

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

DOCUMENTO 1 - MEMORIA Y ANEXOS

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO	4
1.1. PROMOTOR	4
1.2. AUTORÍA DEL PROYECTO.....	4
1.3. OBJETO DEL PROYECTO	4
2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	5
3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	7
3.1. PASADO, PRESENTE Y FUTURO	7
3.2. PROPUESTAS ANTERIORES	10
3.3. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS	11
4. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	13
4.1. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA	13
4.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA.....	13
4.3. CLIMATOLOGÍA	13
5. VIABILIDAD DEL PROYECTO.....	14
5.1. OTROS ACCESOS	14
5.2. DEMOGRAFÍA	15
5.3. EMPLAZAMIENTO	15
6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA.....	16
6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	16
6.2. FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO	17
6.3. GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y SISMICIDAD	17
6.4. HIDROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y DRENAJE.....	18
6.5. MOVIMIENTO DE TIERRAS	21
6.6. ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO	21
6.6.1. ASCENSOR	22
6.6.2. PASARELA PEATONAL	22
6.6.3. EXPLANADA DE ACCESO.....	23
6.6.4. ESCALERAS.....	23
6.7. ESTRUCTURA METÁLICA.....	24
6.7.1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	24
6.7.2. CÁLCULO ESTRUCTURAL.....	25
6.8. CIMENTACIÓN	27
6.9. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	28

6.9.1. LUMINARIAS.....	29
6.9.2. ASCENSOR	29
6.10. MOBILIARIO URBANO.....	29
6.11. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	30
6.12. SERVICIOS AFECTADOS.....	31
6.13. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD.....	31
6.14. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	32
6.15. PLAN DE OBRA.....	32
6.16. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA.....	33
6.17. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN.....	33
7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	34
8. CONTRATACIÓN DE LAS OBRAS.....	35
8.1. SISTEMA DE ADJUDICACIÓN	35
8.2. REVISIÓN DE PRECIOS.....	35
8.3. PLAZO DE EJECUCIÓN	35
8.4. PERIODO DE GARANTÍA.....	35
9. PRESUPUESTO	36
10. BIBLIOGRAFÍA.....	37
10.1. DOCUMENTACIÓN FÍSICA CONSULTADA.....	37
10.2. DOCUMENTACIÓN WEB CONSULTADA.....	37
10.3. NORMATIVA APLICADA.....	40
10.4. SOFTWARES UTILIZADOS.....	41
10.5. ORGANISMOS CONSULTADOS.....	41
11. CONCLUSIÓN	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación de Bilbao en la provincia de Bizkaia. Fuente: Bizkaia.eus.....	5
Ilustración 2. Situación de la zona del Proyecto. Fuente: Google Maps	5
Ilustración 3. Vista aérea del emplazamiento. Fuente: Google Maps	6
Ilustración 4. Vista aérea del Proyecto constructivo. Fuente: Google Maps	6
Ilustración 5. Plaza del Gas en la actualidad. Fuente: Autor	7
Ilustración 6. Fábrica de Aceros Etxebarria. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao.....	8
Ilustración 7. Parque Etxebarria. Fuente: Autor	9
Ilustración 8. Panorámica de Bilbao. Fuente: Autor	9
Ilustración 9. Propuesta de Proyecto de ascensor. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	10
Ilustración 10. Solicitud vecinal “Igogailua orain”. Fuente: Autor.....	11
Ilustración 11. Calle Sendeya 8 y calle Quintana 10. Fuente: Autor.....	12
Ilustración 12. Ascensores próximos. Fuente: Google Maps.....	14
Ilustración 13. Estructura proyectada. Fuente: Autor	16
Ilustración 14. Mapa geológico de Bilbao. Fuente: EVE	17
Ilustración 15. Temperaturas medias mensuales. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet.....	19
Ilustración 16. Precipitación acumulada. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet.....	19
Ilustración 17. Parámetros del viento. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet	20
Ilustración 18. Disposición de la pasarela peatonal. Fuente: Autor.....	22
Ilustración 19. Disposición de la explanada de acceso. Fuente: Autor	23
Ilustración 20. Disposición de la estructura metálica. Fuente: Autor	24
Ilustración 21. Cimentaciones del Proyecto. Fuente: Autor	27
Ilustración 22. Luminarias BOB18 y Avenida Lens. Fuente: Linea Light S.R.L. y LUG	29
Ilustración 23. Banco Similar y Papelera Ona Bilbao. Fuente: GRUP FÁBREGAS y URBABIL.	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones del ascensor Orona 3G 2016. Fuente: Orona.....	22
Tabla 2. Perfiles utilizados en la pasarela y los apoyos. Fuente: Autor	26
Tabla 3. Perfiles utilizados en la torre. Fuente: Autor	26

1. OBJETO DEL PROYECTO

1.1. PROMOTOR

Se presenta el Proyecto “Construcción de una pasarela peatonal con ascensor entre la Plaza del Gas y el Parque Etxebarria en Bilbao” que se realizará por petición y encargo del Ayuntamiento de Bilbao (Bizkaia).

1.2. AUTORÍA DEL PROYECTO

El presente Proyecto, dirigido por Marcos Ignacio Larrauri Gil, tiene como autor al estudiante del Grado de Ingeniería Civil, impartido en la Escuela de Ingeniería de Bilbao de la UPV-EHU, Rubén Eraña Martínez.

1.3. OBJETO DEL PROYECTO

El Proyecto define el diseño y las actuaciones para la construcción de una pasarela peatonal con ascensor entre la Plaza del Gas y el Parque Etxebarria en Bilbao.

Para su correcta definición, se presentan todos los documentos que lo integran, de acuerdo con la legislación vigente. Dichos documentos son:

- Memoria y anexos.
- Planos.
- Pliego de Prescripciones Técnicas.
- Presupuesto.
- Estudio de seguridad y salud.

El objetivo principal del elevador panorámico se centra en satisfacer la demanda actual y garantizar la accesibilidad universal al mayor número posible de usuarios, mejorando de esta forma la calidad de vida del conjunto de la ciudadanía y conectando el Casco Viejo con el parque más grande de la villa.

2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

El presente Proyecto se sitúa en el municipio de Bilbao, capital de la provincia y territorio histórico de Bizkaia. En concreto, se ubica en el Casco Viejo, siendo este el barrio más antiguo y el núcleo originario de la villa que, además, pertenece al distrito de Ibaiondo (Distrito 5).

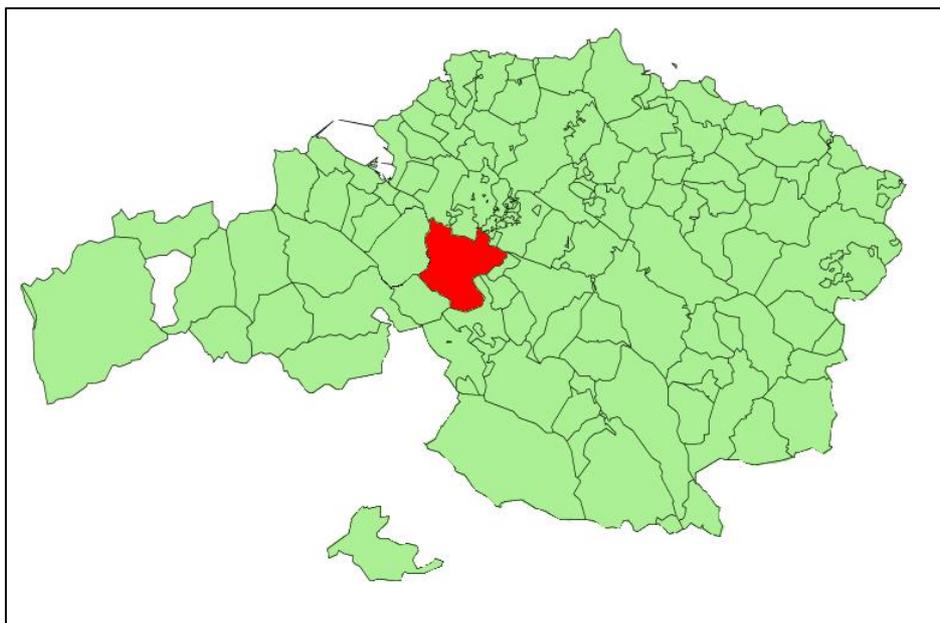


Ilustración 1. Ubicación de Bilbao en la provincia de Bizkaia. Fuente: Bizkaia.eus



Ilustración 2. Situación de la zona del Proyecto. Fuente: Google Maps

La nueva pasarela peatonal con ascensor conectará la Plaza del Gas con el Parque Etxebarria. La plaza, ubicada en la calle Quintana junto a la plaza de Ernesto Erkoreka, se sitúa entre el Ayuntamiento de Bilbao y el parque municipal más grande de la ciudad, el Parque Etxebarria. Estas dos localizaciones están claramente delimitadas por un desnivel superior a 40 metros, tal y como se puede observar en la siguiente ilustración, dificultando el acceso.



Ilustración 3. Vista aérea del emplazamiento. Fuente: Google Maps

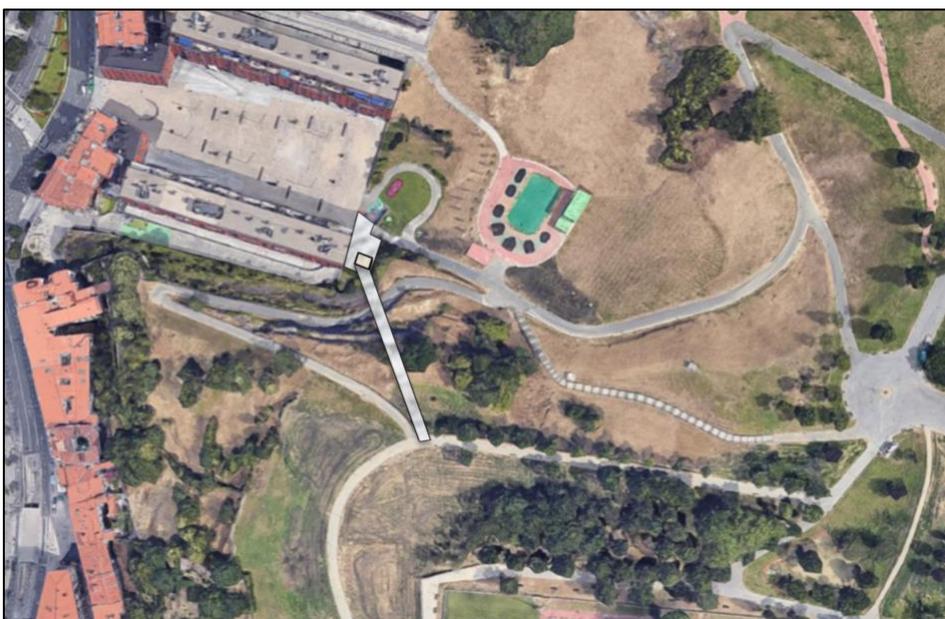


Ilustración 4. Vista aérea del Proyecto constructivo. Fuente: Google Maps

3. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

3.1. PASADO, PRESENTE Y FUTURO

La Plaza del Gas toma el nombre de la antigua Fábrica del Gas, inaugurada en 1846, situada sobre el mismo solar e impulsora de la iluminación a gas de Bilbao. El Ayuntamiento de Bilbao asumió el control del servicio en 1885 y se cerró en 1995.

Hasta el año 2003, la plaza era un solar ocupado por plazas de aparcamiento y restos de la Fábrica del Gas. Ese mismo año, se firmó entre el Ayuntamiento y los promotores UTE Bami-Jaureguizar el acuerdo de reordenación y urbanización de la zona, diseñada por el arquitecto Ignacio Linazasoro.

Los promotores examinaron el grado de contaminación de los suelos ocupados durante siglo y medio por la Fábrica del Gas. Como consecuencia, se acometió un complejo tratamiento de residuos, con anterioridad al comienzo de las obras de urbanización.

En 2007 se inauguraron las 211 viviendas, las 950 plazas de aparcamiento subterráneo, los 4.000 m² de locales comerciales y los 5.500 m² de la actual Plaza del Gas. De esta forma, se recuperó el corredor natural entre la ría y el Parque Etxebarria, accediendo de forma peatonal por las rampas del 15 % de pendiente media o por los 160 escalones con un desnivel superior a 40 metros.



Ilustración 5. Plaza del Gas en la actualidad. Fuente: Autor

El Parque Etxebarria originariamente estaba ocupado por la antigua fábrica de Aceros Etxebarria. Esta fue inaugurada en 1878 y realizaba tareas de laminación y estampación de hojalata. Como la actividad empresarial fue en aumento tuvieron que trasladarse a Basauri para su extensión, cerrando la fábrica original en 1982.

Fruto del plan de reconversión industrial de los años 80, el Ayuntamiento de Bilbao pudo comprar los terrenos y en 1990 se inauguró el actual Parque Etxebarria. En el centro se conserva una chimenea original de 25 metros de altura como homenaje a la antigua fundición.



Ilustración 6. Fábrica de Aceros Etxebarria. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

Rodeado de laderas, el Parque Etxebarria, de 170.000 m² ofrece una magnífica panorámica de la ciudad. Es una de las mayores zonas verdes donde poder pasear, correr, andar en bicicleta, jugar en las canchas y zonas de deporte o donde tomar el sol en sus playas verdes habilitadas. Además, durante la Semana Grande de Bilbao el parque acoge parte del ambiente festivo de la ciudad con la instalación de barracas y fuegos artificiales.



Ilustración 7. Parque Etxebarria. Fuente: Autor

Por sexto año consecutivo, Bilbao batió record en 2019 tras recibir 992.890 viajeros. Estas cifras ponen de manifiesto la fortaleza de la ciudad como destino turístico. Una de las atracciones turísticas más habitual entre los visitantes es el Parque Etxebarria, caracterizado por ofrecer una magnífica panorámica de Bilbao.

El Proyecto, se convertirá así en un nuevo y excepcional mirador, sobre todo a lo largo de su pasarela de acceso, desde donde se podrá observar la ciudad de Bilbao y sus característicos atardeceres. Además, la estratégica y visible localización permitirán la facilidad de acceso, ya sea para los vecinos como para los turistas, formando así una nueva ruta entre el paseo del Arenal o el paseo Campo de Volantín y el Parque Etxebarria o la basílica de Begoña.



Ilustración 8. Panorámica de Bilbao. Fuente: Autor

3.2. PROPUESTAS ANTERIORES

Desde hace años se llevan esbozando distintas alternativas para resolver la accesibilidad entre la zona baja del Casco Viejo y los barrios que rodean el Parque Etxebarria, que son, Begoña, Arabella, Zurbaran y Uribarri.

Inicialmente, en el año 2003, se demolió la casa de la calle Sendeja 8 del conocido bar Cacho para posibilitar y habilitar un acceso al Parque Etxebarria. Se pensó en realizar una escalera mecánica, un estanque y una cascada sobre dicho solar.



Ilustración 9. Propuesta de Proyecto de ascensor. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

En 2007, la promotora que construyó la urbanización de viviendas de la calle Quintana, presentó un proyecto de ascensor acristalado diseñado por Ignacio Linazasoro que conectaría con el parque, pero no se llevó a cabo, ya que se concluyó en que la falta de accesibilidad estaba suplida por las recién inauguradas cuestas de la Plaza del Gas.

En el año 2020, se generaron varias alegaciones por parte de los vecinos debido a la intención de ocupar el solar de la calle Sendeja 8 con un equipamiento municipal tras más de quince años sin uso por las dificultades que supone la presencia de un depósito subterráneo del Consorcio de Aguas.

El documento urbanístico solventaba el problema del depósito subterráneo del Consorcio de Aguas con un edificio público de seis plantas, sin ningún uso en concreto y con una planta baja lo suficientemente alta que permita el acceso de grandes camiones.

Los vecinos alegantes solicitaban una mayor accesibilidad a una zona verde pública como es el Parque Etxebarria que incluya un ascensor que permita el acceso peatonal hasta el mismo.

Esta solicitud actualmente sigue presente plasmándose mediante carteles en las ventanas de los edificios adyacentes a la Plaza del Gas con lemas como “Zonas verdes”, “Ascensor ahora” y “Sendeja 8” como se puede observar en la siguiente ilustración.



Ilustración 10. Solicitud vecinal “Igogailua orain”. Fuente: Autor

Actualmente, el Ayuntamiento de Bilbao ha aprobado en un pleno extraordinario el proyecto de presupuestos para el ejercicio 2021, en el que se ha incluido el concurso de Ideas de Paisajismo Urbano en Sendēja 8.

3.3. ALTERNATIVAS CONSIDERADAS

Se han considerado dos alternativas para dar solución a la accesibilidad en función del emplazamiento de la pasarela peatonal con ascensor. Se ha estudiado el emplazamiento tanto en la calle Sendēja 8 como en la calle Quintana 10. Esta primera valoración pretende ofrecer una localización útil, cómoda y accesible para los usuarios.

La **primera alternativa**, ubicada en la calle Sendēja 8, debería estar constituida por dos ascensores. El primero de ellos, dispuesto junto a la fachada del portal número 7, ascendería 24 metros. Una vez alcanzada esta altura, una pasarela de 70 metros de largo conectaría con la curva intermedia de la calle Gas. Tras recorrer por los 65 metros pavimentados de dicha calle, se elevaría otro ascensor de 24 metros de altura y una pasarela recta de 45 metros.

Esta primera alternativa, valora el acceso desde una ubicación más visual e intuitiva que, además, destacaría por un menor impacto visual ya que estaría integrado con el nuevo edificio de equipamiento municipal. Por el contrario, la obra de Proyecto supondría una gran dificultad por la orografía del emplazamiento, generaría molestias a un elevado número de vecinos y el prolongado ascenso disminuiría la comodidad.



Ilustración 11. Calle Sendeja 8 y calle Quintana 10. Fuente: Autor

La **segunda alternativa**, ubicada en la Plaza del Gas, estaría formada por un único ascensor dispuesto de forma paralela a la fachada del portal número 10 y con una altura de 38,6 metros. El elevador conectaría con una pasarela recta de 68 metros hasta llegar a la intersección entre la calle Gas y la calle Mallona, en el Parque Etxebarria.

Esta segunda alternativa, destaca por la inmediatez y comodidad del acceso, un único ascensor que ofrecería una alternativa más útil y accesible para todos los colectivos. Además, dado que se trata del tramo más corto entre la parte baja del Casco Viejo y el Parque Etxebarria, la obra de Proyecto supondría un menor costo, generaría menos molestias por su separación respecto del edificio colindante. Por el contrario, la pasarela peatonal con ascensor generaría un mayor impacto visual, haciéndolo visible desde varios ángulos del Parque Etxebarria.

Por lo tanto, la elección del Proyecto, basándose en el emplazamiento, las necesidades de los futuros usuarios y la comodidad, se resuelve mediante una pasarela peatonal con ascensor sobre la Plaza del Gas, junto al portal número 10 de la calle Quintana.

4. DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

La documentación facilitada para llevar a cabo el presente Proyecto constructivo es la siguiente.

4.1. CARTOGRAFÍA Y TOPOGRAFÍA

La cartografía ha sido facilitada por la Diputación Foral de Bizkaia a través de la página web Bizkaia.net y del visor Geoeuskadi.eus, presentándose en formato DWG.

La topografía ha sido aportada por el Ayuntamiento de Bilbao por medio de la página web Geobilbao.eus.

