.....	246
3.5 Distribución .....	247
4. Proyecto de iluminación.....	248
4.1 Cuarto técnico .....	248
4.2 Vestuarios.....	251
4.3 Zona de almacenamiento.....	255
4.4 Pasillo de entrada.....	260
4.5 Alumbrado de emergencia.....	263

## 1. Objeto

---

El objeto del presente documento es diseñar la instalación de iluminación interior de las distintas estancias de la nave, para lo que se definirá el tipo de luminarias a emplear y su distribución.

Para establecer un ambiente luminoso óptimo en cada recinto se han de tener en cuenta una serie de parámetros, cuyo valor vararía en función del uso de los espacios, estos son:

- Distribución de luminarias
- Nivel de iluminancia
- Grado de deslumbramiento
- Direccionalidad de la luz

El cálculo y la distribución diseñada estarán respaldados por el Programa CYPECAD MEP v2017.d.

## 2. Normativa

---

Para la elaboración del anejo se han cotejado las distintas normativas de aplicación:

- 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. Iluminación interior

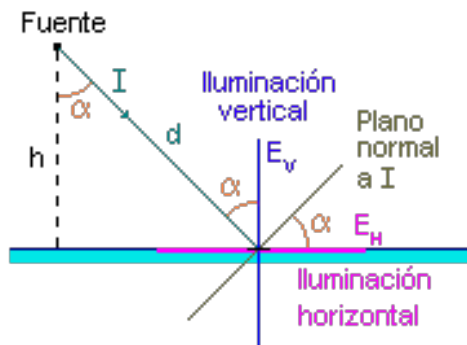
---

A continuación se desarrollara el método de cálculo, los elementos que conforman la instalación y sus características.

### 3.1 Método de cálculo

El programa CYPEMPEP utiliza el método de “Punto por punto” para el cálculo de la iluminación. En cuanto al desarrollo del método; primero se establece un plano de trabajo situado a una distancia  $x$  de la luminaria y sobre el que se proyecta el flujo luminoso. A continuación, se calcula la iluminancia en los distintos puntos de ese plano y se establece un promedio de todos los valores ( $E_m$ ). Los resultados obtenidos deben ser mayores que los valores mínimos de luminancia necesarios definidos en la norma UNE-EN 12464- 1: 2012.

Las fórmulas de aplicación para este método son las siguientes:



$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

Siendo:

h: altura del plano de trabajo de la lámpara (m)

$\alpha$ : 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 iluminación en un punto de la superficie horizontal (lux)

$E_V$ : nivel de iluminación en un punto de la superficie vertical (lux)

También se ha de tener en cuenta la uniformidad de la iluminación, siendo el cociente entre el valor mínimo y el valor medio de la iluminancia de la zona de estudio, de esta manera se consigue una zona con continuidad luminosa, en la que no se aprecian grandes variaciones.

### 3.2 Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación recomendados para estancia, dependen de la actividad desarrollada en el espacio, ya que las exigencias visuales en un lugar de trabajo no son las mismas que en un almacén o un vestuario.

#### 3.2.1 Alumbrado normal

La norma recoge unos valores mínimos de iluminancia:

			NORMA	PROYECTO
Zona			Iluminancia mínima [lux]	
Exterior	Exclusiva para personas	Escaleras	20	
		Resto de zonas	20	
	Para vehículos o mixtas	20		
Interior	Exclusiva para personas	Escaleras	100	100
		Resto de zonas	100	101
	Para vehículos o mixtas	50		
Factor de uniformidad media			$f_u \geq 40 \%$	47 %

Tabla 9.1. Valores mínimos de iluminancia. Fuente: CTE DB SUA

La normativa indica una iluminación media mínima de 100 lux para las zonas de circulación, en vestuarios la exigencia aumenta en 50 lux siendo 150lux. A continuación se adjuntan los

niveles obtenidos con la luminaria seleccionada, se puede verificar que cumple con la normativa.

Zonas comunes										
VEEI máximo admisible: 6.00 W/m <sup>2</sup>										
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
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m <sup>2</sup> )	Em (lux)	UGR	Ra		
Planta baja	2 (Aseo de planta)	1	99	0.80	469.20	0.57	4.30	268.74	15.0	85.0
Planta baja	1 (Aseo de planta)	1	99	0.80	469.20	0.57	4.30	268.54	15.0	85.0

Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas										
VEEI máximo admisible: 4.00 W/m <sup>2</sup>										
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
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m <sup>2</sup> )	Em (lux)	UGR	Ra		
Planta baja	cuarto técnico (Cuarto técnico)	1	11	0.80	12.00	9.76	1.90	117.14	0.0	85.0

Zonas comunes										
VEEI máximo admisible: 6.00 W/m <sup>2</sup>										
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
K	n	Fm	P (W)	Lm/W	VEEI (W/m <sup>2</sup> )	Em (lux)	UGR	Ra		
Planta baja	pasillo entrada (Zona de circulación)	1	51	0.80	469.20	0.50	4.90	234.44	15.0	85.0
Planta baja	almacén (Zona de circulación)	2	169	0.80	1398.40	0.18	1.90	247.69	21.0	85.0

Tabla 9.2. Niveles de iluminación de cada recinto. Fuente: CYPEMEP

### 3.2.2 Alumbrado de emergencia

El alumbrado de emergencia debe asegurar la iluminación de las salidas u otros puntos de interés, en caso de fallo de la alimentación del alumbrado normal.

Los lugares que deben contar con alumbrado de emergencia son:

- Recorridos de evacuación
- Los equipos generales de las instalaciones de protección
- Los cuadros de distribución y de accionamiento de la instalación de alumbrado
- Las señales de seguridad

En cuanto a la disposición de este tipo de luminaria: deberá tener una altura de 2,10 metros encima de las puertas de salida, serán fijas y dispondrán de una fuente propia de energía.

Al producirse el fallo de la alimentación del alumbrado normal deberá alcanzar al menos el 50% del nivel de iluminación requerido al cabo de 5 segundos y el 100% a los 60 segundos. La norma establece las condiciones de servicio que deberá garantizar durante al menos una hora, desde que se produce el fallo:



		NORMA	PROYECTO	
⊗	Vías de evacuación de anchura $\leq$ 2m	Iluminancia en el eje central	$\geq 1$ lux	1.02 luxes
		Iluminancia en la banda central	$\geq 0.5$ luxes	1.03 luxes
⊖	Vías de evacuación de anchura $>$ 2m	Pueden ser tratadas como varias bandas de anchura $\leq$ 2m		

Tabla. Niveles de iluminación en caso de emergencia. Fuente: CTE DB SUA

		NORMA	PROYECTO
⊗	Relación entre iluminancia máxima y mínima a lo largo de la línea central	$\leq 40:1$	1:1
	Puntos donde estén situados: equipos de seguridad, instalaciones de protección contra incendios y cuadros de distribución del alumbrado.	Iluminancia $\geq 5$ luxes	
	Valor mínimo del Índice de Rendimiento Cromático (Ra)	Ra $\geq 40$	Ra = 80.00

Tabla 9.3. Calidad de la iluminación en caso de emergencia. Fuente: CTE DB SUA

En relación a la iluminación de las señales de seguridad ubicadas en las vías de evacuación y los equipos de extinción de incendios, se deben garantizar las siguientes condiciones de servicio:

		NORMA	PROYECTO
⊗	Luminancia de cualquier área de color de seguridad	$\geq 2$ cd/m <sup>2</sup>	3 cd/m <sup>2</sup>
⊗	Relación entre la luminancia máxima/mínima dentro del color blanco o de seguridad	$\leq 10:1$	10:1
⊗	Relación entre la luminancia $L_{blanca}$ , y la luminancia $L_{color} > 10$	$\geq 5:1$	
		$\leq 15:1$	10:1
⊗	Tiempo en el que se debe alcanzar cada nivel de iluminación	$\geq 50\%$	--> 5 s
		100%	--> 60 s

Tabla 9.4. Iluminación de las señales de emergencia y equipos de extinción. Fuente: CTE DB SUA

### 3.2.3 Eficiencia energética

La eficiencia energética a cumplir por la instalación está recogida en la normativa CTE DB HE cuyo objetivo es determinar las exigencias necesarias para garantizar una iluminación que se adapte a las necesidades de los usuarios, y al mismo tiempo garantice la eficiencia energética, a través de sistemas de control y regulación, y el aprovechamiento de la luz natural.

<b>Zonas de actividad diferenciada</b>	<b>VEEI límite</b>
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico <sup>(1)</sup>	3,5
aulas y laboratorios <sup>(2)</sup>	3,5
habitaciones de hospital <sup>(3)</sup>	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes <sup>(4)</sup>	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos <sup>(5)</sup>	4,0
estaciones de transporte <sup>(6)</sup>	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) <sup>(7)</sup>	6,0
hostelería y restauración <sup>(8)</sup>	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 <sup>(9)</sup>	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 9.5. *Valores límite de la eficiencia energética de la instalación.* Fuente: CTE DB HE

A continuación se adjunta una tabla con los valores límite de eficiencia energética de los espacios de la nave:

Recinto	VEEI (W/m <sup>2</sup> )
Vestuario 1	4,3
Vestuario 1	4,3
Pasillo de entrada	4,9
Almacén	1,9
Cuarto técnico	1,9

Tabla 9.6. *Valores de VEEI de cada recinto.*

Todos los valores de VEEI se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma.

La instalación contará con los sistemas pertinentes de control para el aprovechamiento de luz natural.

### 3.3 Potencia instalada

La potencia límite para un edificio de pública concurrencia, será de 18 W/m<sup>2</sup>. Este valor se obtiene sumando la potencia total instalada en todos los espacios y dividiendo entre la superficie.

Tipo de uso: Pública concurrencia			
Potencia límite: 18.00 W/m <sup>2</sup> (Para auditorios, teatros y cines el límite será 15 W/m <sup>2</sup> .)			
Planta	Recinto	Superficie iluminada	Potencia total instalada en lámparas + equipos aux.
		S(m <sup>2</sup> )	P (W)
Planta baja	2 (Aseo de planta)	41	469.20
Planta baja	1 (Aseo de planta)	40	469.20
Planta baja	cuarto técnico (Cuarto técnico)	5	12.00
Planta baja	pasillo entrada (Zona de circulación)	41	469.20
Planta baja	almacén (Zona de circulación)	291	1398.40
TOTAL		418	2818.00
Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada: $P_{tot}/S_{tot}$ (W/m <sup>2</sup> ): 6.74			

Tabla 9.7. Superficie iluminada respecto a la potencia total instalada. Fuente: CYPEMEP

La potencia total instalada por unidad de superficie iluminada es de 6,74 W/m<sup>2</sup>, se cumple la normativa.

### 3.4 Luminarias

Se han definido 5 tipos de luminarias normales y 1 tipo de luminaria de emergencia.

Nº	CÓDIGO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
1	mt34ael010cd	Luminaria de emergencia, con dos led de 1 W, flujo luminoso 220 lúmenes, carcasa de 154x80x47 mm, clase I, protección IP 20, con baterías de Ni-Cd de alta temperatura, autonomía de 2 h, alimentación a 230 V, tiempo de carga 24 h. Incluso accesorios y elementos de fijación.	5,00 Ud
2	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.	18,00 Ud
3	mt34lam050Gbo	Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 452 mm de altura, para lámpara de halogenuros metálicos bipin HIT de 70 W, modelo Miniyes 1x70W HIT Reflector Cristal Transparente "LAMP", con cuerpo de aluminio extruido RAL 9006 con equipo de encendido magnético y aletas de refrigeración; protección IP 20; reflector metalizado mate; cierre de vidrio transparente; sistema de suspensión por cable de acero de 3x0,75 mm de diámetro y 4 m de longitud máxima.	16,00 Ud
4	mt34lhb010k	Lámpara de halogenuros metálicos bipin HIT, de 70 W.	16,00 Ud
5	mt34lyd020a	Luminaria de techo Downlight, de 81 mm de diámetro y 40 mm de altura, para 3 led de 1 W, aro embellecedor de aluminio inyectado, termoesmaltado, blanco; protección IP 20 y aislamiento clase F, incluso placa de led y convertidor electrónico.	4,00 Ud
6	mt34tuf010k	Tubo fluorescente TL de 18 W.	54,00 Ud

Tabla 9.8. Luminarias del proyecto.

La luminaria de los vestuarios y el pasillo de entrada ira empotrada en el falso techo, mientras que en la de la zona del almacén se ha diseñado suspendida.

### 3.5 Distribución

A continuación se proporciona un esquema para la visualización del diseño de distribución de las luminarias en los distintos recintos.



Figura 9.1. Distribución de luminarias

## 4. Proyecto de iluminación

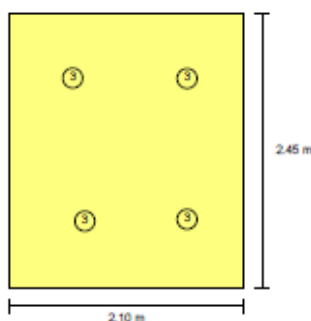
A continuación se adjuntan todos los datos y cálculos correspondientes a la instalación de iluminación en cada uno de los recintos definidos en la nave.