4.2. GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

La geología y geotecnia se han obtenido a través de Ente Vasco de la Energía (EVE), del Inventario de puntos geológicos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), del Instituto Geográfico Nacional (IGN) y, principalmente, del Bilboko Udal Artxiboa-Archivo Municipal de Bilbao (BUA-AMB).

En concreto, se ha obtenido documentación correspondiente a la descontaminación de suelos realizado por la UTE KIMAR-EGIMA, sondeos y estudios geotécnicos llevados a cabo por el Ayuntamiento de Bilbao en conjunto tanto con GIGSA como con la UTE KIMAR-EGIMA y el proyecto de urbanización de la Plaza del Gas redactado por la promotora UTE Bami-Jaureguizahar.

4.3. CLIMATOLOGÍA

La información relativa al clima del emplazamiento se ha obtenido por medio de la Agencia Vasca de Meteorología (EUSKALMET), la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y documentación del Ministerio de Fomento correspondiente a las “Máximas lluvias diarias en la España peninsular”.

5. VIABILIDAD DEL PROYECTO

El análisis de viabilidad llevado a cabo para presente Proyecto se resuelve a través del estudio de otros accesos, de los datos demográficos y del emplazamiento del mismo.

5.1. OTROS ACCESOS

Actualmente, la ciudad de Bilbao cuenta con 49 ascensores, con 20 rampas y escaleras mecánicas y con otros 14 elevadores en fase de ejecución, que buscan mejorar la accesibilidad y la calidad de vida de la ciudadanía.

En las proximidades del ascensor de Proyecto destacan, el ascensor clausurado situado en la calle de la Esperanza a 500 metros, el ascensor de pago de Metro Bilbao a 900 metros, el ascensor público de la antigua estación de Euskotren a 450 metros y el nuevo ascensor público de Zumalakarregi a 550 metros.

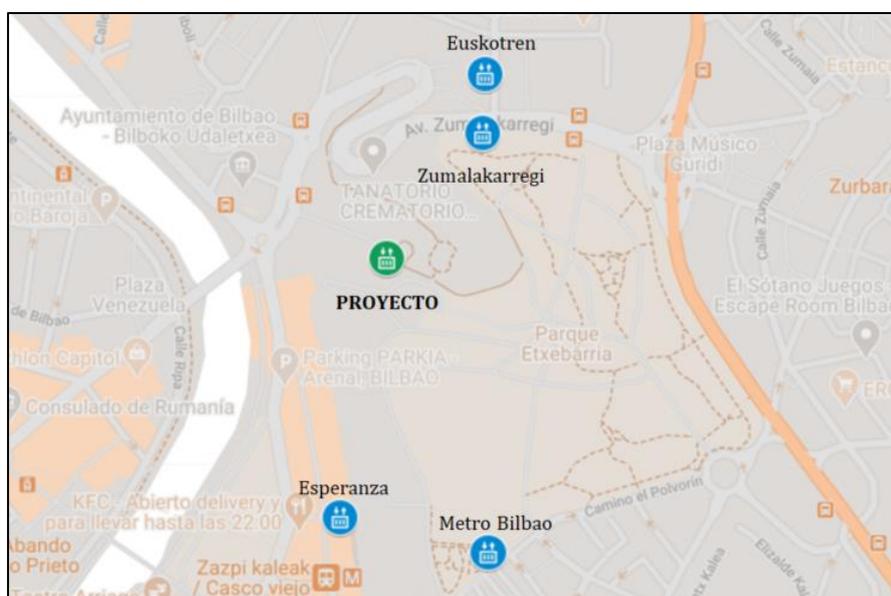


Ilustración 12. Ascensores próximos. Fuente: Google Maps

En caso de no usar medios mecánicos, habría que ascender por las rampas o escaleras de la parte trasera de la Plaza del Gas, por las cuestas y escaleras de la avenida Zumalakarregi o por los 323 escalones de la calzada de Mallona. Todos estos accesos peatonales suponen un elevado esfuerzo físico y la limitación de accesibilidad universal.

5.2. DEMOGRAFÍA

Según los datos del Ayuntamiento de Bilbao y el Instituto Vasco de Estadística (Eustat) en el año 2020, la población total de la ciudad de Bilbao era de 346.478 habitantes.

Actualmente, la población mayor de 65 años en Bilbao supone un 23,98 % respecto del total, con 83.091 habitantes. Los barrios colindantes superan dicho porcentaje medio de la ciudad, alcanzando el 26,63%. Son de destacar los barrios de Begoña y Zurbarán, donde una tercera parte de sus vecinos son mayores de 65 años.

En este caso concreto y suponiendo que principalmente el ascensor será utilizado por los colectivos más vulnerables de los barrios favorecidos, estos son, las personas mayores de 65 años (26,63 %), los 977 niños menores de 3 años sin contar con su acompañante (3 %) y las personas con alguna discapacidad relacionada con la movilidad (0,53 %), se puede concluir en que un total de 10.986 personas (30,16 %) harán uso como mínimo del acceso proyectado.

5.3. EMPLAZAMIENTO

Se ha realizado un estudio en el emplazamiento del Proyecto para conocer el número de personas que harán uso del mismo. El estudio consta del conteo de personas que ascienden o descienden las rampas o escaleras existentes entre la Plaza del Gas y el Parque Etxebarria durante dos días, laborable y festivo, a la mañana y a la tarde.

Los resultados obtenidos son considerablemente elevados teniendo en cuenta las complicadas características de las rampas y escaleras. La media diaria resulta en 3.156 personas, lo que supone aproximadamente 200 personas a la hora.

Además, se ha tenido en cuenta que, durante el estudio, la movilidad urbana se ha visto reducida y no se ha contabilizado turista alguno debido a la excepcional situación ocasionada por la COVID-19. El tiempo atmosférico y la Semana Grande de la villa son otros de los condicionantes que suponen el incremento del rendimiento del ascensor.

Teniendo en cuenta todos los datos recogidos y las particularidades del entorno, se puede establecer una apta viabilidad del Proyecto.

6. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROYECTADA

6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La pasarela peatonal con ascensor se dispondrá estructuralmente en acero, dada la rapidez de su montaje y sus excelentes propiedades mecánicas. Dicho acero estará revestido por una pintura que aportará protección a la estructura frente a los factores meteorológicos y un acabado estético agradable para su integración en el entorno.

La estructura se resuelve como una pseudocelosía formada por vigas y pilares arriostrados mediante tirantes en forma de cruces de San Andrés. Los perfiles UPE se dispondrán de forma doble en cajón soldado con un cordón de soldadura continuo. De esta forma, se compone de un tablero de 68 metros con 4 apoyos, por el que los peatones accederán a una torre de 42,32 metros, donde se alojará el ascensor.

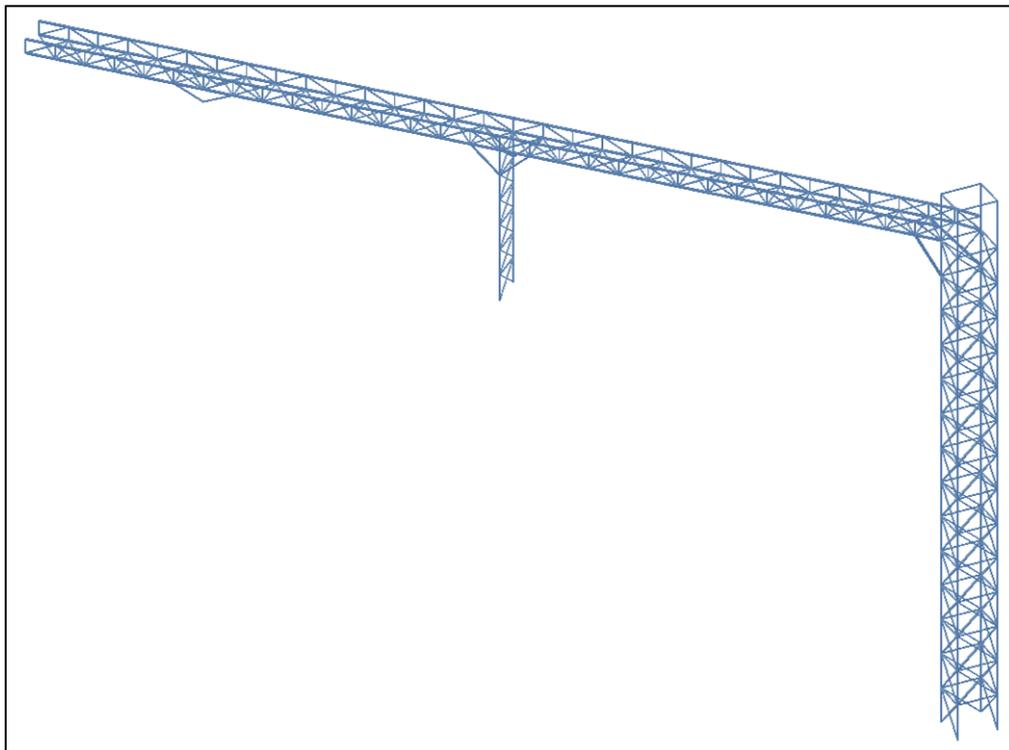


Ilustración 13. Estructura proyectada. Fuente: Autor

La cimentación de la pasarela está formada por 3 zapatas rectangulares mientras que bajo el muro del foso del ascensor, se dispone de cuatro pilotes “in situ” con sus correspondientes encepados arriostrados mediante vigas centradoras.

Para el acceso a la estructura vertical, se realizará una nueva explanada inferior. Para ello, previamente se desplazarán las escaleras actuales y se realizará el vaciado de la zona. Mediante la contención de muros en ménsula, se podrá obtener una superficie de aproximadamente 90m² dotada de mobiliario urbano, tales como, papeleras y bancos. Tanto los accesos como la pasarela peatonal estarán dotados por la iluminación necesaria para la correcta visibilidad y seguridad del resultado proyectado.

El pavimento de la pasarela peatonal se dispondrá de madera antideslizante para evitar caídas y resbalones ocasionados por las frecuentes lluvias de la zona. De la misma forma, se dispondrá del drenaje necesario para evitar balsas de agua sobre la estructura. Además, las barandillas en celosía se cubrirán por telas metálicas para evitar la caída de objetos. La torre también se aislará mediante metacrilato, favoreciendo la visión de 360° en todo el recorrido del ascensor panorámico.

6.2. FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO

Se presenta en el *Anexo 1. Fotografías del emplazamiento* una recopilación de fotografías tomadas en el emplazamiento en las que se refleja el estado actual del mismo.

6.3. GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y SISMICIDAD

La región de estudio se sitúa en el anticlinorio de Bilbao, formando parte de la Unidad de Oiz, dentro del sector de Durango. Como se puede observar en la siguiente ilustración, la estratigrafía destaca por el predominio de margas y margocalizas.

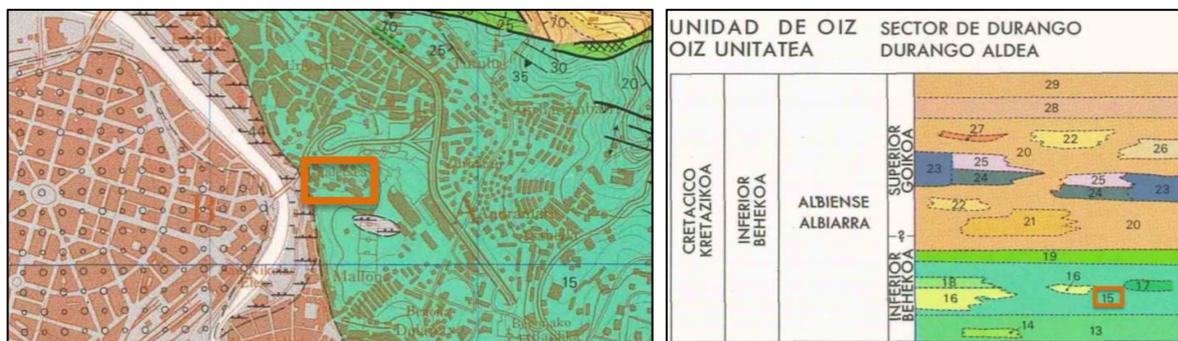


Ilustración 14. Mapa geológico de Bilbao. Fuente: EVE

A través del Bilboko Udal Artxiboa–Archivo Municipal de Bilbao (BUA-AMB) se conocen las distintas actuaciones llevadas a cabo por GIGSA y la UTE KIMAR-EGIMA para el estudio de la geología, hidrogeología y geotecnia del emplazamiento.

Los sondeos ligeros y mecánicos coincidieron en que la zona de actuación se compone fundamentalmente de margas grises azuladas que a veces con nódulos calizos irregulares o incluso piritosos, están estratificadas en bancos decimétricos.

El perfil geotécnico-tipo puede esquematizarse, de arriba abajo, por una cobertera vegetal (sin interés geotécnico debido a su escaso espesor), rellenos heterogéneos (materiales puestos en obra con un espesor de entre 0 y 23 metros), arcillas (muy blandas a compactas, inorgánicas de plasticidad baja a media, con cierta fracción limo-arenosa y espesor de 0 a 5,5 metros), roca alterada (lutitas margosas a margas con un espesor de entre 0 y 2,5 metros) y roca sana (lutitas margosas o margas).

Con la información obtenida de la observación de los testigos junto con los datos de los ensayos de laboratorio, las características geotécnicas de los sondeos, principalmente en la cimentación de la estructura vertical, indican que la roca sana definida como lutitas margosas o margas se encuentra a 7 metros de profundidad, que el nivel freático se encuentra entre 6 y 7 metros y que la resistencia a compresión simple destaca por una consistencia mediana o blanda y una calidad mediana o mala a profundidades reducidas. En los apoyos de la pasarela peatonal se presentan mejores características.

Tal y como se recoge en el *Anexo 3. Estudio geológico*, la tectónica no presenta ningún plegamiento o falla que pudiera afectar a la estructura. Además, el País Vasco es considerado como una zona de actividad sísmica baja, por lo que no se han considerado las acciones sísmicas sobre la estructura.

6.4. HIDROLOGÍA, CLIMATOLOGÍA Y DRENAJE

La ciudad de Bilbao posee un clima oceánico húmedo, con predominio de vientos del oeste, que suavizan las temperaturas y favorecen un tiempo templado durante todo el año, esto es, una temperatura media anual de 14,7°C.

Debido a la proximidad con el mar los contrastes térmicos no se encuentran muy marcados entre estaciones. Las temperaturas máximas en los meses de verano varían entre los 25 y 26°C, mientras que las mínimas de invierno lo hacen entre los 5 y 6°C.

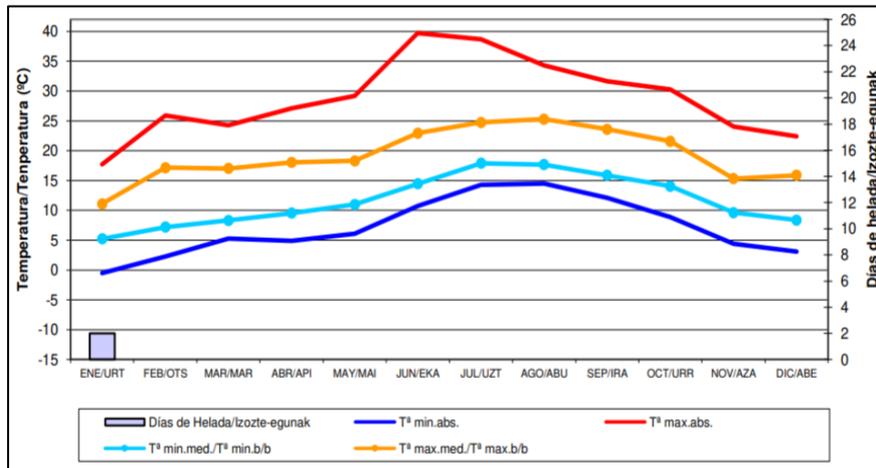


Ilustración 15. Temperaturas medias mensuales. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet

Las precipitaciones son abundantes, esto es debido principalmente a la latitud, la dinámica atmosférica y la orografía del entorno. La precipitación media anual es de 1.133,5 mm y las lluvias están repartidas durante todo el año, por lo que no se observa una estación seca estival definida. Los meses más lluviosos corresponden al periodo entre octubre y abril, destacando noviembre como el más lluvioso.

En total, las precipitaciones suponen de media 124 días al año, lo que equivale a uno de cada tres días del año. Generalmente se producen en forma de chubascos o xirimiri. Las nevadas no son frecuentes en la ciudad, las heladas suponen menos de 10 días al año y los días despejados solo alcanzan los 33 días.

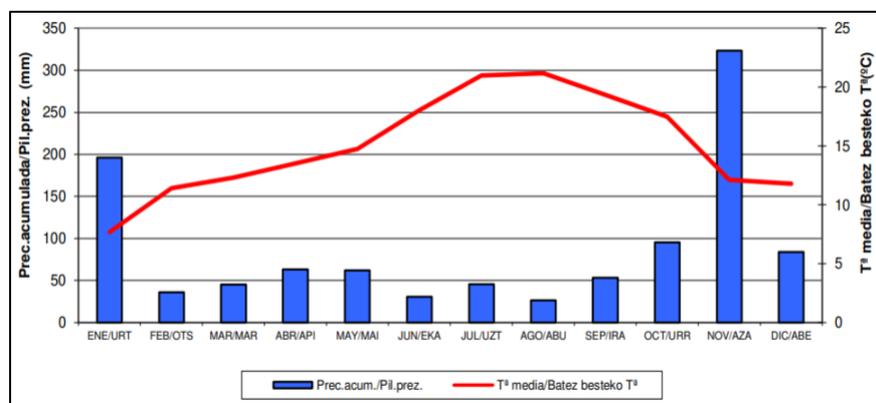


Ilustración 16. Precipitación acumulada. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet

El clima de la región es en gran parte debido a los vientos generales que le afectan. Los vientos del cuadrante NW-N-NE y el estancamiento contra los cerros y valles, son los causantes de las lluvias cuantiosas, persistentes y frecuentes en la zona. La velocidad media del viento en 2020 fue de 11,8 km/h, con vientos flojos y velocidad de racha máxima de 103,0 km/h. El viento sur fue la dirección dominante, pudiendo manifestarse en cualquier mes, preferentemente en octubre y noviembre.

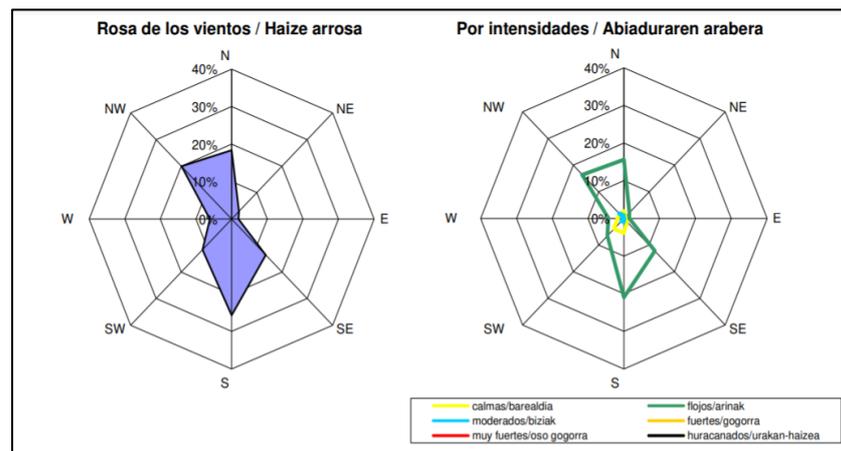


Ilustración 17. Parámetros del viento. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet

Para la definición de las características hidrológicas del emplazamiento con el fin de conocer los efectos del agua pluvial sobre la estructura así como las medidas necesarias para la correcta ejecución de la obra de drenaje, que se encargará de encauzar las aguas pluviales y verterlas en el lugar adecuado, se ha hecho uso de la “Norma 5.2 - IC Drenaje Superficial, de la Instrucción de carreteras” (Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero).

Por medio del método racional se ha calculado el caudal de proyecto máximo anual correspondiente a un período de retorno y para unas condiciones predefinidas de localización y usos del terreno. Su fórmula es la siguiente.

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

Tras el cálculo del caudal de proyecto, se han dimensionado dos canaletas laterales a la pasarela peatonal con un bombeo del 0,5%, de PVC, de 150 mm de diámetro y con una pendiente del 4%. Estas, se unirán a dos bajantes de PVC y de 75 mm de diámetro a cada lado de la estructura vertical del ascensor y conectarán con la red de saneamiento de aguas pluviales más próxima al emplazamiento del Proyecto.

6.5. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Las labores a realizar para movimiento de tierras corresponden con el replanteo, despeje, excavación, transporte y relleno calculado mediante AutoCAD Civil 3D 2020.

Previamente, para acceder al emplazamiento del Proyecto es preciso alinear parte de las escaleras actuales, que suponen un volumen de 26,32 m³, y almacenar temporalmente las vallas, barandillas, señales y parte de los juegos del pequeño parque recreativo situados en las inmediaciones.

El acceso inferior junto a la Plaza del Gas se encuentra a una cota de 9,68 metros mientras que el superior alcanza los 50,83 metros de altura sobre el Parque Etxebarria.

El volumen de material a extraer, teniendo en cuenta el volumen de las explanaciones, cimentaciones y muros, será de 69,446 m³ en banco o un total de 86,808 m³ sueltos. El volumen de tierra compactada necesaria para la nivelación del terreno y recubrimiento de las cimentaciones con taludes de 3H:2V es de 29,823 m³, por lo que se necesitarán 35,788 m³ sueltos provenientes del desmonte. Por ello, se priorizará el reaprovechamiento como préstamo de los aproximadamente 51,020 m³ sobrantes en otras obras colindantes.

6.6. ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO

Para el diseño y dimensionamiento del Proyecto, se ha seguido principalmente la Guía de aplicación de la Normativa Técnica vigente en Materia de Accesibilidad en la Comunidad Autónoma del País Vasco referente a la accesibilidad en el entorno urbano. Además, se han tenido en cuenta el CTE en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad y la Normativa de Pasarelas Peatonales expedida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

Las normativas correspondientes a los elementos de urbanización, tales como, itinerarios peatonales, pavimentos, parques, plazas y jardines públicos, escalera, ascensores, pasamanos, papeleras, bancos, etc, han sido estudiadas en el *Anexo 6. Accesibilidad y diseño geométrico*.

6.6.1. ASCENSOR

El ascensor tendrá un recorrido de 38,6 metros desde el acceso inferior hasta el superior. Se ha elegido el modelo Orona 3G 2016, con dos embarques a 180° y una capacidad de hasta 21 personas. Con una velocidad de 1 m/s podrá elevar una carga de hasta 1.600 kg en menos de un minuto.

La cabina, será de 1,7 x 1,95 metros y las dos puertas laterales tendrán una anchura de 1 metro. De esta forma, el ascensor, diseñado para edificios públicos de tráfico intenso, cumple con los todos los requisitos de accesibilidad.

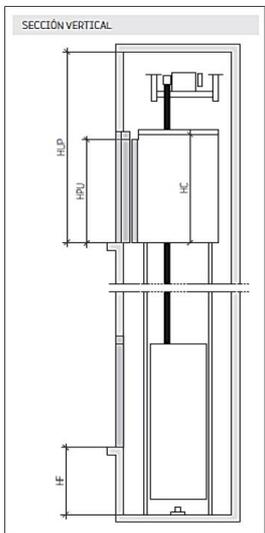
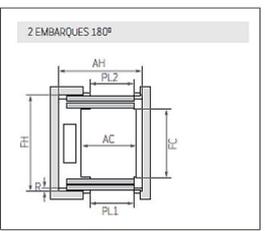
SECCIÓN VERTICAL				
				
2 EMBARQUES 180°				
				
				
ASCENSOR ORONA 3G 2016				
Carga/ Capacidad	V (m/s)	Velocidad	1	
	Personas	Nº de personas	21	
	Q (kg)	Carga	1.600	
Cabina	AC (mm)	Ancho	1.700	
	FC (mm)	Fondo	1.950	
	PL (mm)	Luz	1.000	
Hueco	Embarques		Accesibilidad 	
			Nº de embarques 2x180°	
	Puertas CC	AH (mm)	Ancho	2.450
		FH (mm)	Fondo	2.300
	HF (mm)		Foso	1.150
HUP (mm)		Última planta	3.600	

Tabla 1. Dimensiones del ascensor Orona 3G 2016. Fuente: Orona

6.6.2. PASARELA PEATONAL

La pasarela peatonal tendrá una longitud de 68 metros con una pendiente longitudinal del 4% y un ancho de 2,5 metros con una pendiente transversal del 0,5%.

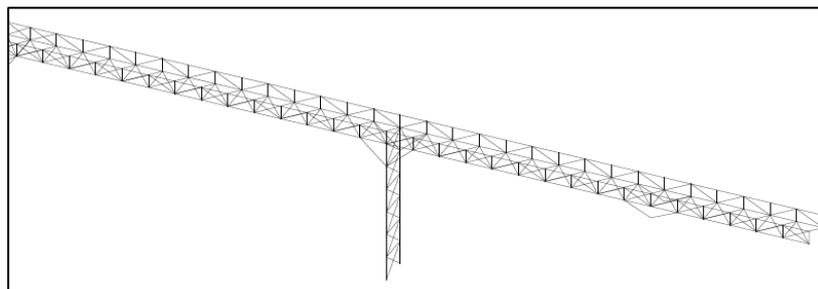


Ilustración 18. Disposición de la pasarela peatonal. Fuente: Autor

La conexión con la estructura del ascensor, con el que presenta un ángulo de rotación, se encuentra a una altura de 38,6 metros. El primer apoyo se encuentra a 12,9 metros y el segundo a 34,4 metros desde el extremo superior de la pasarela.

Dispondrá de una barandilla de protección en toda su longitud con una altura de 1,10 metros, para cumplir con la normativa. Esta barandilla de seguridad corresponde con la celosía estructural dispuesta a lo largo de toda la estructura.

6.6.3. EXPLANADA DE ACCESO

La zona de espera situada junto al portal número 10 de la calle Quintana tendrá una superficie de 91,59 m². Dicha explanada tendrá una longitud de aproximadamente 18 m de largo y 5 m de ancho. A lo largo de la zona se dispondrá de mobiliario urbano, con fines estéticos y de confort, cumpliendo con la normativa vigente.

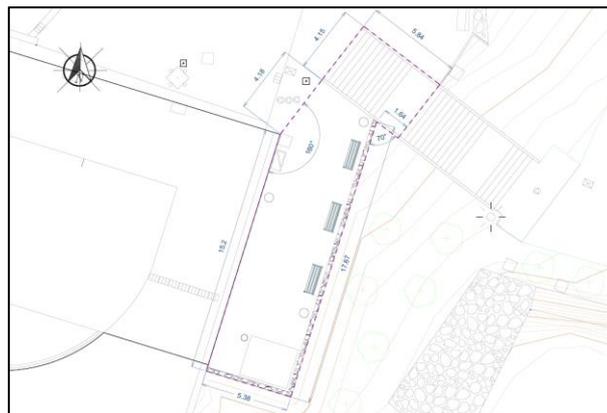


Ilustración 19. Disposición de la explanada de acceso. Fuente: Autor

6.6.4. ESCALERAS

La disposición de las escaleras a desplazar mantendrá las mismas características. El ancho, una vez alineadas, será de 3,85 m, el descansillo se mantendrá con una anchura de 2 m, las huellas de 35 cm y las contrahuellas de 14 cm para los 12 peldaños.

Se reutilizarán los pasamanos a ambos lados, de 5 cm de diámetro situados a 75 y 95 cm del suelo, separados del paramento vertical un mínimo de 5 cm y se prolongados al arranque y al final de cada tramo 40 cm.

6.7. ESTRUCTURA METÁLICA

El cálculo de los elementos de la estructura se ha realizado en base a la Instrucción sobre las acciones a considerar en el Proyecto de puentes de carretera (IAP-11), la Instrucción de Acero Estructural (EAE 11), la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE 08), el Manual de aplicación de las recomendaciones RPM-RPX/95 y a las Recomendaciones para la realización de Pruebas de Carga de recepción en puentes.

El diseño, cálculo y comprobación de la estructura metálica de la pasarela peatonal con ascensor se ha llevado a cabo mediante el software CYPE 2017.d.

6.7.1. TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL

La tipología de la pasarela peatonal se propone como puente recto o puente viga, apoyada en sus dos extremos y a lo largo de la misma mediante apoyos intermedios. Se ha dispuesto una pseudocelosía, formada por vigas y pilares arriostrados mediante tirantes en forma de San Andrés. Además, también se dispone de barandillas que actuarán estructuralmente a ambos lados del tablero, facilitando el reparto de cargas.

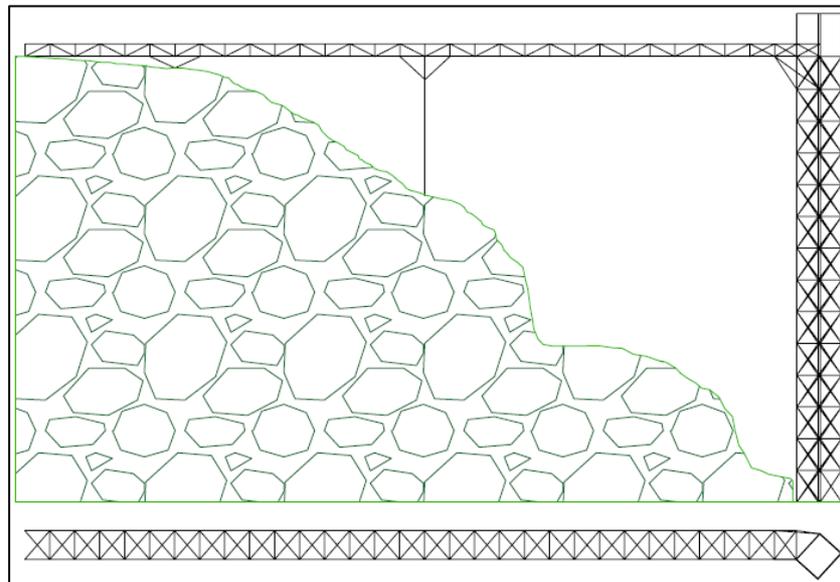


Ilustración 20. Disposición de la estructura metálica. Fuente: Autor

En el caso de la estructura vertical, también se plantea una celosía formada por vigas y pilares arriostrados mediante tirantes en forma de San Andrés, de forma simétrica.

Toda la estructura estará formada por acero. Este material destaca entre otros por su alta resistencia y por su aptitud para soportar cargas elevadas con una sección reducida. Además, el bajo coste y la rapidez en su montaje en comparación con otros materiales lo convierten en un material ideal para este tipo de proyectos.

6.7.2. CÁLCULO ESTRUCTURAL

Se han estudiado las acciones permanentes, variables y accidentales que puedan actuar sobre las distintas unidades de la estructura metálica global del Proyecto, tales como, peso propio, cargas muertas, sobrecarga de uso, viento, nieve, etc.

En el *Anexo 7. Bases de cálculo estructural* se adjuntan los resultados obtenidos tras su cálculo y la introducción de dichas acciones en el CYPE 2017.d. Además, se describen los materiales de las estructuras, sus acabados y mantenimiento, las juntas de dilatación de polietileno, el método de montaje y la correspondiente prueba de carga del Proyecto.

La estructura metálica, por tanto, tendrá las siguientes características:

- **Pasarela peatonal.** El tablero tendrá unas dimensiones de 68 metros de largo y 2,5 metros de ancho. Irá acabada y pavimentada mediante madera antideslizantes y telas metálicas a lo largo de las barandillas de 1,1 metros de alto.
- **Apoyos intermedios.** Entre los dos extremos de la pasarela peatonal, en conexión con el Parque Etxebarria y la torre del ascensor, se dispone de 3 apoyos intermedios para la correcta sujeción y descanso del tablero. Sus tipologías y dimensiones se detallan en el *Subanexo 7.1. Estructura metálica*.
- **Estructura vertical.** La torre del ascensor tendrá una altura de 42,32 metros, una anchura de 3 metros y una profundidad de 2,5 metros. Toda la instalación eléctrica se dispondrá aislada del exterior mediante metacrilato, haciéndolo panorámico.

Tras el estudio y comprobación de varias alternativas propuestas, se llegó a la conclusión que los perfiles UPE dispuestos de forma doble en cajón soldado con cordón de soldadura continuo eran la mejor solución tanto para las vigas y pilares como para el arriostramiento de los mismos.

Tras las comprobaciones de Estados Límite Últimos y estudio de sus uniones soldadas, se concluye en que la estructura metálica en su totalidad estará formada únicamente por cuatro tipos de perfiles UPE, que son los que se detallan en las siguientes tablas.

- **Pasarela peatonal y apoyos intermedios.**

ZONA	PERFIL	UNIDADES	LONGITUD
PILARES	UPE 120	12	2,000 m
VIGAS DE PILARES	UPE 80	5	2,500 m
ARRIOSTRAMIENTO DE PILARES	UPE 80	12	3,202 m
VIGAS LONGITUDINALES TABLERO	UPE 160	60	2,150 m
		2	1,890 m
		1	2,040 m
VIGAS TRANSVERSALES TABLERO	UPE 80	31	2,500 m
ARRIOSTRAMIENTO TABLERO	UPE 80	60	3,297 m
		2	3,134 m
VIGAS LONGITUDINALES BARANDILLA	UPE 160	60	2,150 m
		2	1,890 m
		1	2,040 m
TIRANTES VERTICALES BARANDILLA	UPE 80	63	1,100 m
ARRIOSTRAMIENTO BARANDILLA	UPE 80	62	2,415 m
		4	2,187 m
		2	2,317 m
VIGAS INCLINADAS APOYO 1	UPE 100	4	2,371 m
VIGAS INCLINADAS APOYO 2	UPE 120	4	2,936 m
VIGAS INCLINADAS APOYO 3	UPE 160	1	3,420 m
		1	4,847 m

Tabla 2. Perfiles utilizados en la pasarela y los apoyos. Fuente: Autor

- **Estructura vertical.**

ZONA	PERFIL	UNIDADES	LONGITUD
PILARES	UPE 120	52	2,750 m
		4	2,850 m
		4	3,720 m
VIGAS	UPE 80	30	3,000 m
		30	2,500 m
ARRIOSTRAMIENTO	UPE 80	50	4,070 m
		52	3,717 m
		4	4,138 m
		4	3,791 m

Tabla 3. Perfiles utilizados en la torre. Fuente: Autor

6.8. CIMENTACIÓN

La tipología y geometría de las soluciones proyectadas tanto para la cimentación de la pasarela peatonal con ascensor como para las escaleras y muros incluidos en el Proyecto, se estudian, detallan y comprueban en el *Subanexo 7.2. Cimentaciones*.

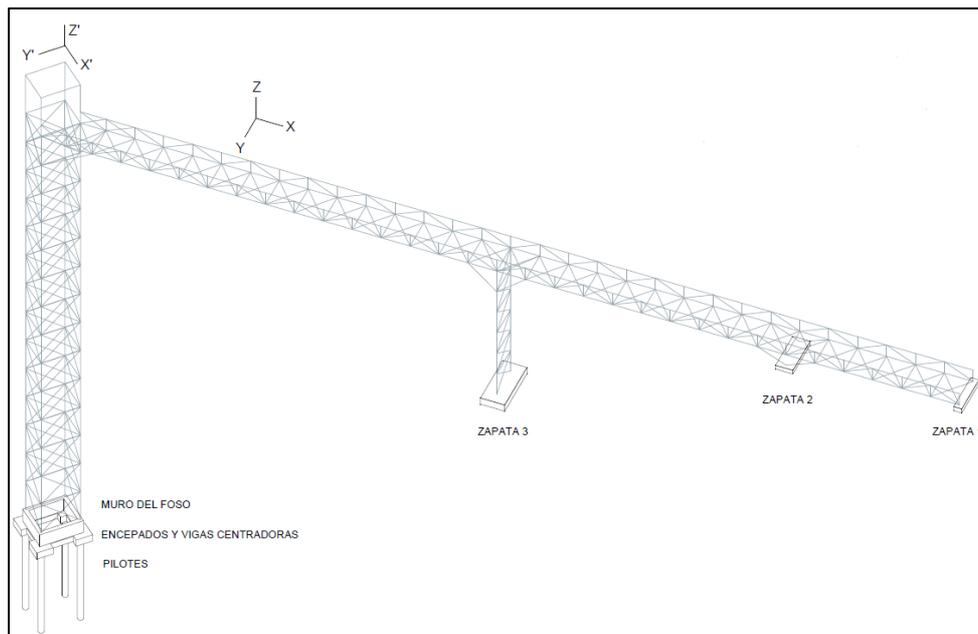


Ilustración 21. Cimentaciones del Proyecto. Fuente: Autor

Debido a que las cargas y características portantes del terreno bajo la estructura vertical del ascensor son más desfavorables, se propone la ejecución de cimentación profunda mediante pilotes. Por el contrario, en los apoyos de la pasarela peatonal se considera suficiente con cimentaciones superficiales, en concreto, zapatas. Todas las armaduras se componen de barras corrugadas de acero B500Sy hormigón HA-25.

- **Zapata 1.** En conexión con la calle Gas se dispondrá una zapata de dimensiones 3,1 metros de largo, 0,6 metros de ancho y 0,4 metros de canto.
- **Zapata 2.** A 12,9 m del extremo de la pasarela descansará una zapata rectangular de dimensiones 3,1 metros de largo, 1,3 metros de ancho y 0,35 metros de canto.
- **Zapata 3.** Aproximadamente a la mitad de la pasarela peatonal descansa el pilar de apoyo sobre la tercera zapata rectangular, de dimensiones 4,0 metros de largo, 1,8 metros de ancho y 0,6 metros de canto.

- **Pilotes.** La cimentación profunda se realizará mediante cuatro pilotes “in situ” de extracción con entubación recuperable con entrega en la roca sana. Se proponen de 450 mm de diámetro y con una longitud de 7,82 metros cada uno de ellos.
- **Encepados.** Para recoger los esfuerzos de los cuatro pilares, transmitirlos a las cabezas de los pilotes y finalmente al terreno, se propone la disposición de cuatro encepados cuadrados de 1,25 metros de lado y 0,6 metros de canto.
- **Vigas centradoras.** Los encepados se unen perimetralmente mediante vigas para reducir los efectos estructurales de la excentricidad de las cimentaciones respecto de los pilares. Tendrán un ancho de 0,4 metros y un canto de 0,5 metros.
- **Foso del ascensor.** Sobre los encepados y las vigas se apoyará un muro perimetral de 1,15 metros de altura y 0,3 metros de ancho que conformará el foso del ascensor. Su coronación se situará al nivel del pavimento del acceso inferior y dará soporte a los pilares metálicos de la estructura vertical.
- **Muro en ménsula perimetral.** Para permitir un acceso óptimo desde la calle Quintana se propone un muro perimetral de 2 metros de alto con un espesor de 25 cm a lo largo de aproximadamente 23 metros. Su cimentación será de tipo zapata corrida sin puntera con canto de 45 cm y vuelo únicamente en el trasdós de 90 cm.