### 4.1 Cuarto técnico

RECINTO			
<b>Referencia:</b>	cuarto técnico (Cuarto técnico)	<b>Planta:</b>	Planta baja
<b>Superficie:</b>	5.1 m <sup>2</sup>	<b>Altura libre:</b>	4.90 m <b>Volumen:</b> 25.2 m <sup>3</sup>

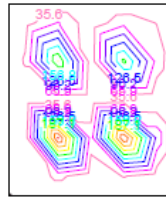
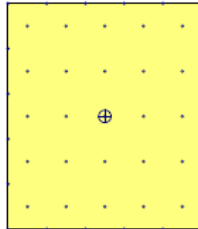
Alumbrado normal	
<b>Altura del plano de trabajo:</b>	1.00 m
<b>Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):</b>	0.85 m
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.20
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.50
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.70
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice del local (K):</b>	0.58
<b>Número mínimo de puntos de cálculo:</b>	4

#### Disposición de las luminarias



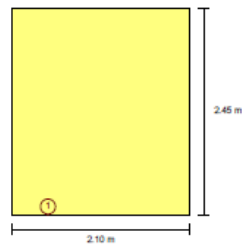
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
3	4	Luminaria de techo Downlight, de 81 mm de diámetro y 40 mm de altura, para 3 led de 1 W	89	7	99	4 x 3.0
						<b>Total = 12.0 W</b>

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	8.49 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	117.14 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	0.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	1.90 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	2.34 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	7.25 %

**Valores calculados de iluminancia****Posición de los valores pésimos calculados**

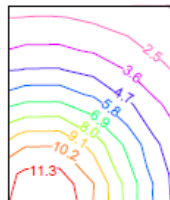
- ⊕ Iluminancia mínima (8.49 lux)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 45)

Alumbrado de emergencia	
Coeficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coeficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coeficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	70.00

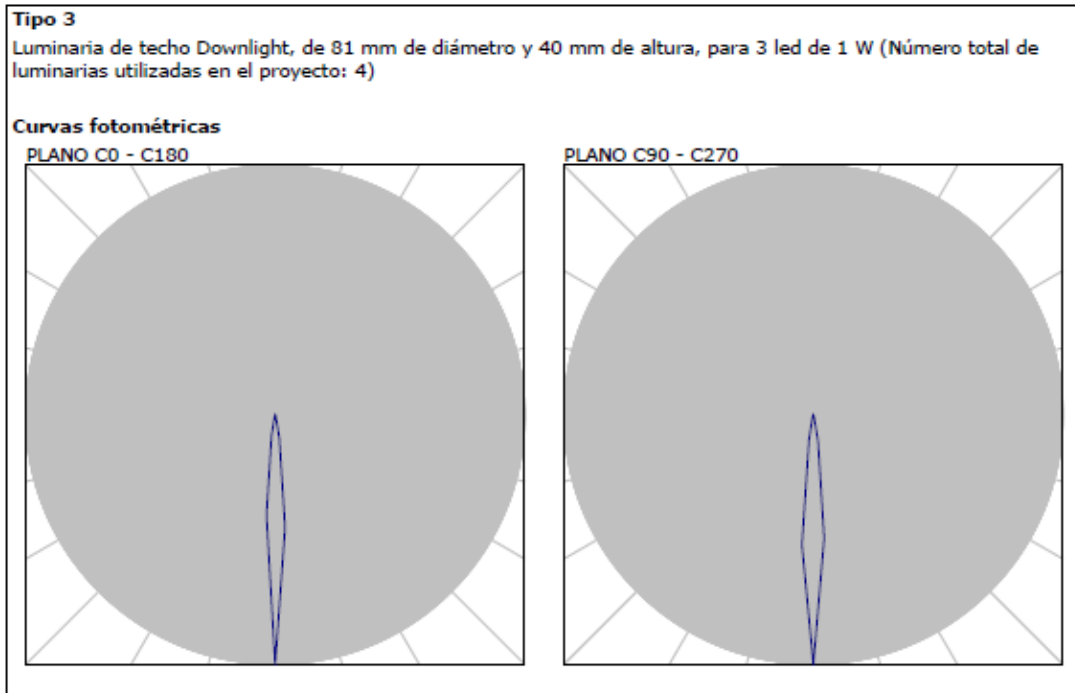
**Disposición de las luminarias**

Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con dos led de 1 W, flujo luminoso 220 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	100.00
Altura sobre el nivel del suelo:	2.94 m

**Valores calculados de iluminancia**

Curva fotométrica de la luminaria utilizada



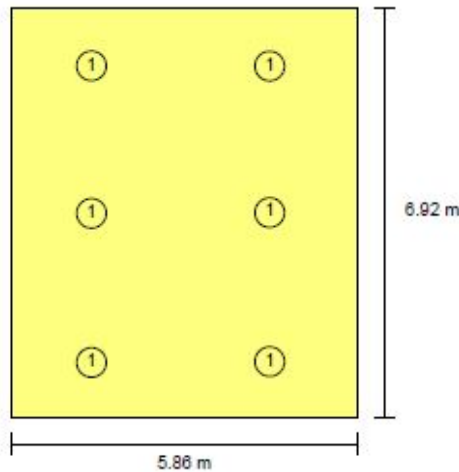
## 4.2 Vestuarios

Ambos vestuarios tienen un diseño simétrico.

RECINTO			
<b>Referencia:</b>	2 (Aseo de planta)	<b>Planta:</b>	Planta baja
<b>Superficie:</b>	40.6 m <sup>2</sup>	<b>Altura libre:</b>	5.21 m
		<b>Volumen:</b>	211.4 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
<b>Altura del plano de trabajo:</b>	0.00 m
<b>Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):</b>	0.85 m
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.20
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.50
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.70
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice del local (K):</b>	1.08
<b>Número mínimo de puntos de cálculo:</b>	9

### Disposición de las luminarias



Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	6	Luminaria de empotrar modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	9	92	6 x 78.2
						<b>Total = 469.2 W</b>

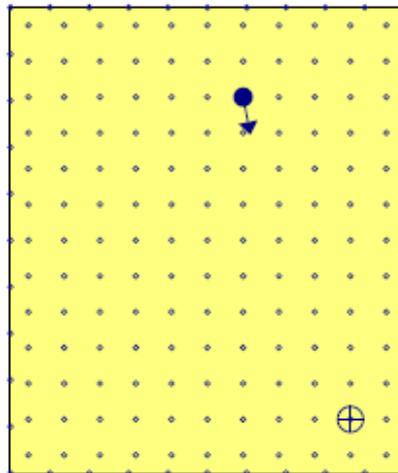


Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	203.01 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	268.74 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	15.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	4.30 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	11.57 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	75.54 %

#### Valores calculados de iluminancia



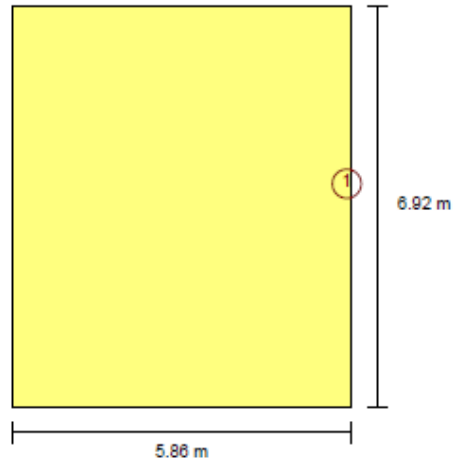
#### Posición de los valores pésimos calculados



- ⊕ Iluminancia mínima (203.01 lux)
- ↔● Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 15.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 183)

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:	70.00

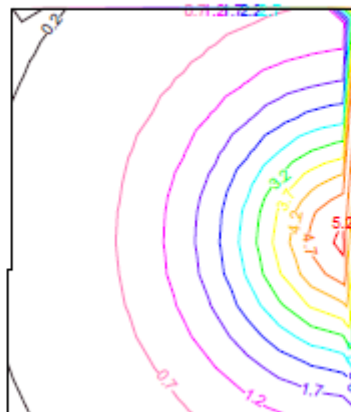
#### Disposición de las luminarias



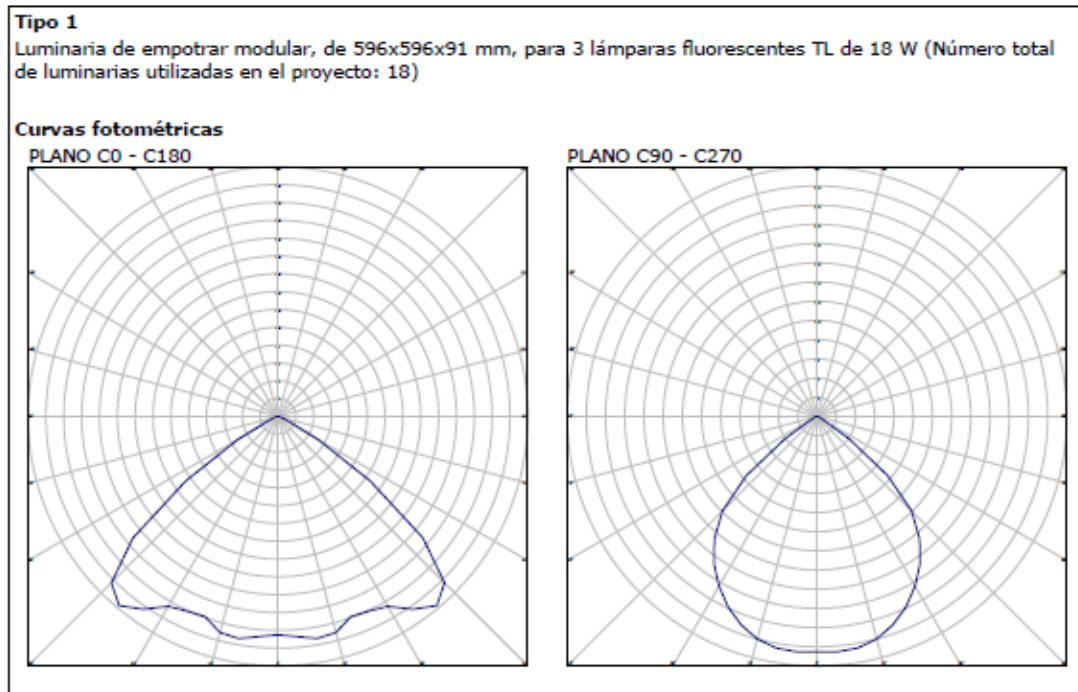
Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con dos led de 1 W, flujo luminoso 220 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	100.00
Altura sobre el nivel del suelo:	2.94 m

#### Valores calculados de iluminancia



### Curva fotométrica de la luminaria utilizada

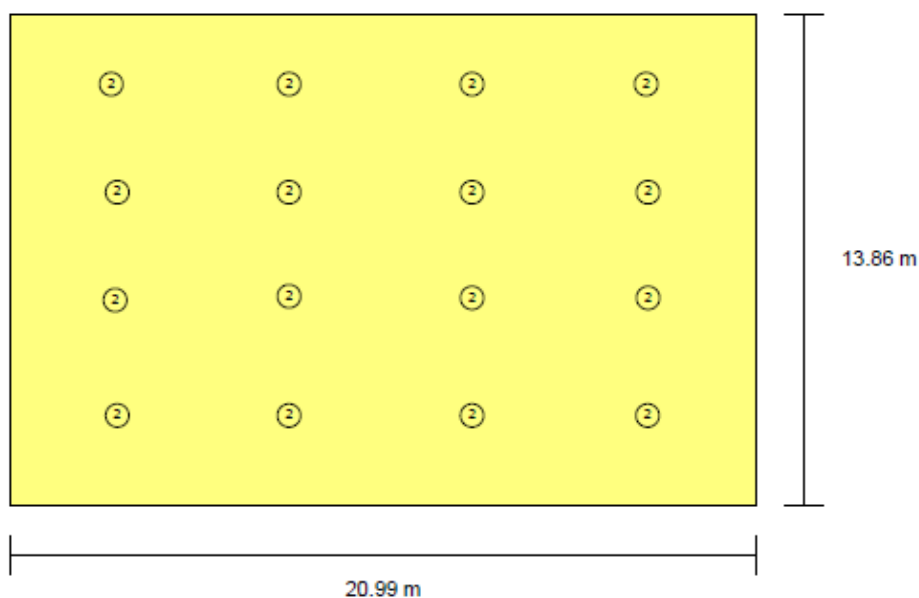


## 4.3 Zona de almacenamiento

RECINTO			
<b>Referencia:</b>	almacén (Zona de circulación)	<b>Planta:</b>	Planta baja
<b>Superficie:</b>	290.9 m <sup>2</sup>	<b>Altura libre:</b>	5.21 m <b>Volumen:</b> 1516.8 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
<b>Altura del plano de trabajo:</b>	0.00 m
<b>Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):</b>	0.85 m
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.20
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.50
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.70
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice del local (K):</b>	2.25
<b>Número mínimo de puntos de cálculo:</b>	16

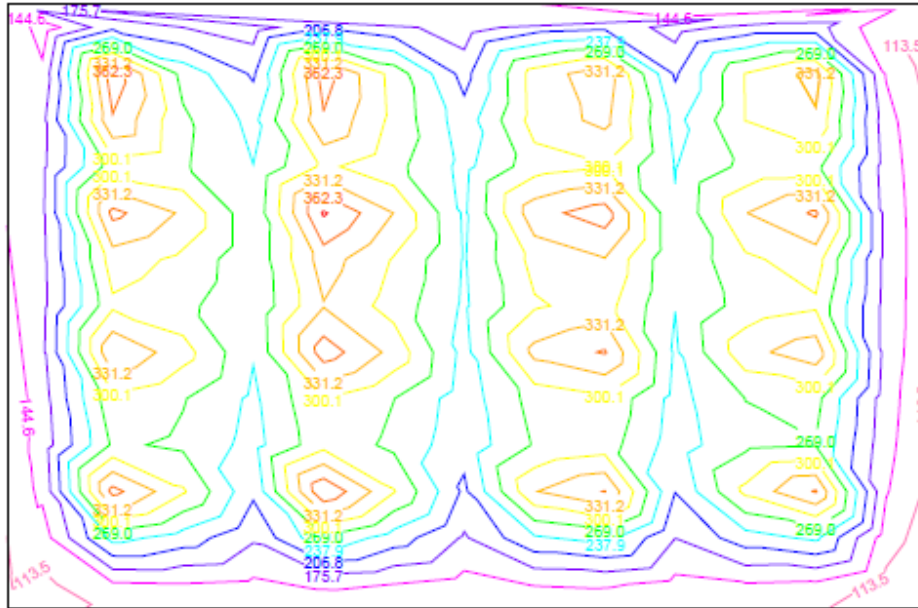
## Disposición de las luminarias



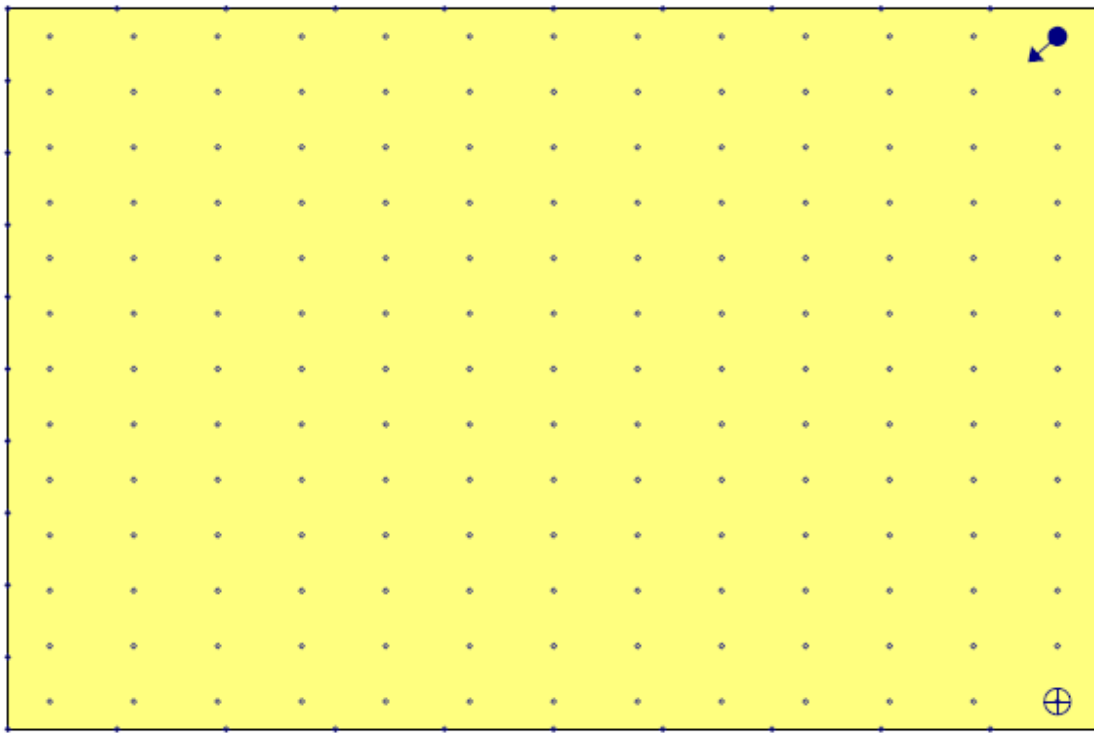
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
2	16	Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 452 mm de altura, para lámpara de halogenuros metálicos bipin HIT de 70 W, modelo Miniyes 1x70W HIT Reflector Cristal Transparente "LAMP"	6500	5	77	16 x 87.4
						<b>Total = 1398.4 W</b>

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	105.10 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	247.69 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	21.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	1.90 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	4.81 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	42.43 %

#### Valores calculados de iluminancia



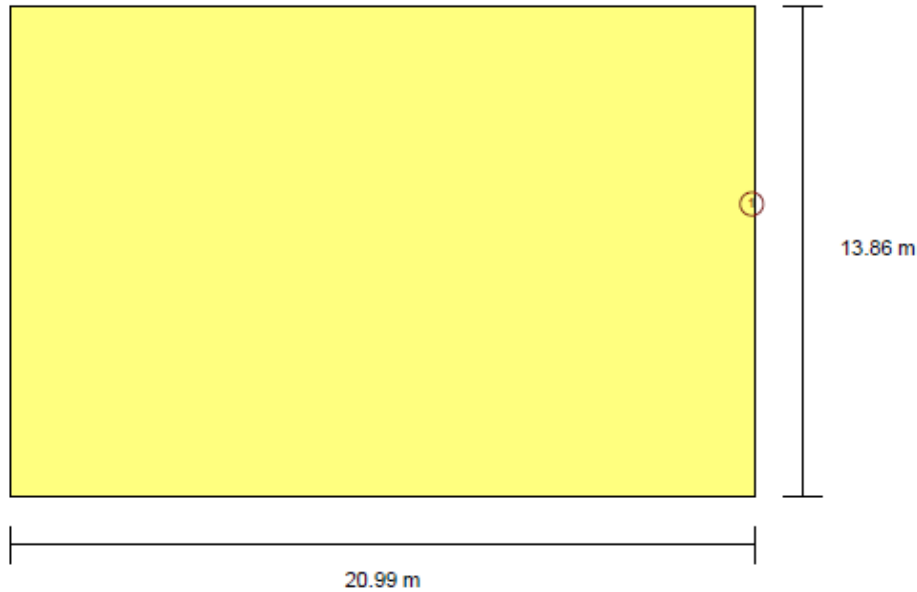
**Posición de los valores pésimos calculados**



- ⊕ Iluminancia mínima (105.10 lux)
- ↖ Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 21.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 209)

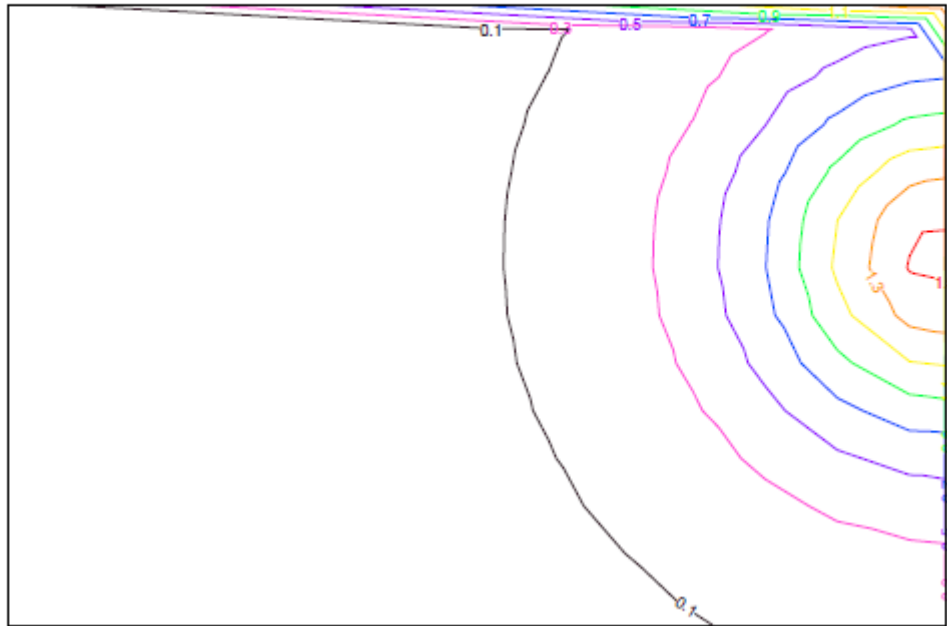
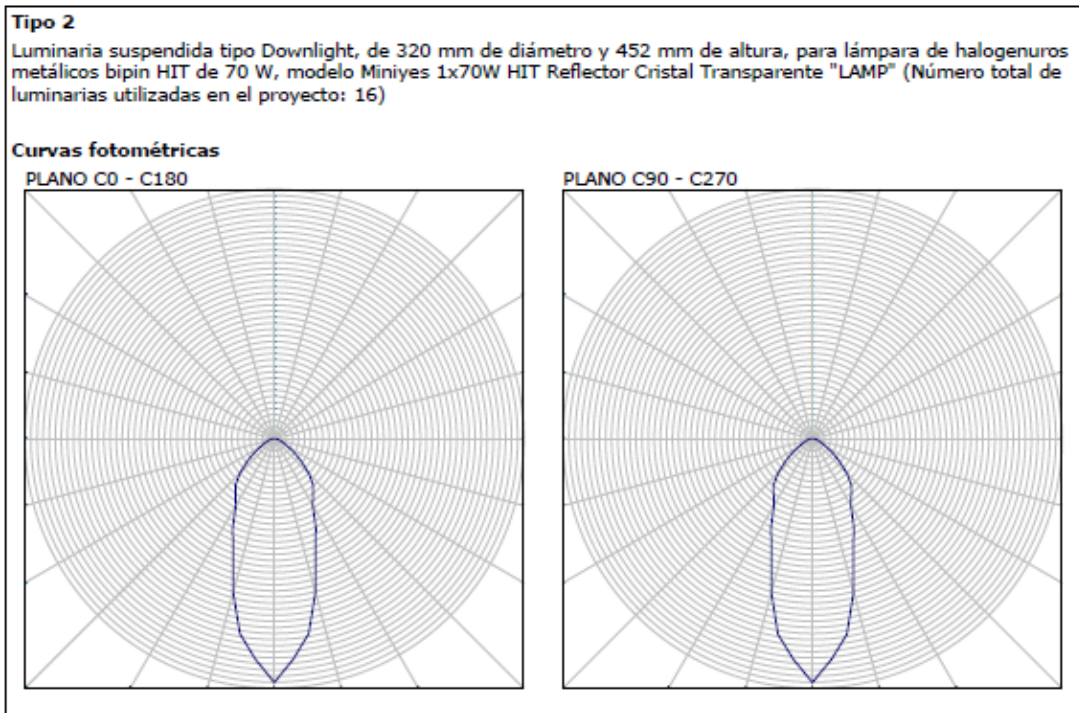
Alumbrado de emergencia	
Coeficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coeficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coeficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	70.00

#### Disposición de las luminarias



Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con dos led de 1 W, flujo luminoso 220 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	100.00
Altura sobre el nivel del suelo:	5.45 m

**Valores calculados de iluminancia**Curva fotométrica de la luminaria utilizada

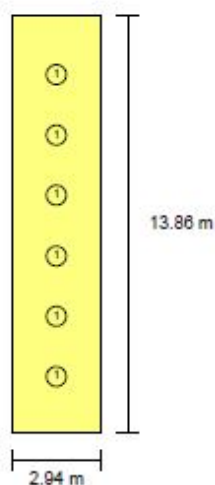


## 4.4 Pasillo de entrada

RECINTO			
<b>Referencia:</b>	pasillo entrada (Zona de circulación)	<b>Planta:</b>	Planta baja
<b>Superficie:</b>	40.8 m <sup>2</sup>	<b>Altura libre:</b>	5.21 m <b>Volumen:</b> 212.4 m <sup>3</sup>

Alumbrado normal	
<b>Altura del plano de trabajo:</b>	0.00 m
<b>Altura para la comprobación de deslumbramiento (UGR):</b>	0.85 m
<b>Coefficiente de reflectancia en suelos:</b>	0.20
<b>Coefficiente de reflectancia en paredes:</b>	0.50
<b>Coefficiente de reflectancia en techos:</b>	0.70
<b>Factor de mantenimiento:</b>	0.80
<b>Índice del local (K):</b>	0.83
<b>Número mínimo de puntos de cálculo:</b>	4

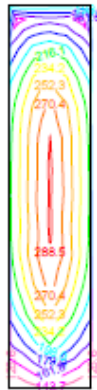
## Disposición de las luminarias



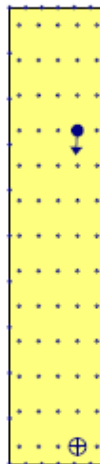
Tipo	Cantidad	Descripción	Flujo luminoso total (lm)	Eficiencia (lm/W)	Rendimiento (%)	Potencia total (W)
1	6	Luminaria de empotrar modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W	4050	9	92	6 x 78.2
						<b>Total = 469.2 W</b>

Valores de cálculo obtenidos	
<b>Iluminancia mínima:</b>	143.53 lux
<b>Iluminancia media horizontal mantenida:</b>	234.44 lux
<b>Índice de deslumbramiento unificado (UGR):</b>	15.00
<b>Valor de eficiencia energética de la instalación (VEEI):</b>	4.90 W/m <sup>2</sup>
<b>Potencia total instalada por unidad de superficie iluminada:</b>	11.51 W/m <sup>2</sup>
<b>Factor de uniformidad:</b>	61.22 %

#### Valores calculados de iluminancia



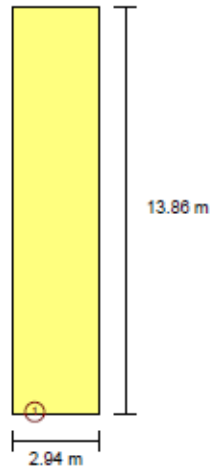
#### Posición de los valores pésimos calculados



- ⊕ Iluminancia mínima (143.53 lux)
- ↕ Índice de deslumbramiento unificado (UGR = 15.00)
- Puntos de cálculo (Número de puntos de cálculo: 97)

Alumbrado de emergencia	
Coeficiente de reflectancia en suelos:	0.00
Coeficiente de reflectancia en paredes:	0.00
Coeficiente de reflectancia en techos:	0.00
Factor de mantenimiento:	0.80
Índice de rendimiento cromático:	70.00