6.9. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para el dimensionamiento y cálculo de la instalación del alumbrado de la pasarela peatonal como de la instalación del ascensor, se ha considerado la siguiente normativa:

- Guía Técnica de Eficiencia Energética Iluminación. Alumbrado Público (GTEEI-AP).
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias, de EA-01 a EA-07.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias de Baja Tensión (ITC-BT-01 A ITC-BT-51).
- Clasificación de vías, niveles de iluminación y de pavimentos.

6.9.1. LUMINARIAS

Para el cálculo, se ha hecho uso del software DIALux EVO 9.2, que ha permitido calcular los parámetros luminotécnicos de las superficies objeto.

- **Pasarela peatonal.** La iluminación del tablero se propone mediante 62 luminarias BOB18 de LINEA LIGHT S.R.L. empotradas, a ambos lados de la misma, de forma bilateral paralela separadas 2,2 metros.
- **Acceso inferior.** La iluminación de la explanada se propone mediante 3 luminarias AVENIDA LENS LED 49W 6050LM 3000K IP66 O24 de LUG, emplazadas a tresbolillo y sobre postes de 4 metros de altura.



Ilustración 22. Luminarias BOB18 y Avenida Lens. Fuente: Linea Light S.R.L. y LUG

En cuanto a los cálculos eléctricos, las conducciones para los distintos tramos han sido dimensionadas con secciones de 6 mm², obteniendo unas pérdidas de tensión nunca mayores al 3%. La conexión se realizará a la red existente según se indica en los planos.

6.9.2. ASCENSOR

El ascensor, tal y como se ha indicado previamente, es modelo Orona 3G 2016. Está diseñado para edificios públicos de tráfico intenso, por lo que cumple con todos los requisitos de accesibilidad y normativa eléctrica.

6.10. MOBILIARIO URBANO

El mobiliario urbano se dispondrá de forma que no interfiera la accesibilidad, se ubicará alineado en el sentido longitudinal del itinerario peatonal y se diseñará de forma que puedan ser utilizados por todo tipo de personas.

- **Bancos.** Se colocarán 3 únicamente en la explanada de acceso inferior, denominados “Banco Similar C-1015” de GRUP FÁBREGAS, S.A. Esto es debido a que en el acceso superior ya se encuentran ubicados un número considerable de ellos.



Ilustración 23. Banco Similar y Papelera Ona Bilbao. Fuente: GRUP FÁBREGAS y URBABIL.

- **Papeleras.** Se ubicará el modelo más actual de la ciudad “Papelera Ona Bilbao” de URBABIL 2000 S.L. junto al ascensor en la explanada del acceso inferior.
- **Barandillas, vallado y señales.** El mobiliario urbano que se retire durante los trabajos previos del presente proyecto volverán a ser ubicados en el emplazamiento.
- **Jardinería.** Una vez concluidas las obras, se realizará la revegetación integral de la zona con el objetivo de integrar la construcción en el entorno con fines estéticos. Se llevará a cabo mediante hidrosiembra, con flora autóctona y con plantaciones que doten el ámbito de una variedad cromática a lo largo de todo el año.

6.11. GESTIÓN DE RESIDUOS

Para el estudio de la gestión de residuos se ha seguido el decreto 112/2012 del BOPV, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

En función del área y del Proyecto se establecen unos ratios mediante los que se calcula la cantidad de los distintos tipos de materiales a tratar. En función de la cantidad total de los mismos deberán ser separados o podrán llevarse a vertedero de forma conjunta.

En el *Anexo 10. Gestión de residuos* se puede observar la estimación cuantitativa de los residuos generados, así como la estimación económica de su gestión.

6.12. SERVICIOS AFECTADOS

En el *Anexo 11. Servicios afectados* se ha llevado a cabo el estudio de los servicios existentes que puedan resultar afectados debido a las obras proyectadas, así como las actuaciones correspondientes a realizar.

En concreto, se detallan la red de abastecimiento y saneamiento, las líneas eléctricas, el alumbrado público, las líneas telefónicas, las carreteras, viales y pistas y las conducciones de gas.

Tras el estudio realizado, se ha desestimado la afección en la mayor parte de ellos, a excepción de unas posibles perturbaciones en algunos imbornales de recogida de aguas pluviales y en el tráfico de vehículos y peatones en el entorno.

6.13. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

El Plan de Control de Calidad tiene como objeto dar cumplimiento a lo establecido en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. El control de calidad de las obras debe contemplar:

- El control de recepción de productos, equipos y sistemas.
- El control de la ejecución de la obra.
- El control de la obra terminada.

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

Los materiales y elementos constructivos sometidos a control de calidad se engloban en hormigón armado, cemento, red de saneamiento, cimentación y estructuras, albañilería e instalaciones eléctricas.

Además, se realizará el control del comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos y materiales de ejecución.

6.14. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

El Estudio de Impacto Ambiental tiene como objetivo proponer y concretar las medidas protectoras y correctoras referentes a los impactos ambientales que supone la obra proyectada, así como la integración ecológica y paisajística de las actuaciones propuestas.

El presente Proyecto no se incluye en ninguno de los proyectos mencionados en los Anexos I y II, por lo que no será estrictamente necesaria su realización. A pesar de ello, se ha decidido realizar la evaluación de impacto ambiental ordinaria con fines lectivos, ya que mediante este estudio, se obliga a la realización de los trabajos de una forma respetuosa con el medio ambiente y que cause el menor daño posible al entorno.

Con esta finalidad se han propuesto en el *Anexo 13. Estudio de impacto ambiental* una serie de medidas protectoras durante las diferentes fases de la obra y un plan de vigilancia acorde a las mismas.

6.15. PLAN DE OBRA

Con el objetivo de proporcionar el desarrollo secuencial de las principales actividades del Proyecto de forma clara y concisa, aunque sea meramente orientativo y pueda verse modificado por múltiples factores, se detalla el cronograma en el *Anexo 14. Plan de obra*.

En él, se describe el objetivo del plan de obra, se detallan las distintas actividades de obra más relevantes, las agrupaciones generales en los que se ha dividido la obra y el plazo de ejecución de las mismas con el objetivo de:

- Garantizar la viabilidad de la obra, en el menor plazo y coste económico posible.
- Evitar interferencias entre los distintos trabajos a realizar y las características del entorno, garantizando la seguridad y la comodidad de los usuarios afectados.
- Conocer y prever el camino crítico y los trabajos que puedan limitar la continuidad.

Por lo tanto, y tratando de establecer simultaneidad entre actividades, la duración total de la obra se estima en 75 días laborables, lo que equivale a 105 días naturales.

6.16. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

Las obras definidas en el Proyecto cumplen con los requisitos exigidos en la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.

Se manifiesta que el presente Proyecto comprende una obra completa en el sentido exigido de dicha ley, ya que comprende todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de las obras, siendo susceptibles de ser entregados al uso público, sin interrumpir ningún servicio que afecte a terceros.

Por ello, considerando que el Proyecto se ha realizado de acuerdo con las Normativas Técnicas y Administrativas vigentes, y que con los documentos que integran este Proyecto se encuentran detallados todos los elementos que lo componen, se somete a la consideración de la Administración para su aprobación y posterior tramitación.

6.17. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

El presupuesto del presente Proyecto para Conocimiento de la Administración se resume de la siguiente manera:

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) del Proyecto asciende a la cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con QUINCE CÉNTIMOS (284.282,15 €).

El Presupuesto Base de Licitación asciende a la cantidad de TRESCIENTOS TREINTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS (338.295,76 €).

Por lo que, el Presupuesto General o el Presupuesto para Conocimiento de la Administración asciende a la cantidad de CUATROCIENTOS NUEVE MIL TRESCIENTOS TREINTA Y SIETE con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS (409.337,87 €).

7. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

El Estudio de Seguridad y Salud se elabora con el fin de cumplir con la legislación vigente en la materia, la cual determina la obligatoriedad del promotor de elaborar durante la fase de proyecto el correspondiente Estudio de Seguridad y Salud.

El Estudio puede definirse como el conjunto de documentos que, formando parte del proyecto de obra, son coherentes con el contenido del mismo y recogen las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleva la realización de esta obra.

El Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a las obras de construcción, establece la necesidad de que el promotor elabore un Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

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

En los proyectos de obras no incluidos en ninguno de los supuestos anteriores, se redactará un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

En el caso del presente Proyecto, la duración estimada es superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente. En concreto, se estima en 75 días laborables según el cronograma dispuesto y detallado en el *Anexo 14. Plan de obra* del presente Proyecto. Por lo tanto, se ha elaborado el Estudio completo de Seguridad y Salud con el fin de cumplir con la legislación vigente.

El presupuesto de ejecución material correspondiente al Estudio de Seguridad y Salud asciende a la cantidad de VEINTISÉIS MIL OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES EUROS con TREINTA CÉNTIMOS (26.863,30 €), suponiendo un 9,45% del coste total del Proyecto.

8. CONTRATACIÓN DE LAS OBRAS

8.1. SISTEMA DE ADJUDICACIÓN

De acuerdo con la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas se recomienda la adjudicación mediante concurso público del Contrato de “Pasarela peatonal con ascensor entre la Plaza del Gas y el Parque Etxebarria en Bilbao”.

8.2. REVISIÓN DE PRECIOS

Para la revisión de precios se seguirá lo especificado en el Reglamento de la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público.

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

- **Obras metálicas:**

$$K_t = 0,28 \cdot \frac{H_t}{H_0} + 0,11 \cdot \frac{E_t}{E_0} + 0,07 \cdot \frac{C_t}{C_0} + 0,39 \cdot \frac{S_t}{S_0} + 0,15$$

- **Obras de fábrica en general. Obras de hormigón armado:**

$$K_t = 0,34 \cdot \frac{H_t}{H_0} + 0,18 \cdot \frac{E_t}{E_0} + 0,18 \cdot \frac{C_t}{C_0} + 0,13 \cdot \frac{S_t}{S_0} + 0,02 \cdot \frac{M_t}{M_0} + 0,15$$

8.3. PLAZO DE EJECUCIÓN

El plazo de ejecución de las obras proyectadas será de aproximadamente 15 semanas, en función del Plan de Obra estimado, a partir de una secuencia lógica de los trabajos.

8.4. PERIODO DE GARANTÍA

El período de garantía de la obra será de 2 años, contando a partir de la fecha del Acta de recepción de la misma.

9. PRESUPUESTO

El Presupuesto General del Proyecto de construcción de una pasarela peatonal con ascensor entre la Plaza del Gas y el Parque Etxebarria en Bilbao es el siguiente.

	CAPÍTULO	EUROS	%
01	Demoliciones	3.445,36	1,21
02	Movimiento de tierras	3.885,67	1,37
03	Cimentación	28.773,43	10,12
04	Estructura metálica	77.781,98	27,36
05	Pavimentos y acabados	107.736,64	37,90
06	Red de drenaje	3.132,21	1,10
07	Instalación eléctrica	29.174,88	10,26
08	Mobiliario urbano	1.916,75	0,67
09	Gestión de residuos	1.571,93	0,55
10	Seguridad y salud	26.863,30	9,45
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		284.282,15 €	
GASTOS GENERALES (13 %)		36.956,68 €	
BENEFICIO INDUSTRIAL (6 %)		17.056,93 €	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		338.295,76 €	
IVA (21 %)		71.042,11 €	
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		409.337,87 €	

El Presupuesto General asciende a la cantidad de CUATROCIENTOS NUEVE MIL TRESCIENTOS TREINTA Y SIETE con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS (409.337,87 €).

10. BIBLIOGRAFÍA

10.1. DOCUMENTACIÓN FÍSICA CONSULTADA

- Bilboko Udal Artxiboa – Archivo Municipal De Bilbao (BUA-AMB). Fondo Ayuntamiento de Bilbao. En concreto los siguientes documentos:
 - Vivanco Ruiz, L. Larrea Bergaretxe, A. Pérez Vilches, R. (Marzo 1989). Estudio Geológico-Geotécnico en los terrenos de Etxebarria. GIGSA Geotheknika, Ingenieros y Geólogos, S.A.
 - Estudio de detalle para implantación de garaje para residentes en la plaza del gas. (2003-2004). Subárea de Planteamiento. Área de Urbanismo.
 - Modificación del Plan General para la reordenación pormenorizada de la antigua Plaza del Gas. Texto refundido. Vía calle Quintana. Subárea de Planteamiento. Área de Urbanismo. (2001-2002).
- Larrauri Gil, M. Losada Rodríguez, R. Rojí Chando, E. Cuadra Rojo, J. Procedimientos De Construcción: Obras y maquinaria de Movimiento de Tierras.
- Losada Rodríguez, R. Rojí Chando, E. Larrauri Gil, M. Cuadra Rojo, J. Orbe Mateo, A. Elementos Y Tecnologías Constructivas En Cimentaciones Y Estructuras De Contención Para Edificación.
- Losada Rodríguez, R. Rojí Chando, E. Larrauri Gil, M. Cuadra Rojo, J. Orbe Mateo, A. Fundamentos Sobre Sistemas Y Elementos Estructurales En Edificación.
- Apuntes del Grado de Ingeniería Civil de la Escuela de Ingeniería Técnica de Minas y de Obras Públicas.

10.2. DOCUMENTACIÓN WEB CONSULTADA

- Peñalba, S. Arruabarrena, M. Iriondo, M. (enero, 2019) Normas urbanísticas particulares de los ámbitos urbanísticos. P.G.O.U. Bilbao. [Consulta: 12 de enero de 2021]
- Bilboko Udal Artxiboa – Archivo Municipal De Bilbao (BUA-AMB). Recursos online. <<https://www.bilbao.eus/cs/Satellite/archivosMunicipales/Recursos-Online/es/100014479/Contenido>> [Consulta: 12 de enero de 2021]

- Un edificio sustituirá a la escalera mecánica que subiría a Etxebarria. (20minutos.es).
<https://www.20minutos.es/noticia/295148/0/edificio/escalera/etxebarria/> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- El Gobierno pierde la batalla legal por el ascensor de Begoña. (elcorreo.com).
<<https://www.elcorreo.com/bizkaia/gobierno-pierde-batalla-20180817212455-nt.html>> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- El solar trasero de la Plaza del Gas busca proyecto. (Deia.eus).
<https://www.deia.eus/bizkaia/bilbao/2017/10/20/solar-trasero-plaza-gas-busca/606205.html> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- El nuevo PGOU recibe 246 alegaciones, la mitad que el vigente. (Deia.eus).
<<https://www.deia.eus/bizkaia/bilbao/2019/07/19/nuevo-pgou-recibe-246-alegaciones/726345.html>> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- Los Tribunales dan la razón a Ascensores a Begoña frente al Gobierno Vasco. Esteban Umerez. <<https://www.umerez.eu/blog/2016/10/30/los-tribunales-dan-la-razn-a-ascensores-a-begoa-frente-al-gobierno-vasco>> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- Bilbao.eus, InfoBilbao, News, El Ayuntamiento De Bilbao Conecta Con Accesibilidad Universal Atxuri Y Solokoetxe Gracias A Un Ascensor Que Completa Los Itinerarios Accesibles Entre El Casco Viejo Y Santutxu.
<https://www.bilbao.eus/cs/Satellite?c=BIO_Noticia_FA&cid=1279184148402&language=en&pageid=3000075248&pagename=Bilbaonet%2FBIO_Noticia_FA%2FBIO_Noticia> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- Bilbao aborda subsidiariamente la «reparación» del Ascensor de Begoña o Mallona. – AVPIOP (patrimonioindustrialvasco.com)
<<http://www.patrimonioindustrialvasco.com/patrimonio/bilbao-aborda-subsidiariamente-la-reparacion-del-ascensor-de-begona-o-mallona/>> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- Bilbaoclick: Guía Premium de Bilbao. <<https://bilbaoclick.com/paseo-ascensores-bilbao/>> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- Ascensor de Begoña (Esperanza 6) – Bilbao: Arquitectura y urbanismo (2º) (home.blog)
<<https://bilbaoarquitecturayurbanismo2o.home.blog/2019/08/11/ascensor-de-begona-esperanza-6/>> [Consulta: 12 de enero de 2021]

- Aplicación de Distribución Cartográfica y Ortofotos. Diputación Foral de Bizkaia.
<http://apps.bizkaia.net/GRIT/ml_GRIT_Marcos.jsp?IDIOMA=C> [Consulta: 12 de enero de 2021]
- Datos útiles. Ayuntamiento de Bilbao. Bilbao en datos.
<https://www.bilbao.eus/cs/Satellite?c=Page&cid=1279142223182&language=es&pageid=1279142223182&pagename=Bilbaonet%2FPage%2FBIO_Observatorio> [Consulta: 15 de enero de 2021]
- Bilbao.eus, Bilbao Open Data, Catálogo de datos. Población por categorías.
<<https://www.bilbao.eus/opendata/es/catalogo/demografia/formatos/frecuencias/nombre-ascendente?np=2>> [Consulta: 15 de enero de 2021]
- Panorámica de la discapacidad en España. Boletín Informativo del Instituto Nacional de Estadística (INE). <<https://www.ine.es/revistas/cifraine/1009.pdf>> [Consulta: 15 de enero de 2021]
- Euskal Estatistika Erakundea – Instituto Vasco de Estadística (Eustat). Euskadi.eus.
<https://www.eustat.eus/bankupx/pxweb/es/DB/-/PX_010154_cepv1_ep06b.px> [Consulta: 15 de enero de 2021]
- Mapa Geológico del País Vasco (1993). Mapa Hidrogeológico del País Vasco E:1/100.000 Ente Vasco de la Energía (EVE). [Consulta: 15 de enero de 2021]
- GeoBilbao. Datos geográficos del Ayuntamiento de Bilbao. <<https://www.geobilbao.eus>> [Consulta: 15 de enero de 2021]
- Argitalpenak. Ente Vasco de la Energía (EVE). <<https://www.eve.eus/Conoce-la-Energia/La-energia-en-Euskadi/Publicaciones>> [Consulta: 22 de enero de 2021]
- Resumen anual de estaciones gráficas de parámetros meteorológicos. Informe Meteorológico (2019). [Consulta: 22 de enero de 2021]
- Gobierno Vasco. GeoEuskadi. Diputaciones Forales de Araba, Bizkaia y Gipuzkoa.
<<https://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/>> [Consulta: 22 de enero de 2021]
- Inventario de Lugares de Interés Geológico. Diversidad biológica y geológica. (Euskadi.eus).
<<https://www.euskadi.eus/informacion/lugares-de-interes-geologico/web01-a2ingdib/es/>> [Consulta: 22 de enero de 2021]

- Instituto Geográfico Nacional. (ign.es). <<http://www.ign.es/web/ign/portal/mapas-sismicidad>> [Consulta: 22 de enero de 2021]
- Euskalmet | Euskal Meteorologia Agentzia. (euskadi.eus). <<https://www.euskalmet.euskadi.eus/hasiera/>> [Consulta: 8 de febrero de 2021]
- Bilbao Aeropuerto. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Gobierno de España. <<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=1082&k=undefined>> [Consulta: 8 de febrero de 2021]
- Situación de los puntos de muestreo (PDM'S) para caracterizar el suelo superficial (julio, 2018). Área de obras y servicios. Ayuntamiento de Bilbao. [Consulta: 14 de febrero de 2021]
- AVENIDA HERITAGE LENS LED. Luminarias de parque. LUG (lugbrazil.com.br) <<https://www.lugbrazil.com.br/pt/produtos/luminarias-de-parque/variante/130335.5L132.071>> [Consulta: 24 de marzo de 2021]
- Malla electrosoldada. Ferros Perich, S.L. <<https://www.ferrosperich.com/es/hierro-nuevo-y-ferreteria/hierro/acero-para-hormigon/malla-electrosoldada.html>> [Consulta: 24 de abril de 2021]
- Banco Madera Similar Mobiliario urbano parques y jardines. (grupfabregas.com). <<https://grupfabregas.com/producto/banco-similar-c-1015/>> [Consulta: 2 de mayo de 2021]
- Urbabil. Mobiliario urbano. Papeleras. <<https://urbabil.es/mobiliario-urbano/papeleras/>> [Consulta: 2 de mayo de 2021]

10.3. NORMATIVA APLICADA

- Instrucción De Acero Estructural (EAE), Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo.
- Instrucción De Hormigón Estructural (EHE-08), Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio.
- Guía De Aplicación De La Normativa Técnica Vigente En Materia De Accesibilidad En La Comunidad Autónoma Del País Vasco.
- Instrucción Sobre Las Acciones A Considerar En El Proyecto De Puentes De Carretera (IAP-11), aprobado por Orden FOM 2842/2011, de 29 de septiembre.