#### Disposición de las luminarias



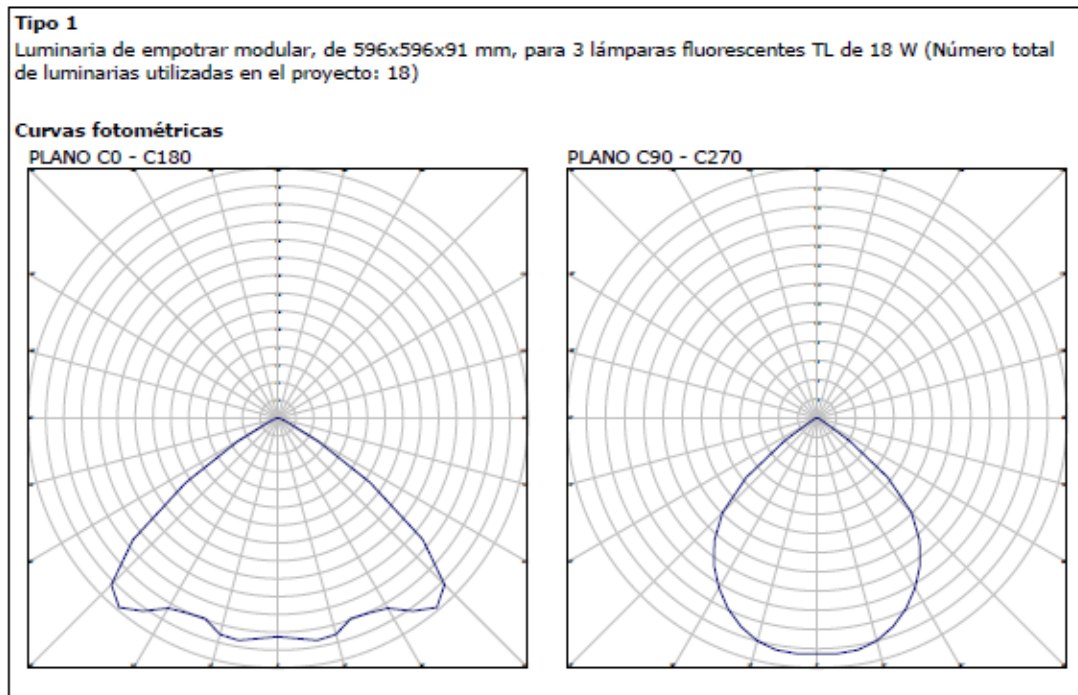
Nº	Cantidad	Descripción
1	1	Luminaria de emergencia, con dos led de 1 W, flujo luminoso 220 lúmenes

Valores de cálculo obtenidos	
Iluminancia pésima en el eje central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Iluminancia pésima en la banda central de las vías de evacuación:	0.00 lux
Relación iluminancia máxima/mínima (eje central vías evacuación):	100.00
Altura sobre el nivel del suelo:	2.94 m

#### Valores calculados de iluminancia

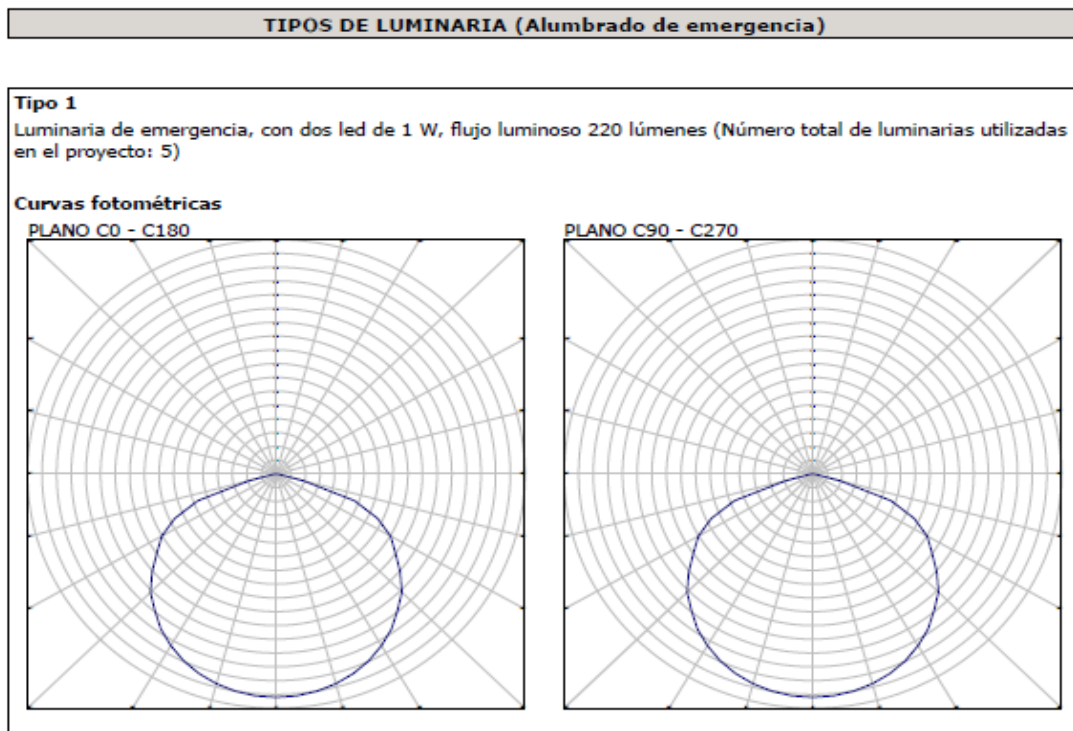


### Curva fotométrica de la luminaria utilizada



## 4.5 Alumbrado de emergencia

### Curva fotométrica de la luminaria utilizada



## Anejo 10. Instalación eléctrica

## Índice

---

1.	Objeto.....	264
2.	Normativa.....	264
3.	Instalación .....	265
3.1	Caja general de protección.....	265
3.2	Derivaciones individuales.....	265
3.3	Instalaciones interiores o receptoras.....	266
3.4	Agua caliente sanitaria y climatización .....	266
3.5	Potencia total prevista .....	267
4.	Bases de cálculo .....	268
4.1	Sección de las líneas.....	268
4.1.1	Sección por intensidad máxima admisible o calentamiento.....	268
4.1.2	Sección por caída de tensión.....	269
4.1.3	Sección por intensidad de cortocircuito .....	270
4.2	Cálculo de protecciones .....	271
4.2.1	Fusibles.....	271
4.2.2	Interruptores automáticos .....	273
4.2.3	Limitadores de sobretensión.....	274
4.2.4	Protección contra sobretensiones permanentes.....	274
4.3	Cálculo de puesta a tierra.....	275
4.3.1	Diseño del sistema de puesta a Tierra .....	275
4.3.2	Interruptores diferenciales .....	275
5.	Proyecto de instalación eléctrica .....	276
5.1.1	Leyenda .....	276
5.1.2	Simbología.....	277
5.2	Distribución de fases.....	277
5.3	Derivaciones individuales.....	277
5.4	Instalación interior .....	278

## 1. Objeto

---

El objeto del presente documento es describir los elementos que conforman la instalación eléctrica de la nave, así como justificar mediante los pertinentes cálculos el cumplimiento de la normativa aplicable, que se cita a continuación.

Los cálculos expuestos en el anejo se han realizado a través del programa CYPE MEP 2017.d.

## 2. Normativa

---

La normativa de aplicación en este contexto:

- 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 sobre intensidades.
- 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 sobre intensidades.

Se ha clasificado como edificio de pública concurrencia, lo que se tendrá en cuenta a la hora de aplicar la normativa.

### 3. Instalación

A continuación se detallan los elementos que forman parte de la instalación y la potencia total prevista para la instalación.

#### 3.1 Caja general de protección

La caja general de protección (CGP) aloja los elementos de protección de las líneas generales de alimentación y marcan el principio de la propiedad de las instalaciones. Se debe instalar una caja general de protección para cada esquema, con su correspondiente línea general de alimentación. La caja general de protección debe situarse en una zona de acceso público. Cuando las puertas de las CGP sean metálicas, deberán ponerse a tierra mediante un conductor de cobre.

Como el suministro es para un único usuario, conforme a la instrucción ITC-BT-12, al no existir línea general de alimentación, se ha simplificado la instalación colocando una caja de protección y medida (CPM), en la fachada exterior del cuarto técnico.

#### 3.2 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 conectadas 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				
Planta	Referencia	Longitud (m)	Línea	Tipo de instalación
0	Cuadro individual 1	1.19	RZ1-K (AS) 3G6	Tubo superficial D=40 mm

Tabla 10.1. *Características de la derivación individual.* Fuente: CYPEMEP

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 mm.



Se ha previsto la colocación de tubos de reserva desde la concentración de contadores hasta las viviendas o locales, para las posibles ampliaciones.

### 3.3 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
Cuadro individual 1	-		
Sub-grupo 1	-		
C1 (iluminación)	200.58	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C13 (alumbrado de emergencia)	79.87	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm
C14 (Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	0.90	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm
C15 (producción de A.C.S. / Calefacción)	2.78	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm
C6 (iluminación)	72.84	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm

Tabla 10.2. *Dispositivos de mando y protección.* Fuente: CYPEMEP

### 3.4 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 <sub>calc</sub> [W]
<b>Cuadro individual 1</b>		
Caldera a gas para calefacción y ACS	0	150.0(monof.)

Tabla 10.3. *Potencia de los equipos de ACS y calefacción.* Fuente: CYPEMEP

### 3.5 Potencia total prevista

Dadas las características de la obra y los niveles de electrificación elegidos, la potencia total instalada y demandada por la instalación es la siguiente:

<b>Potencia total prevista por instalación: CPM-1</b>	
Concepto	P Total (kW)
Cuadro individual 1	5.476

Tabla 10.4. Potencia total prevista

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:

$$P_{acum} = \left(0.1 + \frac{0.9}{N}\right) \cdot N \cdot P_{toma}$$

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 10.5. Factores de simultaneidad

## 4. Bases de cálculo

---

A continuación se exponen los métodos de cálculo utilizados por el programa para el dimensionamiento de la instalación.

### 4.1 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:

#### 1. 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.

#### 2. 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.

#### 3. 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.

#### 4.1.1 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:

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} \cdot U_t \cdot \cos \theta}$$

Siendo:

$I_c$ : Intensidad de cálculo del circuito, en A

$I_z$ : 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

#### 4.1.2 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:

1. En el caso de contadores concentrados en un único lugar:

- Línea general de alimentación: 0,5%
- Derivaciones individuales: 1,0%

2. 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 m

X: Reactancia del cable, en  $\Omega$  /km. Se considera despreciable hasta un valor de sección del cable de 120 mm<sup>2</sup>. A partir de esta sección se considera un valor para la reactancia de 0,08  $\Omega$  /km.

R: Resistencia del cable, en  $\Omega$  /m. Viene dada por:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Siendo:

$\rho$ : Resistividad del material en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

S: Sección en  $\text{mm}^2$

Se comprueba la caída de tensión a la temperatura prevista de servicio del conductor, siendo ésta de:

$$T = T_0 + (T_{\text{max}} - T_0) \cdot \left( \frac{I_x}{I_z} \right)^2$$

Siendo:

T: Temperatura real estimada en el conductor, en  $^{\circ}\text{C}$

T0: Temperatura ambiente para el conductor ( $40^{\circ}\text{C}$  para cables al aire y  $25^{\circ}\text{C}$  para cables enterrados)

Tmax: Temperatura máxima admisible del conductor según su tipo de aislamiento ( $90^{\circ}\text{C}$  para conductores con aislamientos termoestables y  $70^{\circ}\text{C}$  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:

$$\rho_T = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)]$$

Los valores de  $\alpha$  y resistividad a 20 grados para el cobre:

$$\alpha = 0.00393^{\circ}\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{56} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

Los valores de  $\alpha$  y resistividad a 20 grados para el aluminio:

$$\alpha = 0.00403^{\circ}\text{C}^{-1} \quad \rho_{20^{\circ}\text{C}} = \frac{1}{35} \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

#### 4.1.3 Sección por intensidad de cortocircuito

Se calculan las intensidades de cortocircuito máximas y mínimas, tanto en cabecera 'I<sub>cc</sub>' como en pie 'I<sub>ccp</sub>', 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:

$$I_{cc} = \frac{U_l}{\sqrt{3} \cdot Z_l}$$

Fase y neutro:

$$I_{cc} = \frac{U_f}{2 \cdot Z_t}$$

Siendo:

U: Tensión compuesta, en V

U<sub>f</sub>: Tensión simple, en V

Z<sub>t</sub>: Impedancia total en el punto de cortocircuito, en m

I<sub>cc</sub>: 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<sub>t</sub>: Resistencia total en el punto de cortocircuito.

X<sub>t</sub>: 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 formula siguiente:

$$R_{cc,T} = \frac{\epsilon_{R_{cc,T}} \cdot U_l^2}{S_n}$$

$$X_{cc,T} = \frac{\epsilon_{X_{cc,T}} \cdot U_l^2}{S_n}$$

Siendo:

R<sub>cc,T</sub>: Resistencia de cortocircuito del transformador, en mΩ

X<sub>cc,T</sub>: Reactancia de cortocircuito del transformador, en mΩ

ε<sub>R<sub>cc,T</sub></sub>: Tensión resistiva de cortocircuito del transformador

ε<sub>X<sub>cc,T</sub></sub>: Tensión reactiva de cortocircuito del transformador

S<sub>n</sub>: 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.

## 4.2 Cálculo de protecciones

### 4.2.1 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<sub>c</sub>: Intensidad que circula por el circuito, en A

I<sub>n</sub>: Intensidad nominal del dispositivo de protección, en A

I<sub>z</sub>: Intensidad máxima admisible del conductor, en las condiciones de instalación, en A

I<sub>2</sub>: 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:

1. El poder de corte del fusible "I<sub>cu</sub>" es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse.

2. 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<sub>cc</sub>: Intensidad de cortocircuito en la línea que protege el fusible, en A

I<sub>f</sub>: Intensidad de fusión del fusible en 5 segundos, en A

I<sub>cc,5s</sub>: 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 mm<sup>2</sup>

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:

Rf: Resistencia del conductor de fase, en  $\Omega/\text{km}$

Rn: Resistencia del conductor de neutro, en  $\Omega/\text{km}$

Xf: Reactancia del conductor de fase, en  $\Omega/\text{km}$

Xn: Reactancia del conductor de neutro, en  $\Omega/\text{km}$

#### 4.2.2 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:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

Siendo:

Ic: 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:

1. El poder de corte del interruptor automático 'Icu' es mayor que la máxima intensidad de cortocircuito que puede presentarse en cabecera del circuito.
2. 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

3. 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  $\text{A}^2 \cdot \text{s}$ , 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.

$$I^2 \cdot t_{int.interruptor} \leq I^2 \cdot t_{cable}$$
$$I^2 \cdot t_{cable} = k^2 \cdot S^2$$

#### 4.2.3 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.

#### 4.2.4 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.

## 4.3 Cálculo de puesta a tierra

### 4.3.1 Diseño del sistema de puesta a Tierra

Red de toma de tierra para estructura de hormigón compuesta por 148 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm<sup>2</sup> de sección para la línea principal de toma de tierra del edificio, enterrado a una profundidad mínima de 80 cm, 10 m de cable conductor de cobre desnudo recocido de 35 mm<sup>2</sup> de sección para la línea de enlace de toma de tierra de los pilares a conectar y 4 picas para red de toma de tierra formada por pieza de acero cobreado con baño electrolítico de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud, enterrada a una profundidad mínima de 80 cm.

### 4.3.2 Interruptores diferenciales

Los interruptores diferenciales protegen frente a contactos directos e indirectos y deben cumplir los dos requisitos siguientes:

1. 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.

2. 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.

## 5. Proyecto de instalación eléctrica

---

Se adjuntan los resultados del proceso de cálculo

### 5.1.1 Leyenda

<b>Leyenda</b>	
c.d.t	caída de tensión (%)
c.d.t <sub>ac</sub>	caída de tensión acumulada (%)
I <sub>c</sub>	intensidad de cálculo del circuito (A)
I <sub>z</sub>	intensidad máxima admisible del conductor en las condiciones de instalación (A)
FC <sub>agrup</sub>	factor de corrección por agrupamiento
R <sub>inc</sub>	porcentaje de reducción de la intensidad admisible por conductor en zona de riesgo de incendio o explosión (%)

Estos son los términos utilizados en las tablas que recogen los resultados.

<b>Leyenda</b>	
I' <sub>z</sub>	intensidad máxima admisible corregida del conductor en las condiciones de instalación (A)
I <sub>2</sub>	intensidad de funcionamiento de la protección (A)
I <sub>cu</sub>	poder de corte de la protección (kA)
I <sub>ccc</sub>	intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (kA)
I <sub>ccp</sub>	intensidad de cortocircuito al final de la línea (kA)
L <sub>max</sub>	longitud máxima de la línea protegida por el fusible a cortocircuito (A)
P <sub>calc</sub>	potencia de cálculo (kW)
t <sub>icc</sub>	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (s)
t <sub>iccp</sub>	tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al final de la línea (s)
t <sub>ficcp</sub>	tiempo de fusión del fusible para la intensidad de cortocircuito (s)

Figura 10.1. Leyenda de los cálculos de la instalación

### 5.1.2 Simbología

Estos son los símbolos utilizados en los planos del proyecto:












	Lámpara fluorescente con tres tubos		Luminaria de emergencia
	Salida para lámpara incandescente, vapor de mercurio o similar, empotrada en techo		Caja de protección y medida (CPM)
	Cuadro individual		Interruptor doble estanco
	Interruptor doble		Interruptor
	Bomba de circulación		Equipo de producción de A.C.S. / calefacción
	Pararrayos con dispositivo de cebado (PDC)		

Figura 10.2. Leyenda planos del proyecto de instalación eléctrica

### 5.2 Distribución de fases

La distribución de fases se ha realizado de forma que la carga este lo más equilibrada posible

CPM-1					
Planta	Esquema	P <sub>calc</sub> [W]	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
0	CPM-1	-	5475.9	-	-
0	Cuadro individual 1	5475.9	5475.9	-	-

Cuadro individual 1						
Nº de circuito	Tipo de circuito	Recinto	Potencia Eléctrica [W]			
			R	S	T	
C1 (iluminación)	C1 (iluminación)	-	3373.7	-	-	
C6 (iluminación)	C6 (iluminación)	-	1689.1	-	-	
C13 (alumbrado de emergencia)	C13 (alumbrado de emergencia)	-	21.6	-	-	
C14 (Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	C14 (Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	-	300.0	-	-	
C15 (producción de A.C.S. / Calefacción)	C15 (producción de A.C.S. / Calefacción)	-	135.0	-	-	

Tabla 10.6. Características del cuadro de protección y medida y el cuadro individual

### 5.3 Derivaciones individuales

Datos de cálculo								
Planta	Esquema	P <sub>calc</sub> (kW)	Longitud (m)	Línea	I <sub>c</sub> (A)	I' <sub>z</sub> (A)	c.d.t. (%)	c.d.t. <sub>ac</sub> (%)
0	Cuadro individual 1	5.28	1.19	RZ1-K (AS) 3G6	22.96	49.00	0.08	0.08

Descripción de las instalaciones							
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I <sub>z</sub> (A)	FC <sub>agrup</sub>	R <sub>inc</sub> (%)	I' <sub>z</sub> (A)	
Cuadro individual 1	RZ1-K (AS) 3G6	Tubo superficial D=40 mm	49.00	1.00	-	49.00	

Sobrecarga y cortocircuito											
Esquema	Línea	I <sub>c</sub> (A)	Protecciones Fusible (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>cu</sub> (kA)	I <sub>occ</sub> (kA)	I <sub>exp</sub> (kA)	t <sub>exp</sub> (s)	t <sub>exp</sub> (s)	L <sub>max</sub> (m)
Cuadro individual 1	RZ1-K (AS) 3G6	22.96	25	40.00	49.00	100	12.000	4.927	0.03	< 0.01	216.45

Tabla 10.7. Cálculos de las derivaciones individuales

## 5.4 Instalación interior

En la fachada del cuarto técnico se ha instalado el 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 Cuadro individual 1							
Esquema	$P_{\text{calc}}$ (kW)	Longitud (m)	Línea	$I_c$ (A)	$I'_z$ (A)	c.d.t. (%)	c.d.t. <sub>cc</sub> (%)
<b>Cuadro individual 1</b>							
<b>Sub-grupo 1</b>							
C1 (iluminación)	3.37	200.36	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	14.67	20.00	3.66	3.74
C13 (alumbrado de emergencia)	0.02	117.28	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	0.09	14.50	0.04	0.12
C14 (Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	0.30	0.90	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	1.53	20.00	-	0.09
C15 (producción de A.C.S. / Calefacción)	0.14	2.87	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	0.69	14.50	0.02	0.10
C6 (iluminación)	1.69	72.84	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	7.34	14.50	1.44	1.52

Tabla 10.8. Datos de cálculo del cuadro individual

Descripción de las instalaciones							
Esquema	Línea	Tipo de instalación	$I_z$ (A)	$F_{C_{\text{sup}}}$	$R_{\text{sc}}$ (%)	$I'_z$ (A)	
C1 (iluminación)	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00	
C13 (alumbrado de emergencia)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50	
C14 (Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00	
C15 (producción de A.C.S. / Calefacción)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50	
C6 (iluminación)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50	

Tabla 10.9. Descripción de las instalaciones de consumo

Sobrecarga y cortocircuito 'cuadro individual 1'											
Esquema	Línea	$I_c$ (A)	Protecciones ICP: In Guard: In Aut: In, curva Dif: In, sens, nº polos Telerruptor: In, nº polos	$I_1$ (A)	$I_2$ (A)	$I_{sc}$ (kA)	$I_{sc}$ (kA)	$I_{sc}$ (kA)	$t_{sc}$ (s)	$t_{sc}$ (s)	
<b>Cuadro individual 1</b>			IGA: 25 LS: Clase C(Tipo II), 40 kA 1.2 kV								
<b>Sub-grupo 1</b>			Dif: 25, 30, 2 polos								
C1 (iluminación)	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	14.67	Aut: 16 (C',B',D')	23.20	20.00	10	9.894	0.357	< 0.01	0.65	
C13 (alumbrado de emergencia)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	0.08	Aut: 10 (C',B',D')	14.50	14.50	10	9.894	0.206	< 0.01	0.70	
C14 (Bomba de circulación (retorno A.C.S.))	ES07Z1-K (AS) 3G2.5	0.31	Aut: 10 (C',B',D')	14.50	20.00	10	9.894	3.761	< 0.01	< 0.01	
C15 (producción de A.C.S. / Calefacción)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	0.65	Aut: 10 (C',B',D')	14.50	14.50	10	9.894	1.860	< 0.01	< 0.01	
C6 (iluminación)	ES07Z1-K (AS) 3G1.5	7.34	Aut: 10 (C',B',D')	14.50	14.50	10	9.894	0.434	< 0.01	0.16	

Tabla 10.10. Cálculos de sobrecarga y cortocircuito del cuadro individual

## Anejo 11. Cubierta fotovoltaica

## Índice

---

1. Objeto.....	279
2. Normativa.....	279
3. Instalación de autoconsumo .....	281
4. Características de la instalación fotovoltaica.....	282
4.1 Disposición sobre cubierta .....	282
4.2 Generador fotovoltaico .....	283
4.3 Montaje .....	284
4.4 Instalación eléctrica CC .....	286
4.5 Inversor .....	286
4.6 Instalación eléctrica CC-CA.....	287
Instalación de AC.....	287
4.6.1 Contador.....	287
5. Cálculos .....	288
5.1 Contribución fotovoltaica mínima .....	288
5.2 Selección del inversor.....	288
5.2.1 Conexión en serie .....	288
5.2.2 Conexión en paralelo.....	289
5.3 Potencia instalada .....	289
5.4 Factores correctores .....	289

## 1. Objeto

---

El objeto del presente documento es diseñar y definir la instalación solar fotovoltaica sobre la cubierta de la nave y establecer las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir, de acuerdo al Reglamento Electrotécnico para baja Tensión, así como la demás normativa de aplicación.

## 2. Normativa

---

- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Real Decreto 1454/2005 del 2 de diciembre de 2005, por el que se modifica parcialmente el Real Decreto 1955/2000, del 1 de diciembre de 2000, por el que se regulaban las actividades de Transporte, Distribución, Comercialización, Suministro y Procedimientos de Autorización de Instalaciones de Energía Eléctrica.

Hasta ahora las condiciones administrativas, eléctricas y económicas de las diversas modalidades de producción y suministro de energía eléctrica estaban reguladas por el Real Decreto 900/2015, pero desde octubre del pasado año ha sido modificado mediante el Real Decreto 15/2018. Cambios respecto al Real Decreto de 2015:

- Ya no hay impuestos por el autoconsumo de energía fotovoltaica.
- Se reconoce el derecho al autoconsumo compartido entre varios consumidores.
- Se simplifica la parte administrativa y técnica, especialmente para las instalaciones de pequeña potencia.

Se reconocen dos tipos de autoconsumo:

- Autoconsumo sin excedentes: cuando un dispositivo físico impide la inyección de electricidad a la red y existe solo un tipo de sujeto.
- Autoconsumo con excedentes: cuando las instalaciones cubren el consumo e inyectan el excedente de la energía a la red. Existen dos sujetos: el consumidor y el productor.

La nueva normativa también presenta cambios para el registro administrativo de autoconsumo de energía eléctrica, estos son:

- La energía de autoconsumo de origen renovable estará exenta de todo tipo de cargos y peajes.



- Aquellas instalaciones que no vayan a verter energía a la red ya no tienen que pedir permiso a la compañía eléctrica para conectarse. Además, se elimina el segundo contador.
- Creación de un registro telemático para el seguimiento de instalaciones de autoconsumos desde el punto de vista económico e incidencia en cumplimiento de objetivos de renovables y en la operación del sistema.
- Se elimina la limitación por la cual la potencia de los paneles tenía que ser menor que la potencia de consumo.

### 3. Instalación de autoconsumo

---

El autoconsumo energético se define como la producción de energía a través de una instalación independiente, con el objetivo de cubrir la demanda energética del propio edificio. En el caso de una **instalación solar fotovoltaica**; para cubrir el consumo de energía eléctrica, que se genera directamente a través de los paneles fotovoltaicos. Dicha instalación cuenta con: placas solares, cableado e inversor fotovoltaico.

En cuanto a la función de cada componente; los paneles solares se encargan de captar la luz solar y generar energía eléctrica, el inversor transforma la energía eléctrica que está en corriente continua en corriente alterna, utilizada por todos los aparatos eléctricos, y el cableado conecta todos los elementos entre sí.

La salida del inversor se conecta con la entrada ICP del edificio. En función de la energía que se esté consumiendo se cogerá primero del generador y luego de la red. Los consumos siempre toman la energía del punto más cercano, en este caso son las placas solares, si se necesita más lo cogerían de la red; ambas fuentes trabajan en paralelo.

Se ha planteado una instalación de **Autoconsumo Sin excedentes**, luego se colocaran los dispositivos necesarios para impedir el vertido a red a través de un sistema de vertido cero, ya incluido en los equipos.

Se contemplará la posibilidad de verter energía a red si una vez iniciado el uso de la nave se observa un consumo significativamente inferior a la producción eléctrica de la instalación fotovoltaica.

## 4. Características de la instalación fotovoltaica

A continuación se adjunta una tabla resumen con las características de la nave a tener en cuenta:

Tipo de cubierta	A 2 aguas
Inclinación de la cubierta	14,3%
Elevación	6 m
Accesibilidad	Fácil

Tabla 11.1. Características generales nave

Cubierta Fotovoltaica a 1 agua	
Superficie disponible para la instalación	210 m <sup>2</sup>
Número de módulos	84
Número de módulos conectados en serie	14
Número de Strings	6
Potencia del Grupo	23,5 KW
Vmpp/módulo	35,89 V
Imp/módulo	7,81 A
Número de inversores	2
Potencia/inversor	15 kWp
Potencia salida/inversor	10 kWAC
Potencia nominal	20 kWAC

Tabla 11.2. Características cubierta fotovoltaica

### 4.1 Disposición sobre cubierta

Los paneles solares son más productivos cuando los rayos solares inciden en perpendicular a su superficie, esto ocurre cuando se disponen con orientación sur.

La orientación de la nave es la misma que en la Figura; el agua orientada al sur es la más eficiente de las dos y donde se va llevar a cabo la instalación de los módulos fotovoltaicos.