- Instrucción 5.2 Ic Drenaje Superficial.
- Monografía De Máximas Lluvias Diarias En La España Peninsular.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Guía Técnica De Eficiencia Energética En Iluminación De Alumbrado Público (G.T.E.E.I.A.P.).
- Reglamento De Eficiencia Energética En Instalaciones De Alumbrado Exterior, Instrucciones Técnicas Complementarias EA-01 A EA-07 (R.E.E.I.A.E.).
- Reglamento Electrotécnico De Baja Tensión (R.E.B.T.).
- Instrucciones Técnicas De Baja Tensión ITC-BT.
- Código Técnico De La Edificación (CTE).
- Ley De Evaluación Ambiental 21/2013, de 9 de diciembre.
- Ley De Contratos Del Sector Público 9/2017, de 8 de noviembre.

El resto de normativas específicas se detallan en los anexos correspondientes.

10.4. SOFTWARES UTILIZADOS

- AutoCAD 2020.
- Civil 3D 2020.
- CypeCAD 2017.d
- Arquímedes CYPE 2021.d.
- DIALux EVO 9.2.

10.5. ORGANISMOS CONSULTADOS

- Bilboko Udal Artxiboa – Archivo Municipal De Bilbao (BUA-AMB).
- Ayuntamiento de Bilbao. Planificación urbana. Negociado de Topografía.
- Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia (CABB).

11. CONCLUSIÓN

Mediante lo expuesto en la presente Memoria, y en el resto de documentos que componen el Proyecto, se considera que el mismo está suficientemente justificado y detallado para su correcta ejecución.



Rubén Eraña Martínez

Ingeniero Civil

Bilbao, 4 de junio de 2021

ÍNDICE DE ANEXOS

1. **FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO**
2. **ESTUDIO DE VIABILIDAD**
3. **ESTUDIO GEOLÓGICO**
4. **CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE**
5. **MOVIMIENTO DE TIERRAS**
6. **ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO**
7. **BASES DE CÁLCULO ESTRUCTURAL**
 - 7.1. ESTRUCTURA METÁLICA
 - 7.2. CIMENTACIÓN
8. **INSTALACIÓN ELÉCTRICA**
9. **MOBILIARIO URBANO**
10. **GESTIÓN DE RESIDUOS**
11. **SERVICIOS AFECTADOS**
12. **PLAN DE CONTROL DE CALIDAD**
13. **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**
14. **PLAN DE OBRA**
15. **CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA**
16. **DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA**
17. **JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS**
18. **PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN**

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO	3

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vista aérea general de las posiciones. Fuente: Google Maps	3
---	---

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Vista frontal del emplazamiento. Fuente: Autor	4
Fotografía 2. Vista lateral izquierda del emplazamiento. Fuente: Autor	4
Fotografía 3. Vista lateral derecha del acceso inferior. Fuente: Autor	5
Fotografía 4. Vista frontal del acceso inferior. Fuente: Autor	5
Fotografía 5. Vista lateral izquierda del emplazamiento. Fuente: Autor	6
Fotografía 6. Vista del emplazamiento de la cimentación. Fuente: Autor	7
Fotografía 7. Vista lateral izquierda del acceso inferior. Fuente: Autor	7
Fotografía 8. Vista lateral izquierda superior del emplazamiento. Fuente: Autor	8
Fotografía 9. Vista lateral izquierda inferior del emplazamiento. Fuente: Autor	8
Fotografía 10. Vista trasera e inferior de la pasarela. Fuente: Autor	9
Fotografía 11. Vista trasera derecha del emplazamiento. Fuente: Autor	9
Fotografía 12. Vista trasera del desnivel del emplazamiento. Fuente: Autor	10
Fotografía 13. Vista lateral derecha del acceso superior. Fuente: Autor	10
Fotografía 14. Vista frontal del acceso superior. Fuente: Autor	11
Fotografía 15. Vista frontal general del acceso superior. Fuente: Autor	11

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta una colección de fotografías del emplazamiento donde se ubicará el Proyecto. Estas imágenes han sido tomadas desde distintos ángulos y posiciones para dar una idea general de la situación actual.

2. FOTOGRAFÍAS DEL EMPLAZAMIENTO

Inicialmente se presenta una ilustración con la vista aérea general de las posiciones exactas desde donde se han tomado las fotografías, indicando la dirección y el sentido. Seguidamente se muestran las fotografías, tomadas el día 24 de febrero de 2021, de forma ordenada y numerada.

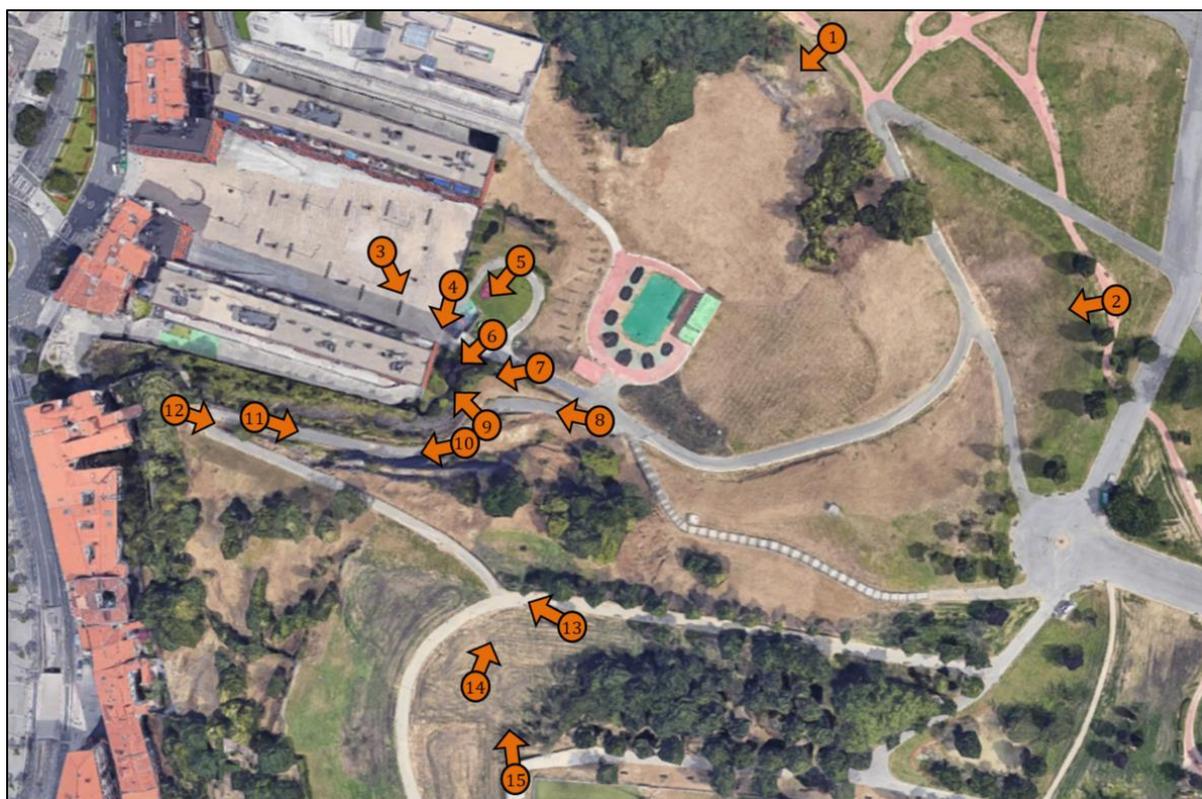
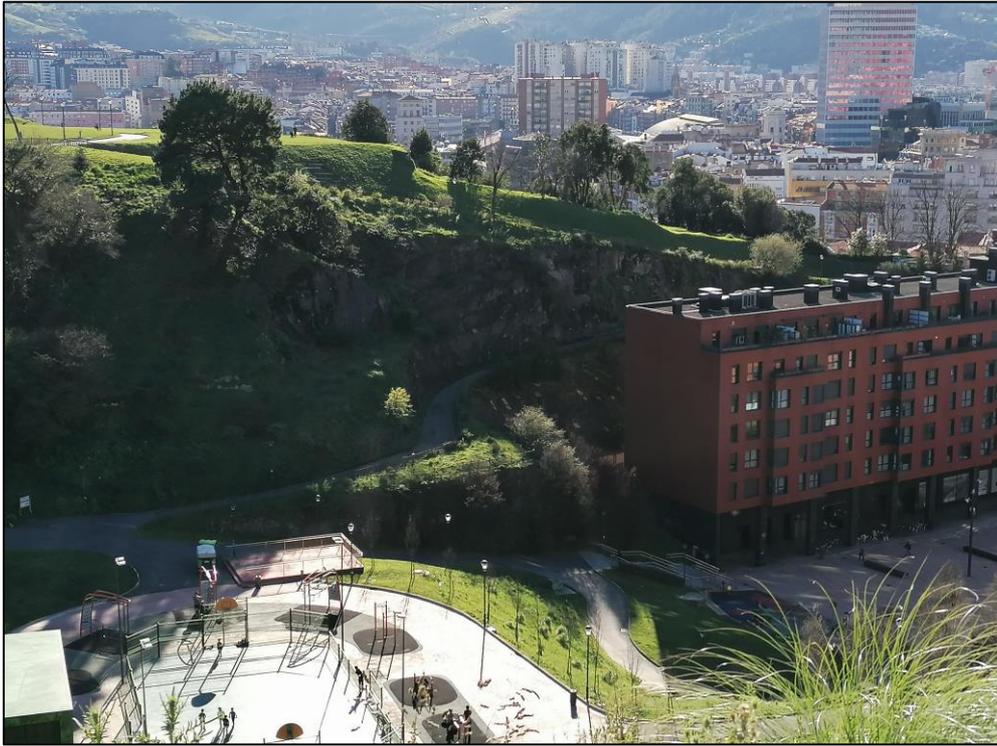


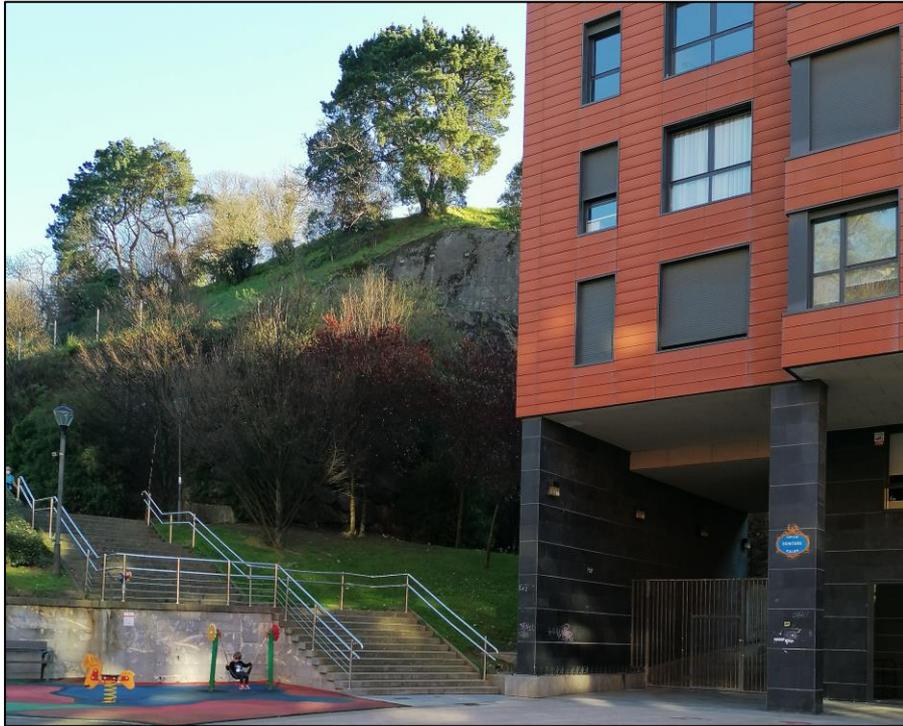
Ilustración 1. Vista aérea general de las posiciones. Fuente: Google Maps



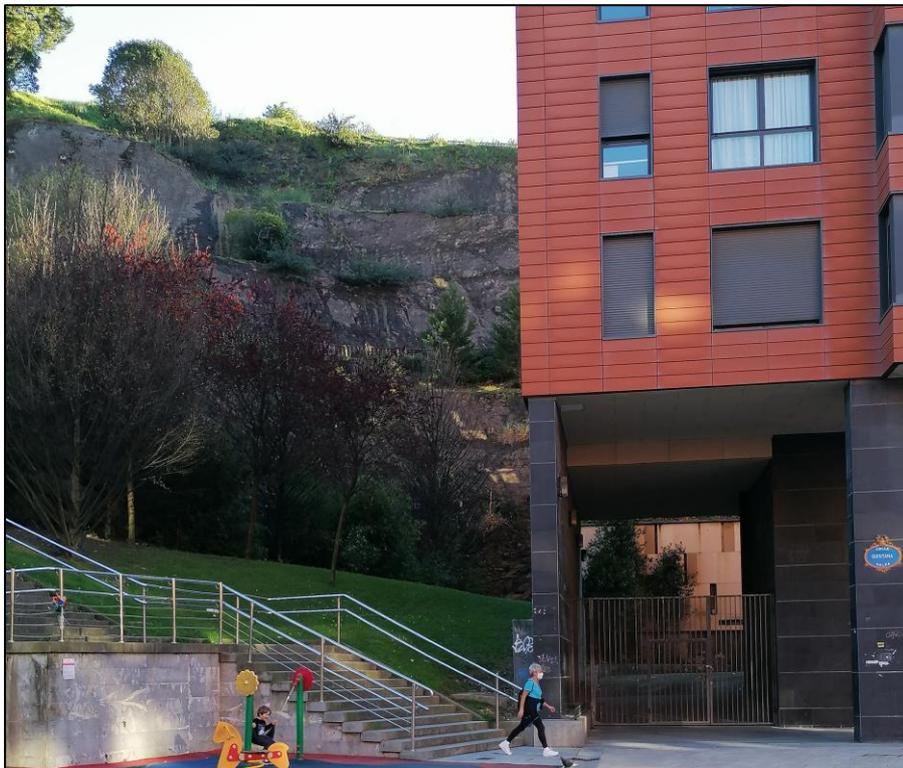
Fotografía 1. Vista frontal del emplazamiento. Fuente: Autor



Fotografía 2. Vista lateral izquierda del emplazamiento. Fuente: Autor



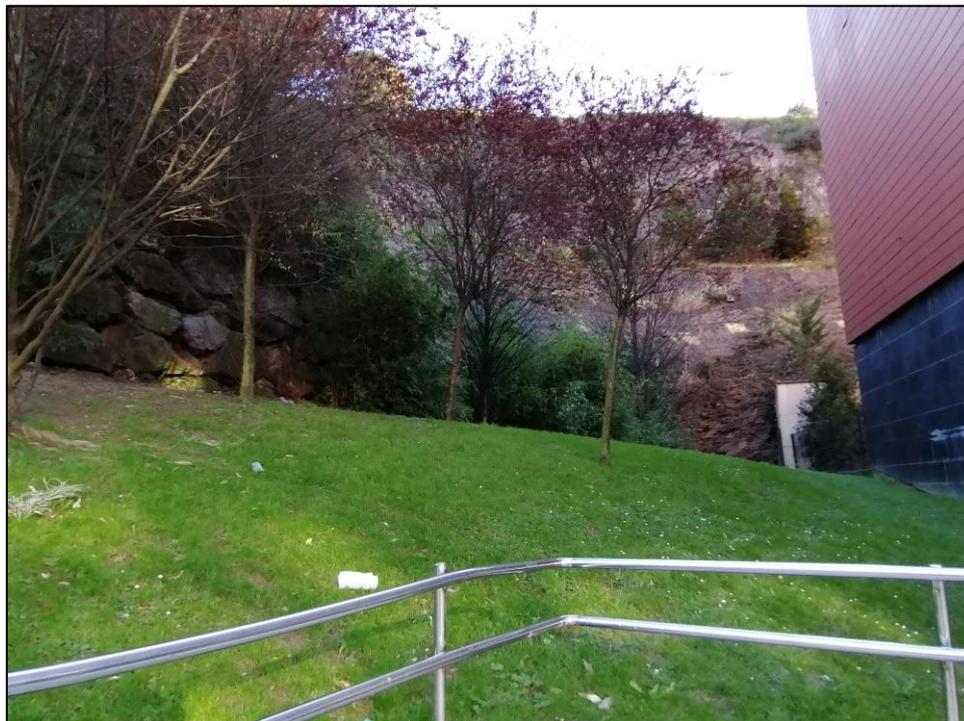
Fotografía 3. Vista lateral derecha del acceso inferior. Fuente: Autor



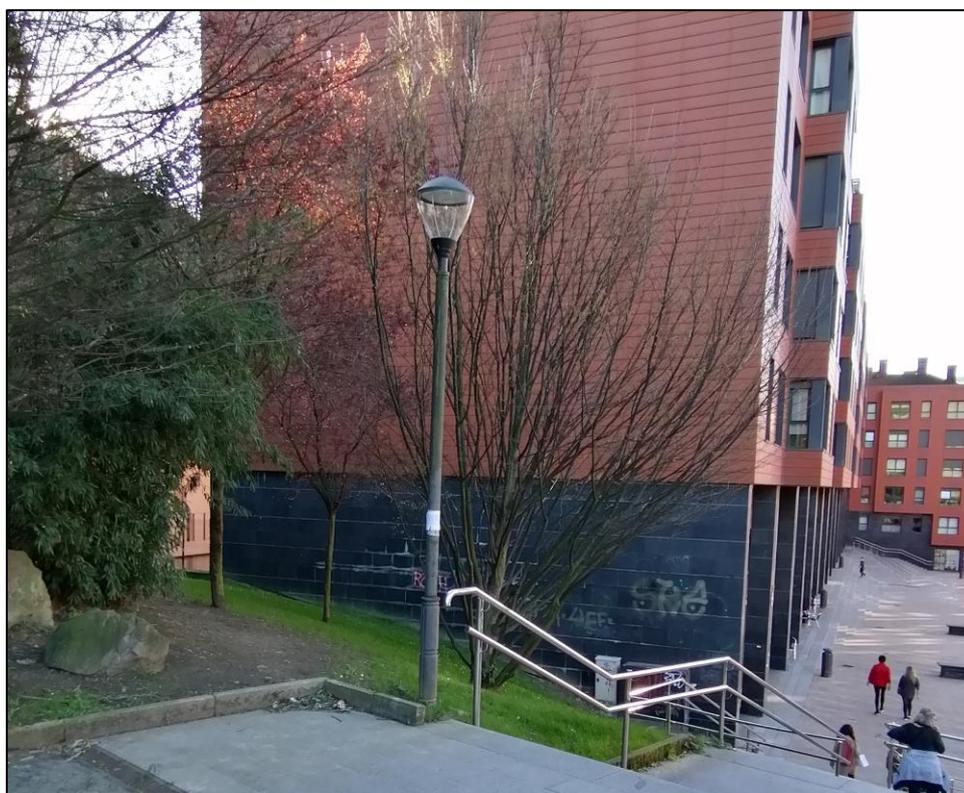
Fotografía 4. Vista frontal del acceso inferior. Fuente: Autor



Fotografía 5. Vista lateral izquierda del emplazamiento. Fuente: Autor



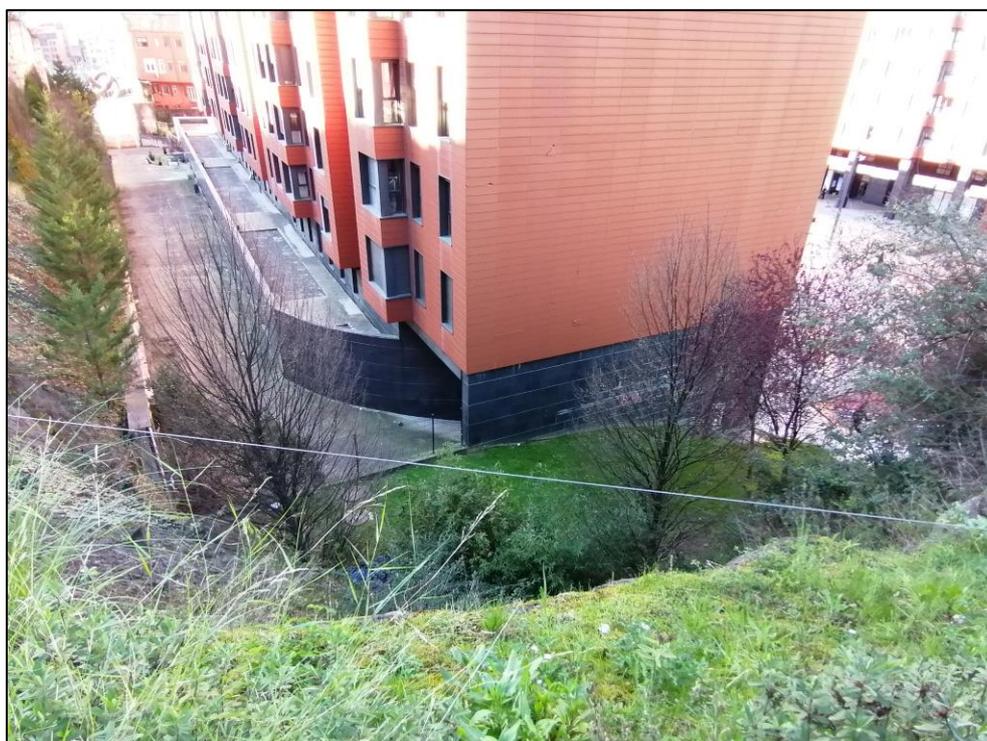
Fotografía 6. Vista del emplazamiento de la cimentación. Fuente: Autor



Fotografía 7. Vista lateral izquierda del acceso inferior. Fuente: Autor



Fotografía 8. Vista lateral izquierda superior del emplazamiento. Fuente: Autor



Fotografía 9. Vista lateral izquierda inferior del emplazamiento. Fuente: Autor



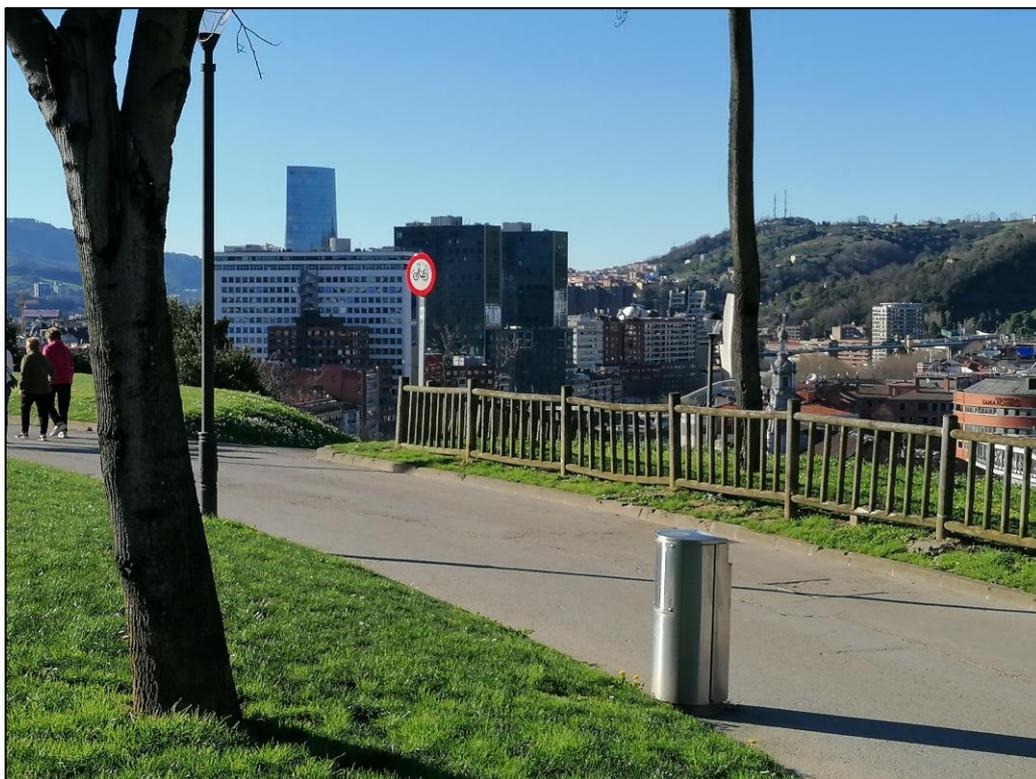
Fotografía 10. Vista trasera e inferior de la pasarela. Fuente: Autor



Fotografía 11. Vista trasera derecha del emplazamiento. Fuente: Autor



Fotografía 12. Vista trasera del desnivel del emplazamiento. Fuente: Autor



Fotografía 13. Vista lateral derecha del acceso superior. Fuente: Autor



Fotografía 14. Vista frontal del acceso superior. Fuente: Autor



Fotografía 15. Vista frontal general del acceso superior. Fuente: Autor

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 2. ESTUDIO DE VIABILIDAD

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. ACCESOS ACTUALES.....	2
2. DEMOGRAFÍA	6
3. ESTUDIO DEL EMPLAZAMIENTO	9

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ascensores próximos. Fuente: Google Maps	2
Ilustración 2. Ascensor de Begoña. Fuente: Autor	3
Ilustración 3. Ascensores de Mallona. Fuente: Autor.....	4
Ilustración 4. Ascensores de Zumalakarregi. Fuente: Autor.....	5
Ilustración 5. Nuevo ascensor de Zumalakarregi. Fuente: Autor.....	5
Ilustración 6. Barrios principalmente beneficiados del Proyecto. Fuente: Autor	6
Ilustración 7. Habitantes por edades y género. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao.	8
Ilustración 8. Recorridos de estudio. Fuente: Google Maps	9
Ilustración 9. Parque Etxebarria. Fuente: Autor	10
Ilustración 10. Parque Etxebarria. Fuente: Autor.....	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características demográficas por barrio. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao.....	7
Tabla 2. Número de habitantes por tramo de edad. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao	7
Tabla 3. Número de personas contabilizadas. Fuente: Autor.....	10

1. ACCESOS ACTUALES

Actualmente, la ciudad de Bilbao cuenta con 36 ascensores, 20 rampas y escaleras mecánicas que buscan mejorar la accesibilidad y, por tanto, la calidad de vida de la ciudadanía. En las proximidades al ascensor de Proyecto se encuentran, el ascensor clausurado situado en la calle de la Esperanza a 500 metros, el ascensor de pago de Metro Bilbao a 900 metros, el ascensor público de la antigua estación de Euskotren a 450 metros y el nuevo ascensor público de Zumalakarregi a 550 metros.

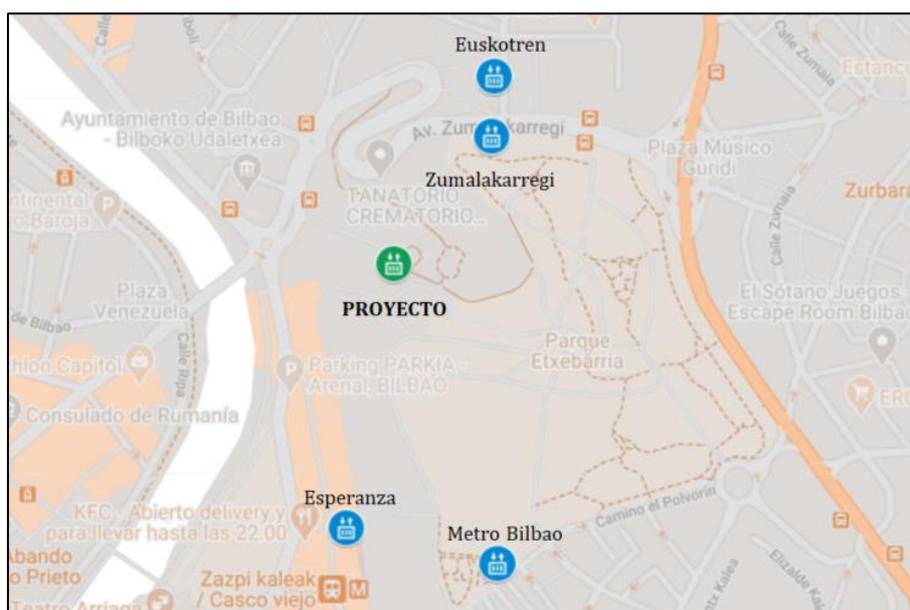


Ilustración 1. Ascensores próximos. Fuente: Google Maps

El **ascensor de Begoña** fue construido en 1949 con un desnivel de 45 metros. Es una de las construcciones más singulares y emblemáticas de la ciudad por su columna de hormigón armado de 54 metros de altura y su estética maquinista, visible desde amplias perspectivas de Bilbao. Está ubicado en la calle de la Esperanza 6 y permitía subir desde el Arenal hasta el parque de Mallona, frente al barrio de Begoña, por la cantidad de 45 céntimos el viaje.

Desde el 8 de julio de 2014 se encuentra cerrado y en un deterioro progresivo. Su cierre se debió a pérdidas acumuladas alegadas por la falta de rentabilidad por parte de la empresa que explotaba la concesión durante casi 70 años y cuya finalización estaba prevista para 2045.



Ilustración 2. Ascensor de Begoña. Fuente: Autor

La última sentencia del Tribunal Supremo, de julio de 2019, dio la razón a la empresa y responsabilizaron al Gobierno Vasco de la situación en la que finalmente produjo el cierre del ascensor. Hasta el momento, no se ha llegado a ningún acuerdo en las negociaciones para determinar las compensaciones ante esta situación entre el Gobierno Vasco y la concesionaria, mientras tanto, el ascensor seguirá cerrado.

Los problemas en la infraestructura han formado parte de titulares en la prensa municipal. En 2014, se eliminaron algunos elementos inestables y se enmalló toda la superficie de la fachada. En el año 2017 se realizaron reparaciones puntuales bajo la pasarela horizontal. En 2018, se realizó un mantenimiento preventivo, la retirada de elementos inestables y la reparación de la estructura para evitar desprendimientos. En el año 2019 la acción combinada del paso del tiempo, la falta de mantenimiento, la vegetación descontrolada y la falta de drenajes adecuados del agua de escorrentía originaron daños en la torre, en el cuerpo principal del ascensor y en las bases de apoyo de la pasarela de acceso obligando a tomar medidas para velar por la seguridad de los vecinos.

Estas actuaciones, que ya alcanzan el millón de euros, no han eliminado la necesidad de abordar una actuación en profundidad pero sí han ampliado el plazo para llevarlas a cabo. En caso de reabrir, habría que realizar obras tanto para mejorar la accesibilidad como para adaptar el ascensor a la nueva normativa técnica, por lo que, dicha perspectiva se extiende en el tiempo más de lo solicitado por los vecinos.

Los **ascensores de Mallona**, inaugurados en 1996 se encuentran dentro de la estación del Casco Viejo de Metro Bilbao. El acceso inferior se sitúa en la plaza Miguel Unamuno, en el interior de la estación del Casco Viejo y el acceso superior se encuentra en el parque de Mallona, en frente del barrio de Begoña. Este medio es de pago, estando incluido en caso de usarse en combinación con el Metro. Además, fue considerado como el principal causante del declive del ascensor de la calle de la Esperanza.



Ilustración 3. Ascensores de Mallona. Fuente: Autor

Los **ascensores de Zumalakarregi**, formaban parte de la antigua estación ferroviaria subterránea de los servicios de cercanías de Euskotren. Fueron inaugurados en 1996 y siguieron abiertos incluso cuando la estación fue definitivamente clausurada en 2010. Estos dos ascensores fueron de pago, con un precio de 50 céntimos hasta el año 2019, cuando el Gobierno Vasco completó la cesión de los mismos al Ayuntamiento de Bilbao y pasaron a ser gratuitos.

Los ascensores salvan 25 metros de altura y conectan la calle de las Piedritas con la primera curva de la avenida Zumalakarregi. Para acceder a los mismos hay que recorrer más de 200 metros por la avenida Zumalakarregi con una pendiente del 5%, esto es, hay que ascender más 10 metros desde la parte baja de Bilbao.



Ilustración 4. Ascensores de Zumalakarregi. Fuente: Autor

El nuevo **ascensor de Zumalakarregi**, inaugurado en el año 2021, se encuentra al final de la calle de las Piedritas y salva una altura de 10 metros dando acceso directo al norte del Parque Etxebarria. Su uso está destinado como conexión con los ascensores de la antigua estación de Euskotren y para los vecinos del barrio de Uribarri.



Ilustración 5. Nuevo ascensor de Zumalakarregi. Fuente: Autor

En caso de no usar medios mecánicos, habría que ascender por las rampas o escaleras de la parte trasera de la plaza del Gas, por las cuestas y escaleras de la avenida Zumalakarregi o por los 323 escalones de la calzada de Mallona. Todos estos accesos peatonales suponen un elevado esfuerzo físico y la limitación en caso de personas con movilidad reducida.

2. DEMOGRAFÍA

Para el estudio de viabilidad del Proyecto se han tenido en cuenta los datos demográficos aportados por el Ayuntamiento de Bilbao y el Instituto Vasco de Estadística (Eustat) durante el año 2020. Se ha considerado como uno de los factores fundamentales durante la valoración de viabilidad por el beneficio que pueda suponer a la ciudad, y en especial, a los futuros usuarios.

Con los datos obtenidos, se puede afirmar que la población total de la ciudad de Bilbao en el año 2020 era de 346.478 habitantes. En concreto, se han estudiado las características de los barrios situados en las inmediaciones del área de Proyecto, que son, Casco Viejo, Begoña, Arabella, Zurbaran y Uribarri.

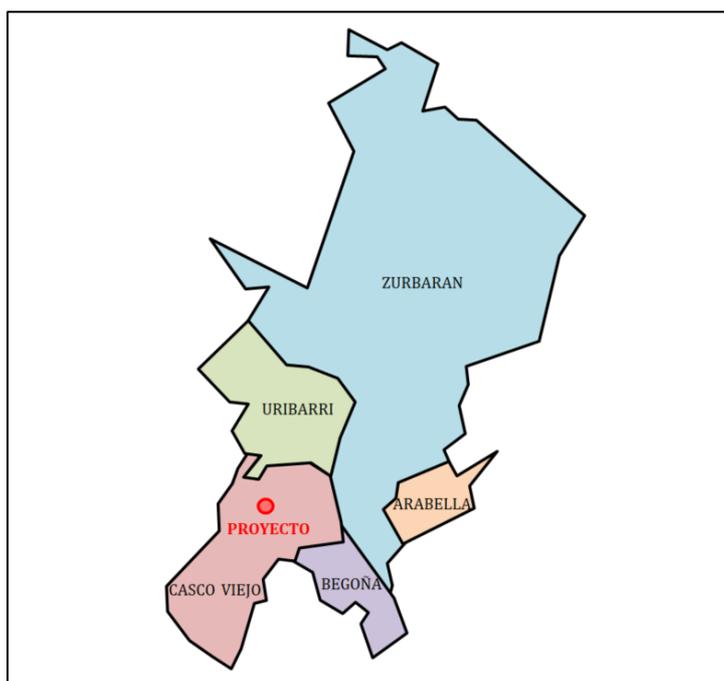


Ilustración 6. Barrios principalmente beneficiados del Proyecto. Fuente: Autor

A continuación se presentan las principales características de cada barrio en función de su población. Se trata de una estructura típica, con una evolución hacia el envejecimiento de la población y una disminución de la natalidad. Según un estudio elaborado por el Ayuntamiento de Bilbao en 2013, para el año 2030 los habitantes de Bilbao se reducirán hasta los 322.360, una disminución del 6.96%.

BARRIO	Nº HAB	SUPERFICIE (Km ²)	Densidad (Hab/ Km ²)
Casco Viejo	7.393	0,51	14.496
Begoña	4.765	0,20	23.825
Arabella	1.658	0,10	16.580
Zurbaran	9.763	0,33	29.584
Uribarri	12.848	0,32	40.150
TOTAL	36.427	1,46	24.927

Tabla 1. Características demográficas por barrio. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao

La siguiente tabla y pirámide de población presentan los habitantes de los 5 barrios distinguiéndolos por género y edad según los mismos datos del año 2020.