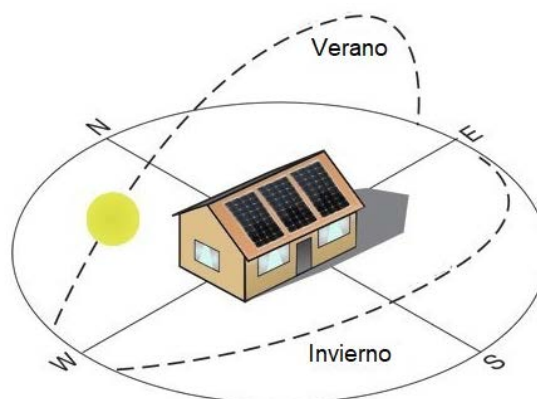


Figura 11.1. Esquema variación de la altura del sol

En cuanto a la inclinación óptima de los módulos, influyen dos factores; la latitud de la zona geográfica donde se va realizar la instalación, y la época de mayor demanda energética.

En verano es cuando el sol está más alto, y por tanto cuanto menor sea la inclinación vertical de los paneles; más perpendicularmente incidirán los rayos, lo que garantiza una mayor productividad de la instalación.

La orientación e inclinación de los paneles se ha diseñado teniendo en mente cuando tendrá un mayor uso a la nave, y por tanto el consumo energético será mayor; entendiéndose como la temporada de verano o primavera, cuando las temperaturas son más elevadas y se realiza más deporte al aire libre, concretamente entre los meses de abril y noviembre. En este caso las recomendaciones indican una inclinación de unos 17 y 30 °.

Como las aguas de la nave ya cuenta con cierta inclinación, los módulos irán fijados sobre la cubierta mediante railes y anclajes, prescindiendo de la estructura de soporte, ya que encarece la instalación, y el efecto sobre el rendimiento es mínimo.

Los módulos fotovoltaicos se acoplan al panel sándwich mediante railes e irán fijados con tornillos o grapas. No obstante, se seguirán las instrucciones facilitadas por el fabricante.

## 4.2 Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico es el dispositivo encargado de transformar la radiación solar en electricidad. Está constituido por una asociación serie-paralelo de módulos que, a su vez, son el resultado de una agrupación serie-paralelo de células solares.

El generador fotovoltaico estará formado por 84 módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino capaces de entregar una potencia unitaria de 280 W en condiciones estándar, fijados con la inclinación de la cubierta, siendo la potencia pico de la instalación 23,5 kWp.

Los módulos fotovoltaicos que se han escogido son del fabricante CambioSolar, modelo CS-280MC, fabricados en España según la Norma UNE-EN61215. Lo configuran 72 células de silicio monocristalinas de 156x156 mm de alta eficiencia.

Las dimensiones del módulo se muestran en la siguiente figura:

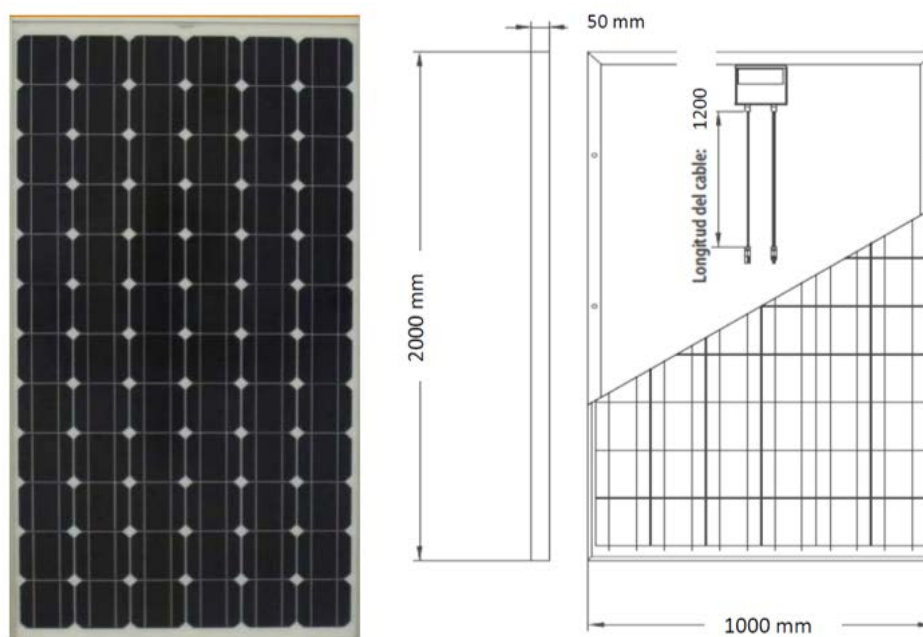


Figura 11.2. Dimensiones modulo fotovoltaico

En cuanto a las características eléctricas de cada módulo:

Potencia máxima (Wp)	280 W
Tensión punto de máxima potencia (Vmp)	35,89 V
Corriente punto máxima potencia (Imp)	7,81 A

Tabla 11.3. Características eléctricas modulo fotovoltaico

### 4.3 Montaje

Consideraciones para el montaje:

- La separación entre la superficie del módulo y la cubierta debe ser la suficiente como para asegurar una óptima ventilación y permitir el paso de la corriente de agua de lluvia, sin que se produzcan obstrucciones por hojas u otro tipo.
- La superficie del generador fotovoltaico no debe sobrepasar el perímetro de la cubierta.
- Los módulos deben tener una pequeña separación entre unos y otros.

Teniendo en cuenta las anteriores recomendaciones, las dimensiones del equipo seleccionado y la superficie disponible; se han dispuesto las placas en 3 filas de 28 módulos en orientación vertical. Se ha dejado una holgura de 2 metros en horizontal y 1 metro en vertical, para facilitar las labores de mantenimiento, instalación y disposición del cableado.

Disposiciones planteadas:

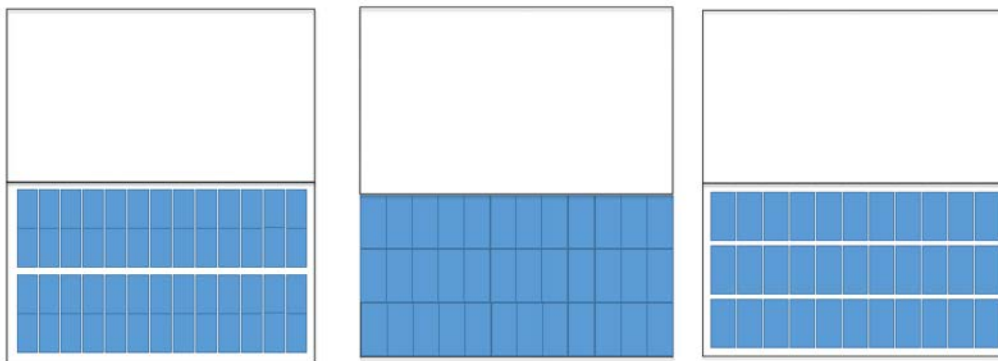


Figura 11.3. Esquema con las posibles disposiciones de los módulos fotovoltaicos en la cubierta

Entre las tres posibles soluciones, la primera no es viable ya que las dimensiones de las 4 filas de paneles son superiores a la superficie disponible para la instalación, la segunda plantea problemáticas en el mantenimiento y ventilación; en casos de una temperatura ambiente elevada, luego la última disposición prevalece como la óptima.

Solución adoptada:

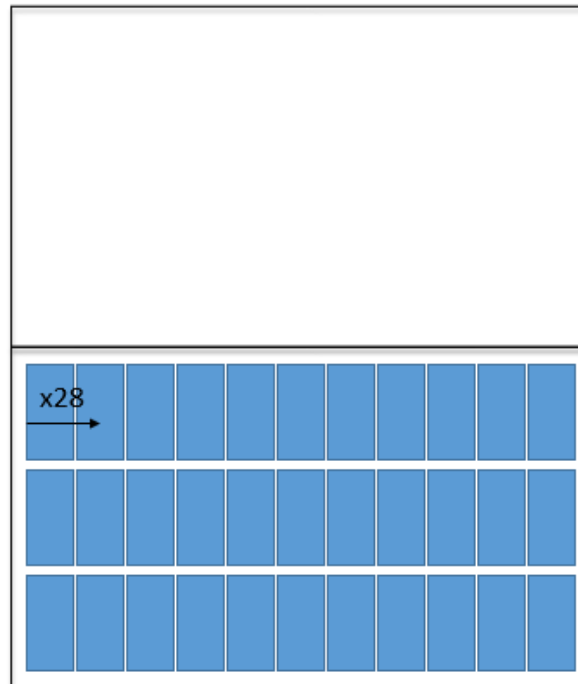


Figura 11.4. Disposición de los módulos solares en la cubierta

En cada fila se conectan 14 módulos en serie, de forma que hay un total de 6 strings. Por cada 3 strings se ha instalado un inversor al que se conectan en paralelo.

El término “string” se refiere a la cantidad de módulos fotovoltaicos conectados en serie, esto es, 6 strings corresponden a 6 filas de módulos conectados en serie. El inversor seleccionado debe disponer de una entrada para cada string.

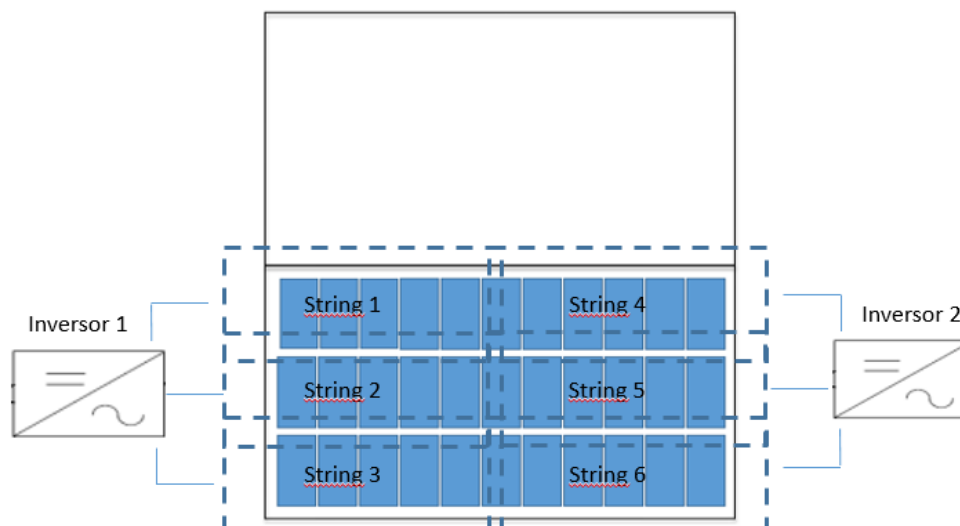


Figura 11.5. Boceto instalación eléctrica

## 4.4 Instalación eléctrica CC

La infraestructura eléctrica de CC de la cubierta fotovoltaica abarcará desde los módulos, la conexión en serie de los mismos formando los strings, hasta el inversor.

El conexionado en serie de los módulos se realiza conectando el terminal positivo de un módulo con el negativo del siguiente en serie.

El conexionado se realiza de forma alterna, dejando un módulo en medio, de tal manera que empezando por el primero se serien los módulos impares y se vuelva con los módulos pares.

El terminal negativo del primer módulo es el terminal negativo de la serie y el terminal positivo del último módulo es el terminal positivo de la serie, de tal forma que los terminales positivo y negativo de la serie corresponderán a dos módulos adyacentes en el extremo de la mesa, facilitando el cableado y acortando las longitudes de cables necesarias, y por tanto las pérdidas.

El sistema se compone de 6 strings de 14 paneles conectados en serie, protegidos mediante fusibles.

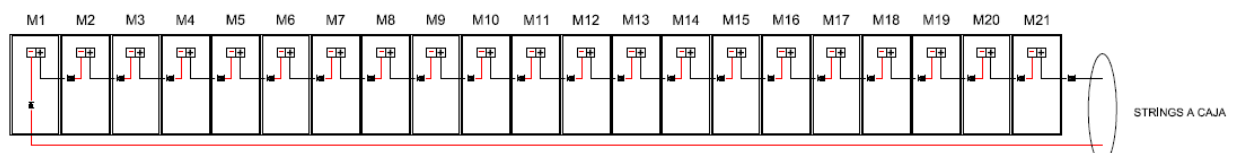


Figura 11.6. Esquema de una conexión en serie

Los *strings* se conectarán al cuadro de protección de series o cuadro de paralelos, cuya misión será proteger las series de módulos. Permitirán la desconexión de manera independiente y segura de cada una de las series en caso de necesidad. Dentro de este cuadro se realizará la conexión en paralelo de cada grupo de 3 strings, que se conectarán al inversor correspondiente de 15 kW de entrada máxima (potencia nominal 10 KWn).

El cableado entre los paneles de cada serie se realizará de un panel al siguiente de manera que queden sujetos, evitándose que queden sueltos o que cuelguen y se enganchen.

## 4.5 Inversor

El inversor será el equipo encargado de transformar la tensión de entrada de corriente continua, generada por los módulos fotovoltaicos, en tensión de corriente alterna. A la salida del inversor se instalará un cuadro eléctrico que protegerá del lado de corriente alterna.

La potencia del inversor debe ser la inmediatamente superior a la potencia de la instalación en condiciones de funcionamiento, luego la instalación fotovoltaica propuesta cuenta con 2 inversores del catálogo de ConerMex; modelo Fronius Symo 10.0-3-M de 15 kW de entrada máxima a cada uno, 10 kWn de potencia nominal.

Están preparados para un uso tanto a la intemperie como en interior e incorpora todas las protecciones, por lo que su instalación resulta muy sencilla.

Entradas	
Rango de potencia FV recomendado	15 kWp
Tensión máxima DC	800 V
Corriente máxima DC	27 A
Número de entradas	3
Salidas	
Potencia nominal AC	10 kWAC
Corriente máxima AC	14,4 A
Frecuencia nominal AC	45-65 HZ
Datos generales	
Temperatura de funcionamiento	-40+60 °C

Tabla 11.4. Características del inversor

## 4.6 Instalación eléctrica CC-CA

A continuación, se detallan los elementos y características de la instalación eléctrica a partir de la transformación en corriente alterna:

### Instalación de AC

Además de la instrumentación necesaria para la conversión de corriente continua a alterna, el inversor dispone internamente de las protecciones necesarias para poder asegurar la seguridad de la instalación y las personas, como para garantizar la calidad de la electricidad.