TRAMO EDAD (Años)	HOMBRES (Hab)	HOMBRES (%)	MUJERES (Hab)	MUJERES (%)
0-4	669	3,90	603	3,13
5-9	708	4,13	662	3,43
10-14	705	4,11	680	3,53
15-19	731	4,26	737	3,82
20-24	736	4,29	680	3,53
25-29	842	4,91	919	4,76
30-34	996	5,81	1.027	5,32
35-39	1.265	7,38	1.296	6,72
40-44	1.542	9,00	1.477	7,66
45-49	1.373	8,01	1.409	7,31
50-54	1.377	8,03	1.406	7,29
55-59	1.205	7,03	1.375	7,13
60-64	1.067	6,23	1.240	6,43
65-69	936	5,46	1.179	6,11
70-74	966	5,64	1.329	6,89
75-79	802	4,68	1.095	5,68
80-84	639	3,73	964	5,00
85-89	419	2,44	761	3,95
90-94	128	0,75	361	1,87
95-99	31	0,18	74	0,38
100-104	3	0,02	12	0,06
105-109	0	0,00	1	0,01
TOTAL	17.140	100,00	19.287	100,00

Tabla 2. Número de habitantes por tramo de edad. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao

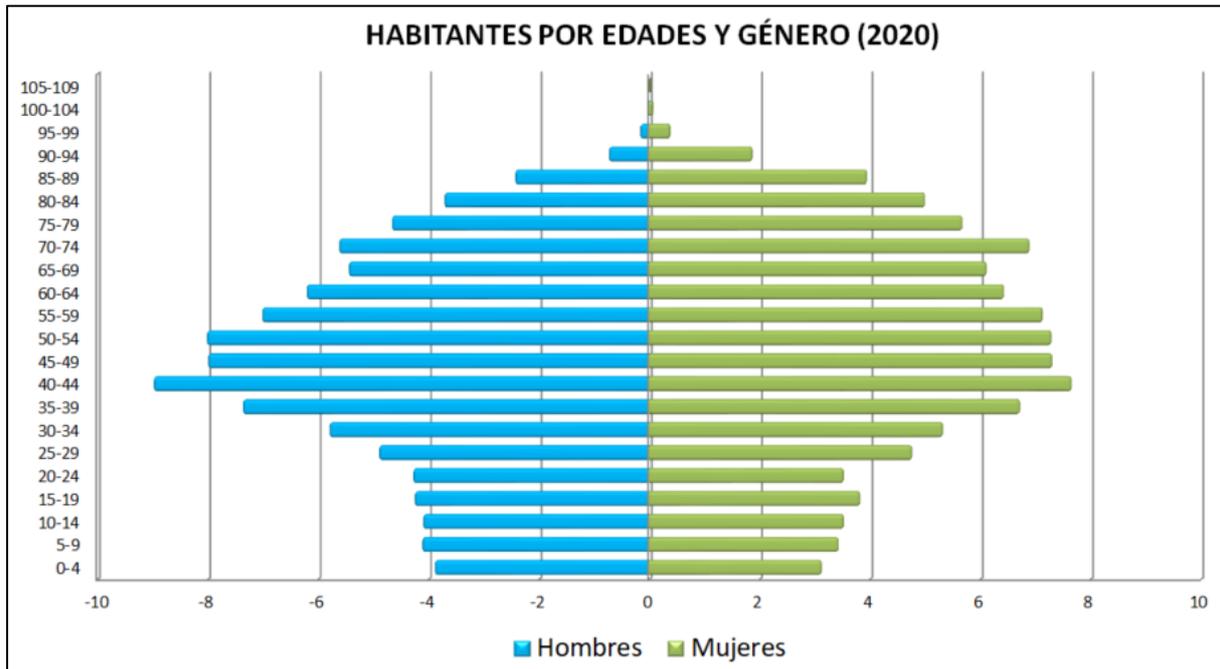


Ilustración 7. Habitantes por edades y género. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao.

Actualmente, en la ciudad de Bilbao la población mayor de 65 años supone un 23,98 % respecto del total, con un total de 83.091 habitantes. Los barrios colindantes superan el porcentaje medio de la ciudad alcanzando el 26,63 % de personas mayores de 65 años.

Por otro lado, los menores de 3 años suponen un total de 977, aproximadamente un 3% de los habitantes de los 5 barrios más próximos al emplazamiento del Proyecto.

Además, según resultados del Instituto Nacional de Estadística (INE) del año 2008, la tasa de discapacidad en el País Vasco es de 84,5 por cada mil habitantes, lo que supone aproximadamente 169.400 habitantes, de los cuales el 67,2 % de estas personas presentan alguna discapacidad relacionada con la movilidad, la más habitual.

Debido a las características demográficas del entorno descritas, se ha considerado la apta viabilidad del Proyecto de una pasarela peatonal con ascensor, ya que se tendría en cuenta y se favorecería considerablemente la accesibilidad de los colectivos más desfavorecidos.

3. ESTUDIO DEL EMPLAZAMIENTO

A continuación, se presentan los resultados de un estudio realizado en el emplazamiento que consiste en el conteo de personas que ascienden o descienden las rampas o escaleras existentes entre la plaza del Gas y el Parque Etxebarria.



Ilustración 8. Recorridos de estudio. Fuente: Google Maps

Este estudio se ha utilizado para conocer el número de personas que harán uso del Proyecto de una pasarela peatonal con ascensor en dicho emplazamiento.

Se llevó a cabo durante dos días, el 1 de febrero de 2021 (día laborable) y el 7 de febrero de 2021 (día festivo), tanto a la mañana (9:30-10:30) como a la tarde (17:30-18:30). Se han escogido dos intervalos representativos de 1 hora cada uno, en los que se considera una afluencia media por motivos laborales, educativos y recreativos.

Los resultados obtenidos para los periodos de tiempo descritos son los presentes en la siguiente tabla:

FECHA	9:30-10:00	10:00-10:30	17:30-18:00	18:00-18:30	MEDIA HORARIA	MEDIA DIARIA
01/02/21	75	81	107	92	177,5	2.840
07/02/21	89	112	124	109	217,0	3.472
TOTAL	164	193	231	201	197,25	3.156

Tabla 3. Número de personas contabilizadas. Fuente: Autor

Las medias horaria y diaria han sido calculadas a partir de los datos obtenidos en los trabajos de campo. Los resultados de la media horaria han sido 177,5 para el día laborable y 217,0 para el día festivo. Considerando que las horas de mayor actividad serán las comprendidas entre las 8:00 y las 24:00, resultando en 2.840 personas en día laborable y 3.472 en día festivo.

Los resultados son sorprendentemente elevados teniendo en cuenta las características de las rampas y escaleras. La media diaria resulta en 3.156 personas, lo que supone casi 200 personas a la hora.

En este caso concreto y suponiendo que principalmente el ascensor será utilizado por los colectivos más vulnerables, estos son, las personas mayores de 65 años (26,63 %), los niños menores de 3 años sin contar con el acompañante (3 %) y las personas con alguna discapacidad relacionada con la movilidad (0,53 %), se puede concluir en que un total de 10.986 personas (30,16 %) harán uso como mínimo del acceso proyectado.

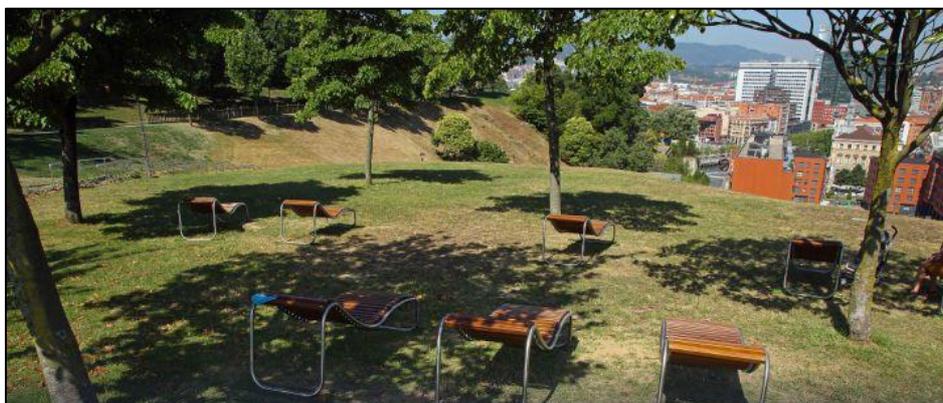


Ilustración 9. Parque Etxebarria. Fuente: Autor

Además, hay que tener en cuenta que durante el estudio, la movilidad urbana se ha visto considerablemente reducida y no se ha contabilizado ningún turista debido a la excepcional situación de pandemia actual.

El buen tiempo atmosférico también es otro de los factores fundamentales a tener en cuenta ya que gran parte de los vecinos se anima a pasear, tomar el sol o hacer deporte en el Parque Etxebarria, incrementando así el futuro rendimiento del ascensor.



Ilustración 10. Parque Etxebarria. Fuente: Autor

En el caso de la Semana Grande de Bilbao, la ubicación de las barracas y de los fuegos artificiales en el Parque durante 3 semanas también facilitaría el acceso al mismo, sobre todo al tener en cuenta que durante esas fechas tan señaladas se acercan a la ciudad alrededor de 1,5 millones de personas, según datos del año 2019.

Teniendo en cuenta todos los datos recogidos y las particularidades, se puede establecer una apta viabilidad del Proyecto.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 3. ESTUDIO GEOLÓGICO

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. MARCO GEOLÓGICO	4
3. TRABAJOS PREVIOS.....	8
4. ESTRATIGRAFÍA.....	10
5. HIDROGEOLOGÍA.....	15
6. GEOTECNIA	17
7. CONCLUSIONES	27
8. SISMICIDAD.....	28

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Principales unidades geológicas de la península. Fuente: IGEO (CSIC-UCM).....	4
Ilustración 2. Mapa de situación en el País Vasco. Fuente: EVE	5
Ilustración 3. Esquema geológico del Bilbao Metropolitano. Fuente: EVE.....	6
Ilustración 4. Mapa geológico de Bilbao. Fuente: EVE.....	6
Ilustración 5. Unidad de Oiz sector de Durango. Fuente: EVE	7
Ilustración 6. Área objeto de la descontaminación. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	8
Ilustración 7. Muro colindante al Proyecto. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	9
Ilustración 8. Sondeos GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	10
Ilustración 9. Afloramiento de la roca bajo la pasarela peatonal. Fuente: Autor	11
Ilustración 10. Mapa geológico. Relleno próximo al emplazamiento. Fuente: EVE	13
Ilustración 11. Sondeos UTE KIMAR - EGIMA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao.....	14
Ilustración 12. Dominio Hidrogeológico Anticlinorio Sur. Fuente: EVE	15
Ilustración 13. Sondeos GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao.....	17
Ilustración 14. Testigos GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao.....	19
Ilustración 15. Corte del sondeo SM6 GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao.....	20
Ilustración 16. Corte del sondeo SM7 GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	21
Ilustración 17. Corte del sondeo SM8 GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	22
Ilustración 18. Corte del sondeo SM10 GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	23
Ilustración 19. Ensayos de laboratorio GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	24

Ilustración 20. Disposición de la cimentación. Fuente: Autor	27
Ilustración 21. Sismicidad de la península. Fuente: Instituto Geográfico Nacional	28
Ilustración 22. Sismicidad del País Vasco. Fuente: Instituto Geográfico Nacional	29
Ilustración 23. Peligrosidad sísmica. Fuente: Instituto Geográfico Nacional	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sondeos y longitudes. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	17
Tabla 2. Pesos específicos y humedades. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	25
Tabla 3. Resistencia a compresión simple en suelos. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	25
Tabla 4. Índice RQD. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao	26

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se expone el estudio geológico y geotécnico del emplazamiento del Proyecto. El objetivo del presente anexo es el conocimiento del comportamiento del terreno donde se asentará la construcción de la pasarela peatonal y el ascensor para que, de esta forma, se pueda concluir con la elección de la mejor solución constructiva.

2. MARCO GEOLÓGICO

El Proyecto se sitúa en el norte de la península ibérica, dentro de la Cuenca Vasco-Cantábrica. La principal unidad geológica de la zona corresponde con la cobertera meso-cenozoica de la cordillera cantábrica y pirenaica.



Ilustración 1. Principales unidades geológicas de la península. Fuente: IGEO (CSIC-UCM)

A partir de los datos ofrecidos por el Ente Vasco de la Energía (EVE) se puede afirmar que desde el punto de vista estructural, la zona se ubica en el anticlinorio de Bilbao, formando parte de la Unidad de Oiz dentro sector de Durango.