- Cada uno de los inversores dispone internamente de las protecciones necesarias para poder ser desconectados de forma individual sin la necesidad de anular la producción del conjunto de la instalación.
- Interruptor magnetotérmico para los inversores, que permitirá realizar las tareas de mantenimiento en esta parte de la instalación, sin afectar al resto. Asimismo, evita paradas del conjunto de la instalación en caso de sobreintensidad de cortocircuito.
- Interruptor automático diferencial, situado lo más cerca posible del punto de conexión, para proteger a las personas en todo el tramo de CA.
- Protección contra contactos directos, cortocircuitos y sobrecarga.

#### 4.6.1 Contador

Se incorpora un contador con telegestión, para cuantificar el pequeño consumo de la red eléctrica; en los casos de ausencia de radiación solar o una producción eléctrica deficitaria.



## 5. Cálculos

### 5.1 Contribución fotovoltaica mínima

El documento CTE DB HE establece una contribución mínima de energía eléctrica obtenida por sistemas de transformación de energía solar a partir de procedimientos fotovoltaicos.

No obstante, la norma incluye como condición a su aplicación; que la superficie construida debe ser superior a los 5000 m<sup>2</sup>, luego el proyecto de 420 m<sup>2</sup> queda fuera del ámbito de aplicación de la norma.

### 5.2 Selección del inversor

La selección del modelo de inversor está limitada por su tensión máxima y corriente admisible de entrada, así como de la potencia pico de la instalación.

Teniendo en cuenta la disposición de los módulos y las características técnicas del generador fotovoltaico, se calculan los valores de tensión e intensidad de entrada que deberá ser capaz de cubrir el inversor seleccionado.

1 Inversor	
Total Módulos	42
Módulos por String	14
Nº Strings/Inversor	3
Potencia/Módulo (Wp)	280
Potencia Salida (kWAC)	10
Potencia Pico Total (kWp)	11.76
Vmp/Módulo (V)	35.89
Vmp por String (V)	502.46
Vmp por Inversor (V)	502.46
Imp/módulo (A)	7.81
Imp por String (A)	7.81
Imp por inversor (A)	23.43

Tabla 11.5. Resumen cálculos

#### 5.2.1 Conexión en serie

El número máximo de paneles conectados en serie vendrá limitado por la tensión máxima de entrada del inversor:

$$N_{MS} = \frac{V_{m\acute{a}x\ inv}}{V_{OC}}$$

Teniendo en cuenta las características técnicas de los módulos ( $V_{mpp}/\text{módulo}=35,89 \text{ V}$ ), si se conectan 14 módulos en serie la tensión de salida por String, y por tanto de entrada al inversor:

$$V_{mp \text{ Inversor}} (V) = V_{mpp} \times \text{número de módulos conectados en serie}$$

1 String de 14 módulos en serie	
Potencia	3,92 kWp
Intensidad	7,81 A
Tensión	502,46 V

Tabla 11.6. Conexión en serie

### 5.2.2 Conexión en paralelo

El número máximo de ramas conectadas en paralelo vendrá limitado por la corriente admisible de entrada del inversor:

$$N_{MP} = \frac{I_{máx \text{ ent inv}}}{I_{CC \text{ mód}}}$$

Teniendo en cuenta que las características técnicas de los módulos ( $I_{mp}/\text{módulo}= 7,81 \text{ A}$ ), la corriente de cortocircuito más desfavorable será:

$$I_{mp \text{ Inversor}} (A) = I_{CC.string} \times \text{número de strings conectados en paralelo}$$

3 String conectados en paralelo	
Potencia	11,8 kWp
Intensidad	23,43 A
Tensión	502,46 V

Tabla 11.7. Conexión en paralelo

### 5.3 Potencia instalada

Se ha diseñado una cubierta fotovoltaica de 84 módulos con una potencia unitaria de 280 Wp. Luego:

$$\text{Potencia instalada} = Wp/\text{modulo} \times \text{número de módulos}$$

Para cumplir con la potencia instalada (23,5 kW) se ha diseñado una instalación con 2 inversores, cada uno admite hasta 15 kW de entrada que se transforma en 10 kWAC de salida. Cada inversor tiene conectados 3 strings en paralelo.

### 5.4 Factores correctores

La cantidad de energía generada dependerá de la radiación de la zona geográfica y la potencia instalada. En este caso, se disponen 84 módulos:

Potencia instalada = 280 Wp/modulo·84 módulos= 23520 Wp

La radiación solar varía en función de la latitud de la zona:

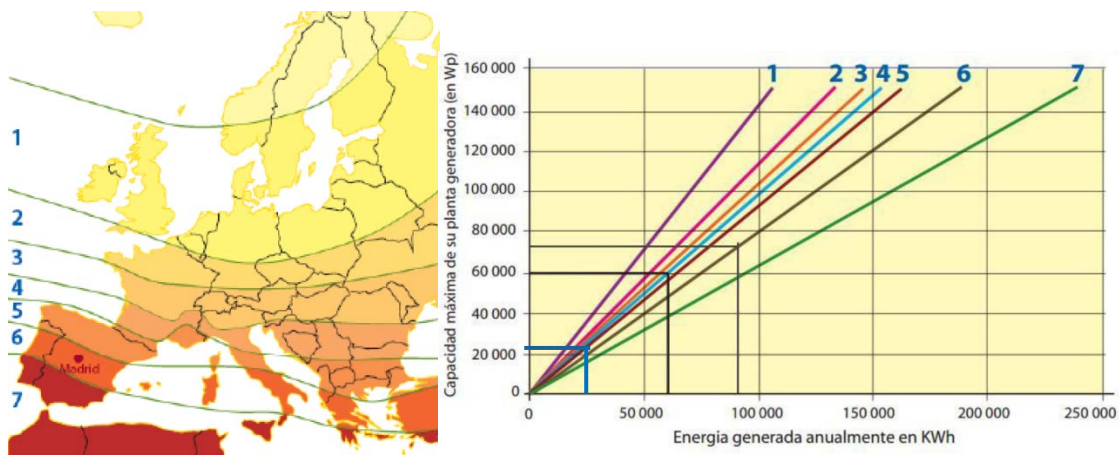


Figura 11.7. Variación entre la capacidad máxima y la energía generada en función de la latitud

Teniendo en cuenta las categorías de las zonas geográficas indicadas en el mapa, yendo al gráfico se determina la energía generada anualmente en kWh; como se observa la corrección es despreciable.

## Anejo 12. Accesibilidad

## Índice

---

1. Objeto.....	291
2. Normativa.....	291
3. Condiciones de Accesibilidad .....	291
3.1 Condiciones funcionales.....	291
3.2 Dotación de elementos accesibles .....	291
4. Condiciones y características de la información y señalización para la accesibilidad .....	292
4.1 Dotación .....	292
4.2 Características .....	293
5. Mecanismos accesibles .....	293
6. Itinerario accesible .....	294
7. Servicios higiénicos accesibles .....	295
8. Instalaciones diseñadas.....	297

## 1. Objeto

---

El objeto del presente documento es definir y describir las características técnicas que deben reunir las instalaciones de la nave para facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura a las personas con discapacidad, y así puedan disfrutar también de esta iniciativa.

## 2. Normativa

---

La norma de aplicación en este ámbito es el CTE DBE SUA en su apartado “Accesibilidad”, cuyo objeto es 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 no discriminatoria, independiente y segura de los edificios a las personas con discapacidad se cumplirán las condiciones funcionales y de dotación de elementos accesibles que se establecen a continuación.

### 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

Se dispondrá un itinerario accesible que comunique, en cada planta, el acceso accesible a ella con las zonas de uso público, con todo origen de evacuación de 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

#### Servicios higiénicos accesibles

Siempre que sea exigible la existencia de aseos o de vestuarios por alguna disposición legal de obligado cumplimiento, existirá al menos:

1. Un aseo accesible por cada 10 unidades o fracción de inodoros instalados, pudiendo ser de uso compartido para ambos sexos.

2. En cada vestuario, una cabina de vestuario accesible, un aseo accesible y una ducha accesible por cada 10 unidades o fracción de los instalados. En el caso de que el vestuario no esté distribuido en cabinas individuales, se dispondrá al menos una cabina accesible.

#### Mobiliario fijo

El mobiliario fijo de zonas de atención al público incluirá al menos un punto de atención accesible. Como alternativa a lo anterior, se podrá disponer un punto de llamada accesible para recibir asistencia.

#### Mecanismos

Excepto en el interior de las viviendas y en las zonas de ocupación nula, los interruptores, los dispositivos de intercomunicación y los pulsadores de alarma serán mecanismos accesibles.

## 4. Condiciones y características de la información y señalización para la accesibilidad

---

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización independiente, no discriminatoria y segura de los edificios.

### 4.1 Dotación

Se deberán señalar todas aquellas instalaciones que cumplan con las condiciones de accesibilidad indicadas en la siguiente tabla:

<b>Elementos accesibles</b>	<b>En zonas de uso privado</b>	<b>En zonas de uso público</b>
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 14.1. Señalización de los elementos accesibles en función de su ubicación. Fuente: CTE DB SUA

## 4.2 Características

La norma CTE DB SUEA establece una serie de indicaciones sobre las características que deben cumplir los elementos de señalización en función de cual sea su ubicación:

1. 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.
2. 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.
3. Las bandas señalizadoras visuales y táctiles serán de color contrastado con el pavimento, con relieve de altura  $3\pm 1$  mm en interiores y  $5\pm 1$  mm en exteriores. Las exigidas en el apartado 4.2.3 de la Sección SUA 1 para señalar el arranque de escaleras, tendrán 80 cm de longitud en el sentido de la marcha, anchura la del itinerario y acanaladuras perpendiculares al eje de la escalera. 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.
4. Las características y dimensiones del Símbolo Internacional de Accesibilidad para la movilidad (SIA) se establecen en la norma UNE 41501:2002.

## 5. 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



## 6. Itinerario accesible

Es todo aquel itinerario que, considerando su utilización en ambos sentidos, cumple las condiciones que se establecen a continuación:

- 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 $\leq 25$ N ( $\leq 65$ 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 trasversal al sentido de la marcha es $\leq 2\%$

Figura 12.1. *Características itinerario accesible*. Fuente: CTE DB SUA

## 7. Servicios higiénicos accesibles

Los servicios higiénicos accesibles, tales como aseos accesibles o vestuarios con elementos accesibles, son los que cumplen las condiciones que se establecen a continuación:

- Aseo accesible	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Está comunicado con un <i>itinerario accesible</i></li> <li>- Espacio para giro de diámetro Ø 1,50 m libre de obstáculos</li> <li>- Puertas que cumplen las condiciones del <i>itinerario accesible</i>. Son abatibles hacia el exterior o correderas</li> <li>- Dispone de barras de apoyo, mecanismos y accesorios diferenciados cromáticamente del entorno</li> </ul>
- Vestuario con elementos accesibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Está comunicado con un <i>itinerario accesible</i></li> <li>- Espacio de circulación               <ul style="list-style-type: none"> <li>- En baterías de lavabos, duchas, vestuarios, espacios de taquillas, etc., anchura libre de paso <math>\geq 1,20</math> m</li> <li>- Espacio para giro de diámetro Ø 1,50 m libre de obstáculos</li> <li>- 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</li> </ul> </li> <li>- Aseos accesibles               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplen las condiciones de los aseos accesibles</li> </ul> </li> <li>- Duchas accesibles, vestuarios accesibles               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensiones de la plaza de usuarios de silla de ruedas 0,80 x 1,20 m</li> <li>- Si es un recinto cerrado, espacio para giro de diámetro Ø 1,50 m libre de obstáculos</li> <li>- Dispone de barras de apoyo, mecanismos, accesorios y asientos de apoyo diferenciados cromáticamente del entorno</li> </ul> </li> </ul>

Figura 12.2. Características servicios higiénicos accesible. Fuente: CTE DB SUA

El equipamiento de aseos accesibles y vestuarios con elementos accesibles cumple las condiciones que se establecen a continuación:

- 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	

Figura 12.3. Características del equipamiento de aseos accesible. Fuente: CTE DB SUA

## 8. Instalaciones diseñadas

Todos los elementos de la nave si dispondrán de acuerdo a las especificaciones anteriormente expuesta.

Cada vestuario cuenta con una cabina independiente adaptada a las condiciones de accesibilidad, con lavabo, espejo e inodoro, además de una ducha con barra y asiento, todos los accesorios irán colocados a la altura regulada.

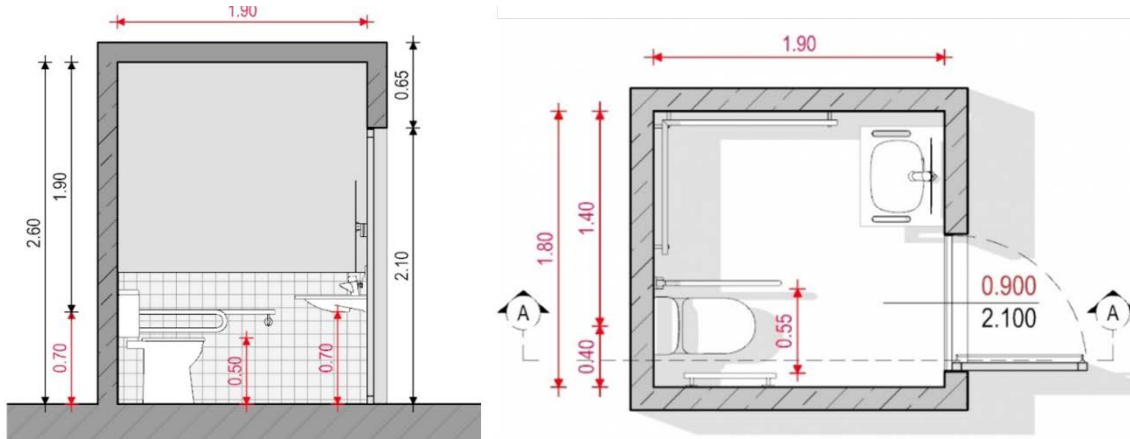


Figura 12.4. Dimensiones de la cabina independiente

Asimismo las puertas cuenta con una anchura libre de 0,90 m y en la zona de almacenaje se reservarán unas plazas para personas discapacitadas.

## Anejo 13. Plan de obra

## Índice

---

1. Objeto.....	298
2. Actividades .....	298
3. Inicio de las obras.....	299
4. Ejecución de las obras .....	299
4.1 Duración de las actividades.....	299
5. Diagrama de Gantt .....	300

## 1. Objeto

---

El objetivo del presente documento es definir la programación de las tareas recogidas en el proyecto en un tiempo real, y así poder hacer una estimación sobre la duración de la obra.

## 2. Actividades

---

Para hacer la planificación de la obra se han dividido los trabajos en 16 actividades, cuya duración engloba el proceso total de ejecución de la obra.

El inicio de algunas actividades coincide con la finalización de otras, en ocasiones se realizan trabajos de manera simultánea con el objetivo de optimizar el tiempo y los recursos siempre que sea posible. No obstante hay actividades críticas, las cuales son necesarias realizar para poder continuar con las siguientes, como por ejemplo cuando se llevan a cabo procesos de hormigonado.

A continuación se enumeran y desarrollan brevemente:

1. Desbroce y nivelación del terreno: se extrae la cobertura vegetal del terreno y se eliminarán las irregularidades superficiales del terreno, dejándolo nivelado.
2. Replanteo: se localiza en el terreno la posición de los elementos principales de la obra, como pueden ser la posición de los elementos o vértices estructurales del edificio.
3. Movimiento de tierras: se extrae el terreno necesario para la formación de la zanja las cimentaciones e instalaciones y la adecuación del terreno.
4. Instalación colectores de saneamiento: los colectores de saneamiento que discurren por debajo de la estructura del edificio empotrados en el terreno tienen que ser instalados antes de construir la estructura.
5. Cimentación: construcción de los elementos de cimentación del edificio; losa de cimentación.
6. Estructura metálica: montaje de la estructura metálica aporticada de la nave: pilares, vigas, arrostros...
7. Cubierta: colocación de los paneles sándwich sobre las correas de la estructura metálica.
8. Instalación de abastecimiento de aguas: consiste en la instalación de las conducciones y aparatos sanitarios que forman la red de abastecimiento de agua.
9. Red de evacuación de aguas: consiste en la instalación de bajantes, sifones, canalones y registros de limpieza.
10. Instalación eléctrica e iluminación: instalación del cableado, tomas de corriente, aparatos de control y medida y luminarias que forman la instalación eléctrica.

11. Instalación de climatización: instalación de las conducciones de agua y los radiadores de los vestuarios.
12. Instalación cubierta fotovoltaica: colocación de los módulos fotovoltaicos en la cubierta, realización de las conexiones de cableados entre los módulos en serie y en paralelo al inversor, instalación de los inversores, y conexión con la red eléctrica de la nave.
13. Cerramientos y particiones: construcción de los cerramientos exteriores del edificio, no incluye la cubierta, y la construcción de la tabiquería que separa los locales y los falsos techos de la zona de vestuarios, aseos, entrada y almacén.
14. Alicatado: consiste en el acabado de las superficies de algunas zonas de los vestuarios y embaldosado de sus suelos.
15. Carpintería y Acabados: instalación de las puertas y lucernarios y repaso de los detalles de acabados.
16. Limpieza de obra: comprende la limpieza final exhaustiva de toda la zona del proyecto y las infraestructuras de la nave, así como la retirada de las instalaciones provisionales de obra.

### 3. Inicio de las obras

---

Para el establecimiento de la fecha de inicio de las obras se ha tenido en cuenta un plazo de tres meses necesario para la obtención de licencias y realizar los trámites administrativos necesarios desde la aprobación del proyecto.

Por ese motivo, se ha establecido como fecha de inicio de las obras el 6 de Mayo de 2019, siendo lunes.

### 4. Ejecución de las obras

---

Una vez realizado el plan de obra se ha calculado que el plazo de ejecución será de 119 días laborables. Teniendo en cuenta los días festivos y fines de semana, la fecha prevista de finalización de las obras es el 17 de Octubre de 2019.

#### 4.1 Duración de las actividades

A continuación se adjunta una tabla con las distintas tareas haciendo un desglose de su fecha de inicio, su duración estimada de ejecución en días y su fecha de finalización.



Actividad	Comienzo	Terminación	Días
Proyecto nave deportiva	06/05/2019	21/10/2019	121
1. Desbroce y nivelación del terreno	06/05/2019	10/05/2019	4
2. Replanteo	10/05/2019	13/05/2019	1
3. Movimiento de tierras	13/05/2019	27/05/2019	10
4. Instalación colectores de saneamiento	27/05/2019	30/05/2019	3
5. Cimentación	30/05/2019	04/07/2019	25
6. Estructura metálica	04/07/2019	31/07/2019	19
7. Cubierta	31/07/2019	21/08/2019	15
8. Cerramientos y particiones	31/07/2019	26/08/2019	18
9. Instalación de abastecimiento de aguas	26/08/2019	06/09/2019	9
10. Red de evacuación de aguas residuales	26/08/2019	02/09/2019	5
11. Red de evacuación de aguas pluviales	26/08/2019	03/09/2019	6
12. Instalación eléctrica e iluminación	26/08/2019	17/09/2019	16
13. Instalación de climatización	26/08/2019	03/09/2019	6
14. Instalación cubierta fotovoltaica	26/08/2019	04/09/2019	7
15. Alicatado	06/09/2019	20/09/2019	10
16. Carpintería y Acabados	20/09/2019	11/10/2019	15
17. Pavimentado de acera	17/09/2019	15/10/2019	20
18. Limpieza de obra	15/10/2019	21/10/2019	4
19. Seguridad y salud	06/05/2019	21/10/2019	121
20. Calidad	06/05/2019	21/10/2019	121

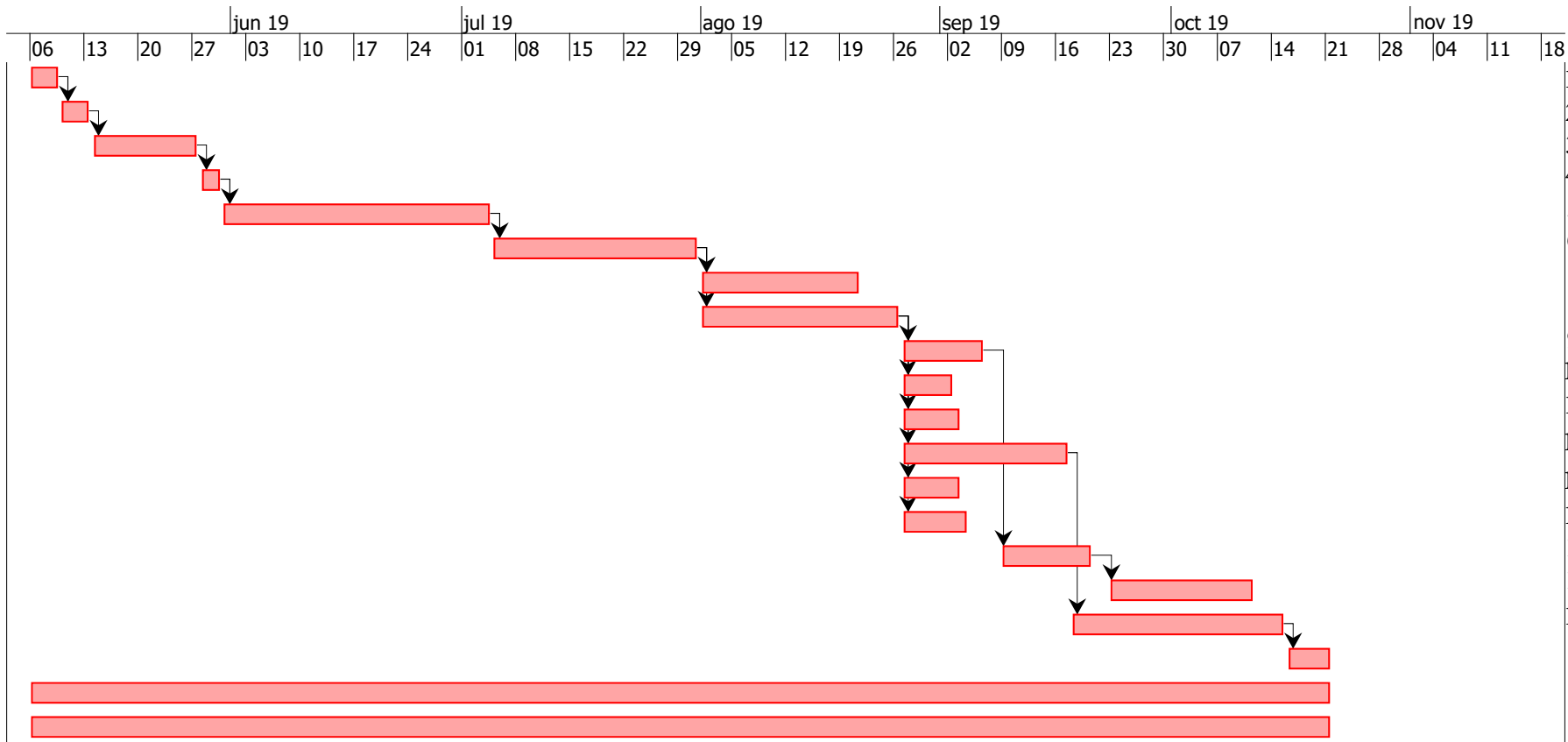
Tabla 13.1. Duración de las actividades

El proceso de ejecución, desde el comienzo a la terminación de los trabajos, se llevará a cabo de acuerdo a la normativa y especificaciones de seguridad y salud recogidas en el documento número cinco del proyecto: Estudio de Seguridad y Salud, y las exigencias de calidad.

## 5. Diagrama de Gantt

A continuación se adjunta un diagrama de Gantt con las distintas actividades del proceso de obra, esta herramienta gráfica sirve para mostrar de forma visual y esquemática el tiempo de dedicación previsto para cada tarea en el plazo de ejecución de la obra. Las actividades a realizar se muestran en el eje vertical y su duración en el horizontal.

También se visualiza, el orden de ejecución de las actividades, mostrando se la relación entre unas y otras y cuales se pueden realizar simultáneamente, así como las que es necesario finalizar antes de seguir con la siguiente.



1. Debroce y nivelación
2. Replanteo
3. Movimiento de tierras
4. Colectores saneamiento
5. Cimentación
6. Estructura metálica
7. Cubierta
8. Cerramientos
9. Saneamiento
10. Evacuación aguas resid.
11. Evacuación aguas pluv.
12. Ins.Eléctrica e iluminación
13. Climatización y gas
14. Cubierta fotovoltaica
15. Alicatado
16. Carpintería y Acabados
17. Pavimentado aceras
18. Limpieza de obra
19. Seguridad y Salud
20. Calidad

Anejo 14. Declaración de obra  
completa

## Índice

---

1. Objeto.....	301
2. Declaración de obra completa .....	301

## 1. Objeto

---

La normativa de aplicación para determinar la obra como tal se recoge en el Real Decreto Legislativo 3/2011 de 14 de Noviembre, en el que se enmarca la Ley de Contratos del Sector Público

## 2. Declaración de obra completa

---

Según la citada ley donde se exponen todos los elementos necesarios para la utilización de las obras, se considera que el presente proyecto está referido a una obra completa y ha sido redactado conforma a la normativa técnica y administrativa vigente de forma que los documentos que lo contienen son suficientemente detallados, y por lo tanto la obra podrá ser entregada para su puesta en servicio al término de la obras del mismo.

Anejo 15. Presupuesto para  
conocimiento de la administración

## Índice

---

1. Presupuesto de ejecución material.....	302
2. Presupuesto de ejecución por contrata .....	302
3. Expropiaciones .....	302
4. Servicios afectados.....	302
5. Presupuesto para conocimiento de la administración .....	302

## 1. Presupuesto de ejecución material

---

El importe del Presupuesto de Ejecución Material de las obras descritas en este proyecto asciende a la cantidad de TRESCIENTOS VEINTEMIL DOSCIENTOS CINCUENTA EUROS con TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS (320.250,39 €).

## 2. Presupuesto de ejecución por contrata

---

El importe del Presupuesto de Ejecución por Contrata de las obras descritas en el presente proyecto asciende a la cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA Y UN MIL CIENTO VEINTIOCHO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (461.168,54 €).

## 3. Expropiaciones

---

No será necesaria ningún tipo de expropiación, ya que el terreno en el cual se va a llevar a cabo el proyecto es propiedad del promotor de la obra.

## 4. Servicios afectados

---

Teniendo en cuenta la localización de este proyecto, así como sus características no se prevé la afección de ningún servicio ajeno, por lo que el coste de reposición de servicios se considera nulo.

## 5. Presupuesto para conocimiento de la administración

---

Al no ser necesaria ninguna expropiación y no versa afectado ningún servicio el presupuesto para el conocimiento de la administración se obtiene de la siguiente manera:

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	320.250,39
13% Gastos generales	41.632,55
6% Beneficio industrial	19.215,02
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	381.097,96
21% IVA	80.030,57
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA CON IVA	461.128,53

El presente Presupuesto General para Conocimiento de la Administración de la obra correspondiente al “CÁLCULO Y DISEÑO DE UN ALMACÉN DE MATERIAL DEPORTIVO CON PANELES SOLARES EN ZORROTZAURRE, BILBAO (BIZKAIA)” asciende a la expresada cantidad de CUATROCIENTOS SESENTA Y UN MIL CIENTO VEINTIOCHO EUROS CON CINCUENTA Y CUATRO CÉNTIMOS (461.168,54 €).