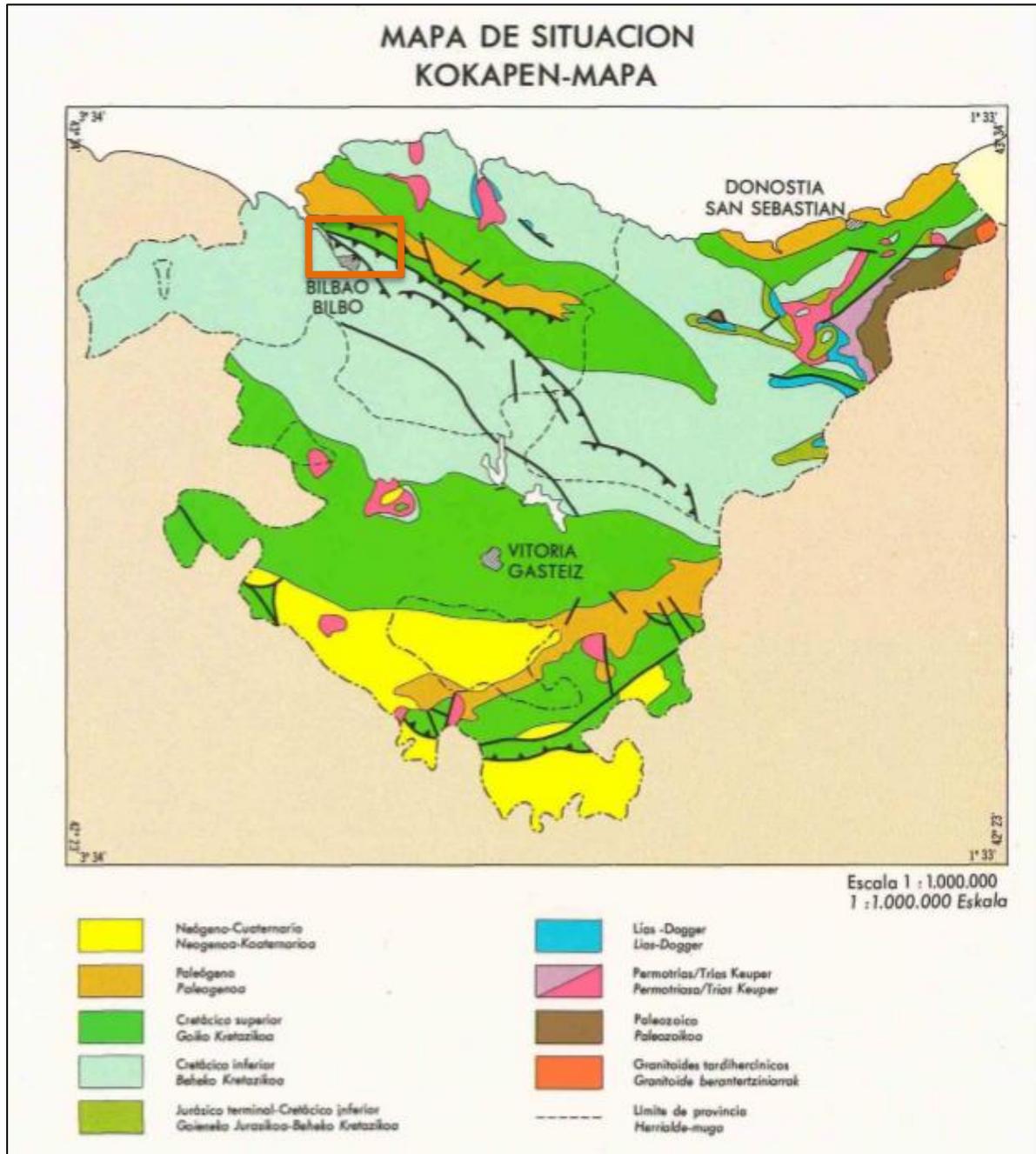


Ilustración 2. Mapa de situación en el País Vasco. Fuente: EVE

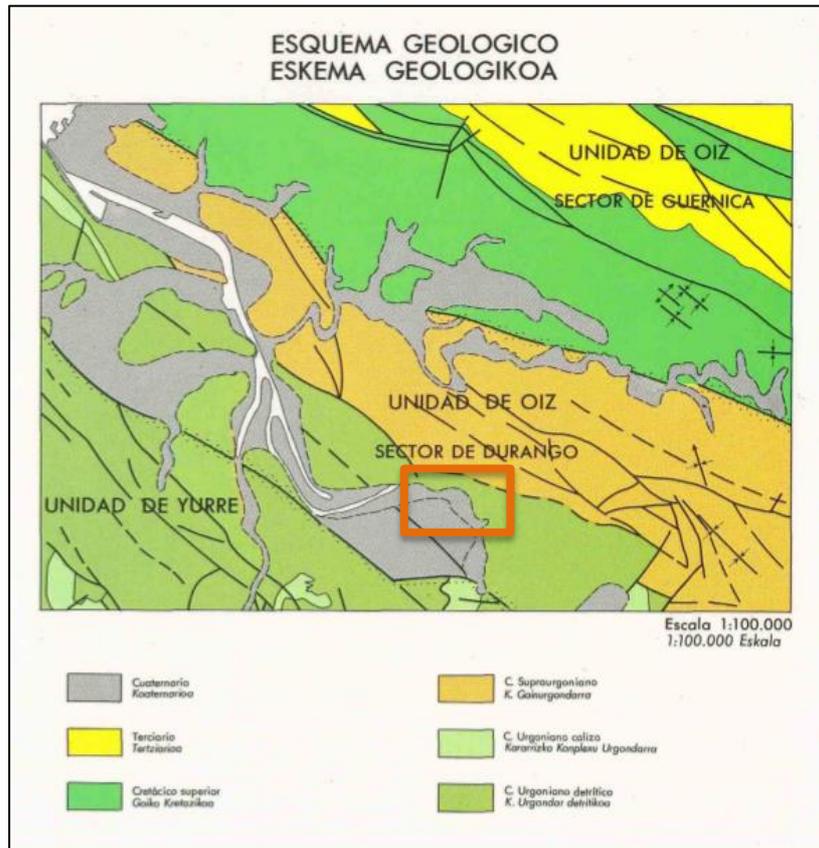


Ilustración 3. Esquema geológico del Bilbao Metropolitano. Fuente: EVE

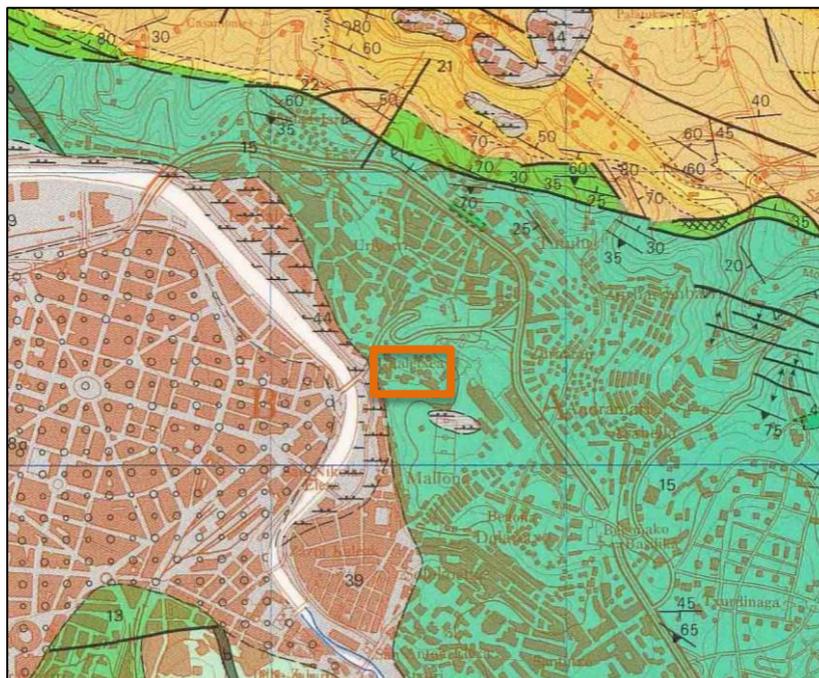


Ilustración 4. Mapa geológico de Bilbao. Fuente: EVE

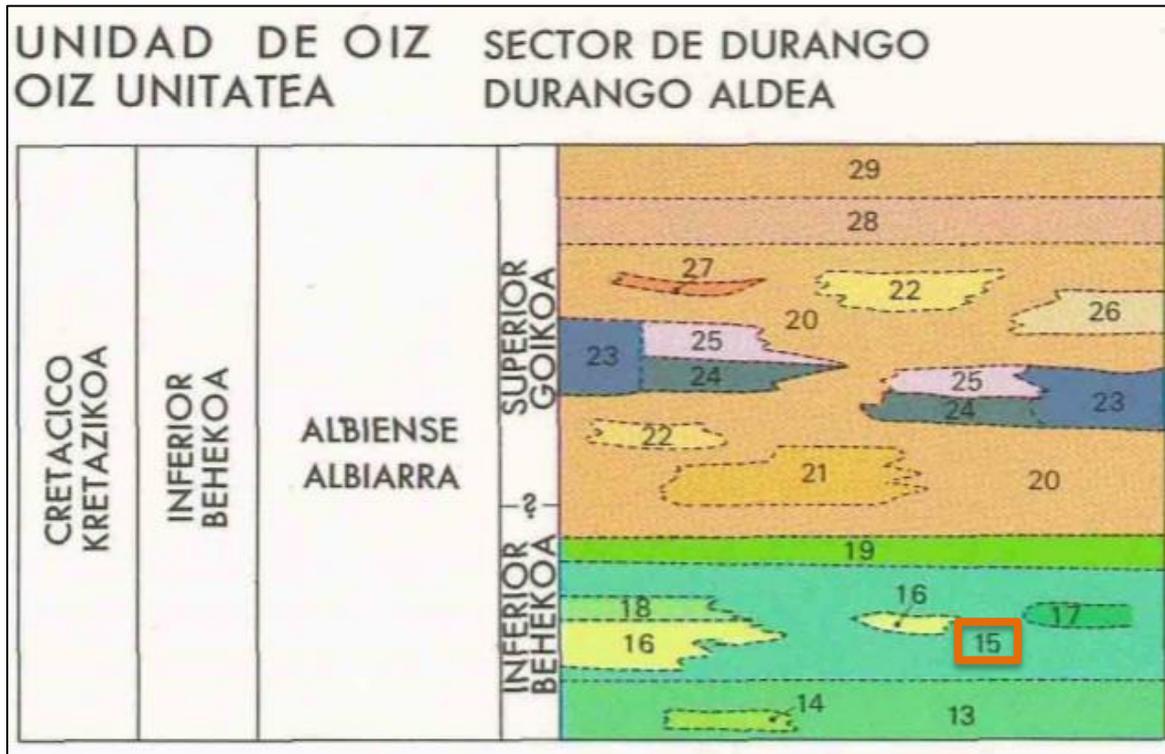


Ilustración 5. Unidad de Oiz sector de Durango. Fuente: EVE

En cuanto a la estratigrafía, el principal aflorante es del cretácico inferior, en concreto, del complejo urgoniano (Aptiense-Albiense). La unidad con una mayor representación, denominada con el número 15, corresponde con Margas y margocalizas (calcarenitas y parabrechas calcáreas).

La tectónica presente en la Unidad de Oiz sector de Durango, ubicación del presente Proyecto, no presenta ningún plegamiento o falla que pudiera afectar a la estructura, tal y como se representa en el mapa geológico anterior.

3. TRABAJOS PREVIOS

A través del BILBOKO UDAL ARTXIBOA – ARCHIVO MUNICIPAL DE BILBAO (BUA-AMB) se conoce que entre los años 2001 y 2003 se llevó a cabo la descontaminación de 1.800 m² de suelo del solar ocupado antiguamente por la Fábrica Municipal de Gas de Bilbao S.A. en la calle Quintana por parte de la UTE KIMAR – EGIMA.

Para ello se llevó a cabo la excavación selectiva, manipulación y movimiento de más de 8.000 m³ de tierras localizadas en diversas zonas concretas del emplazamiento, de las cuales 1.000 m³ se tomaron como residuos peligrosos y 7.000 m³ como residuos industriales inertes.

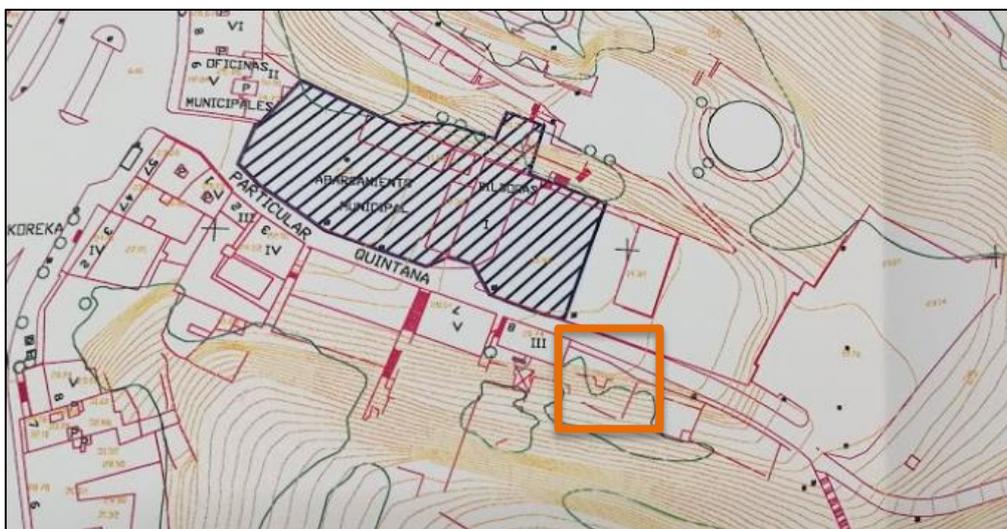


Ilustración 6. Área objeto de la descontaminación. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

Por otro lado, desde 1980, el Ayuntamiento ha realizado más de 200 sondeos de entre 0,4 y 20 metros de profundidad en el recinto del Parque Etxebarria y en el solar de la Plaza del Gas para determinar y comprobar el nivel de contaminación del suelo a lo largo de los años y de las distintas soluciones realizadas.

Estos sondeos ligeros o mecánicos sirvieron para analizar metales pesados, fenoles, hidrocarburos, disolventes, cianuros, etc, todos ellos actualmente eliminados. Señalar que según la documentación previa disponible, ninguno de los contaminantes se ha encontrado presente en los cimientos del presente Proyecto ya que el área no ha sido emplazamiento de ninguna actuación debido a su gran desnivel.

La promotora UTE Bami-Jaureguizar en conjunto con el Ayuntamiento de Bilbao, quien llevó a cabo la urbanización de la Plaza del gas entre los años 2003 y 2007, también tomó parte en los estudios geológicos y geotécnicos del emplazamiento, en concreto, donde se situará la cimentación de la obra proyectada.

Se proyectaron unos garajes que ocupan la totalidad de la superficie del solar, constan de una entreplanta situada a la cota 6,10 m y de tres plantas inferiores, 3,10 m, -0,10 m y -2,90 m, respectivamente. Se sitúan muy por debajo de las cotas alcanzadas por los suelos y rellenos, donde, según los estudios geotécnicos realizados, la roca aparece en la superficie afectada por la contaminación en alturas variables de 4,5 a 2 m sobre el estado actual, lo cual obligó a excavar en roca en toda la superficie de la zona afectada. Es necesario señalar que tanto el garaje como la edificación colindan con el presente Proyecto mediante un muro de sótano que alcanza 3,40 m bajo el nivel del mar.

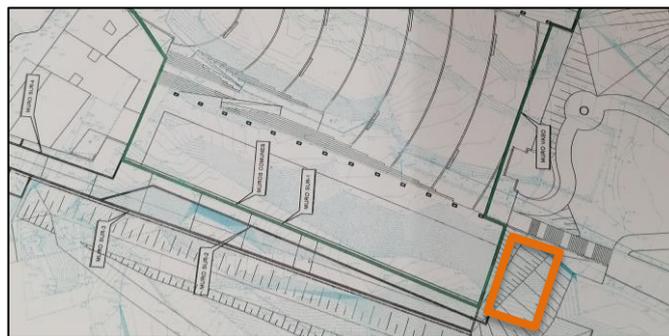


Ilustración 7. Muro colindante al Proyecto. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

Además, desde el año 2010 hasta el 2020, el ayuntamiento de Bilbao dio solución a los 53.000 m² contaminados de tierra que quedaron en el 60 % del Parque Etxebarria tras el cierre de la empresa Aceros Etxebarria, principalmente escorias de fundición. Se llevó a cabo depositando varios mantos de tierra vegetal (80%) y compost (20%) de entre 10 y 30 centímetros de grosor sobre el suelo original contaminado, aproximadamente 10.500 m³ de tierra.

Por otro lado, para la excavación y construcción del recorrido subterráneo de la Línea 3 a su paso por el Parque Etxebarria se han realizado numerosos estudios, como la declaración de calidad del suelo, por parte del Ayuntamiento de Bilbao. Esta línea ferroviaria discurre a escasos 40 metros del emplazamiento del Proyecto.

4. ESTRATIGRAFÍA

A través del BILBOKO UDAL ARTXIBOA – ARCHIVO MUNICIPAL DE BILBAO (BUA-AMB) se ha obtenido información de los siguientes estudios geológicos y geotécnicos realizados en los terrenos de Etxebarria.

El primero corresponde con el realizado por GIGSA (GEOTHEKNIKA, INGENIEROS Y GEÓLOGOS S.A.) entre febrero y marzo de 1989 en los terrenos del Parque Etxebarria y el segundo corresponde con el realizado por la UTE KIMAR – EGIMA entre los años 2001 y 2003 en los terrenos de la Plaza del Gas.

Ambos tenían como objeto determinar las características físico – mecánicas de los materiales que forman el subsuelo con el fin de descontaminar los terrenos y orientar el proyecto de urbanización de la Plaza del Gas.

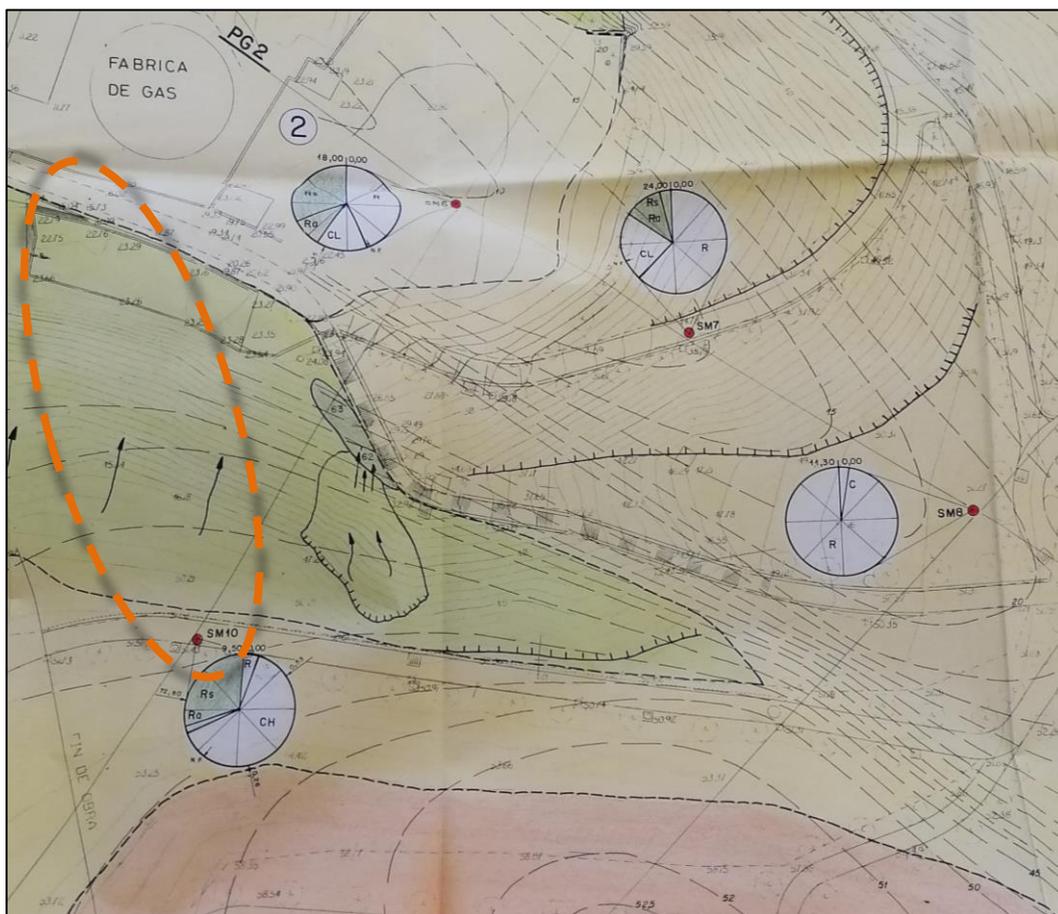


Ilustración 8. Sondeos GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

Según los trabajos realizados por **GIGSA** se obtuvieron los siguientes resultados.

- **Margas.** El sustrato rocoso de los terrenos de estudio está constituida por una sucesión margosa con variaciones en su contenido de carbonatos (se trata en sentido estricto de lutitas margosas). Forma parte de la unidad denominada “Margas de Bilbao” caracterizadas por su tono gris azulado (oscuro en fractura), por su disposición lajosa y apizarrada y por su desigual fisuración. El contenido arenoso y micáceo es pequeño, aunque en la base es mayor, con un color más pardo.



Ilustración 9. Afloramiento de la roca bajo la pasarela peatonal. Fuente: Autor

Dentro de la misma unidad también pueden aparecer margocalizas y argilitas calcáreas. Se observa que en los tramos menos calcáreos (tanto margosos como argilíticos) presentan mayor alteración y esquistosidad, disponiéndose de forma hojosa. La potencia de estas “cayuelas” rara vez supera el 0,5 m por banco. Los niveles margosos más calcáreos presentan frecuentemente fracturas concoideas y los de margocalizas y calizas margosas un aspecto noduloso y un color gris más claro. Con la alteración y la meteorización adoptan un color crema – amarillento. Como producto de esta intensa alteración se originan arcillas margosas y margas arcillosas ferruginosas, con cierta fracción limo – arenosa.

Estudios paleontológicos anteriores atribuyen a esta unidad de Margas Azules una edad Albiense – Aptiense (Cretácico Inferior) como se ha descrito en el marco geológico. Se distinguen los siguientes tramos.

- **Inferior.** Caracterizado por una sucesión menos calcárea en la que entre los niveles margosos existen otros finos de areniscas calcáreas. Aflora en el talud superior de las curvas de Zumalakarregi y es previsible su extensión por la mayor frente del sustrato de los terrenos del Parque Etxebarria.
- **Intermedio.** Con alternancia de niveles margosos, entre los que se disponen niveles más calcáreos (margocalizas o calizas margosas nodulosas). Aflora junto a las proximidades de Begoña.
- **Superior.** Formado por la alternancia de los niveles más calcáreos y algunos de tipo masivo. Aflora en una zona un tanto alejada de la que nos ocupa.

La diferenciación entre cada nivel es complicada debido a la falta de afloramientos.

- **Cuaternario aluvial.** Discordantes a las anteriores se sitúan los materiales aluviales, coluviales y de relleno antrópico. Los primeros corresponden a depósitos aluviales, con gravas, bolos y arenas en una matriz limo – arcillosa. Aportados fundamentalmente por la ría, pueden llegar a alcanzar potenciales de 10 a 12 metros.

Aunque no se dispongan de afloramientos naturales de estos materiales aluviales los datos de campañas anteriores indican que se disponen en una estrecha banda al pie de la ladera sur del Parque Etxebarria. También, un entrante o apéndice de la unidad que penetra por la Plaza Erkoreka hasta el final de la Plaza del Gas o calle Quintana.

Posteriores y simultáneos con estos depósitos aluviales se encuentran materiales coluviales, originados en las zonas próximas a las laderas de fuerte pendiente. Su reducida extensión no permite cartografiarlos, aunque los sondeos (como el SM6) prueban su existencia en la base del antiguo barranco de la Plaza del Gas.

- **Rellenos.** Inicialmente hubo diversos rellenos de escombrera de la Antigua Fábrica de Echevarría S.A., formados por escorias y cenizas de altos hornos, fragmentos de piezas metálicas, restos de productos refractarios y construcciones, etc.

Posteriormente, se realizaron vertidos de gravas de árido calizo y tierra vegetal con abundante contenido orgánico con el fin de acondicionar y suavizar la superficie del parque tras la demolición de la fábrica, tal y como se ha descrito en el apartado anterior.

A continuación, se presenta el mapa geológico de Bilbao señalando un relleno depositado bajo el campo de fútbol de Mallona. Este relleno no supone ningún riesgo para el Proyecto.



Ilustración 10. Mapa geológico. Relleno próximo al emplazamiento. Fuente: EVE

Según los estudios realizados la **UTE KIMAR - EGIMA** mediante sondeos ligeros, coincide con GIGSA en que la zona de actuación se compone fundamentalmente de margas grises azuladas que a veces con nódulos calizos irregulares o incluso piritosos, estratificadas en bancos decimétricos.

Con frecuencia la esquistosidad y la fracturación alteran la estratificación, que se manifiesta tan sólo por niveles de calizas nodulosas, areniscas o calcarenitas con ripples o parabrechas calcáreas con cantos hasta decimétricos en matriz margosa. Además, también coinciden en que en la base presentan margas de color más oscuro e intercalan niveles de areniscas calcáreas rojizas, con secuencias turbidíticas.



Ilustración 11. Sondeos UTE KIMAR - EGIMA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

La realización de la campaña de muestreo, además de posibilitar la toma de muestras, permitió identificar los diferentes materiales según la cota de situación:

- Nivel de hormigón y asfalto (presente en toda la superficie).
- Relleno heterogéneo constituido por limos, arenas, gravas, etc.
- Limos marrones que constituyen la zona de alteración del sustrato rocoso infrayacente.
- Margas grises azuladas.

Se constató la presencia de rellenos a nivel superficial con un espesor en algunos casos superior a los 4 metros que, como se ha indicado en el apartado anterior, fueron eliminados en el año 2003. Además, consideraron muy improbable la afección por la contaminación de la roca sana tan impermeable como la del emplazamiento.

Se ha consultado, por otra parte, el “Inventario de Lugares de Interés Geológico” disponible en el portal de GeoEuskadi, así como el “Inventario de puntos geológicos del Instituto Geológico y Minero Español, IGME” resultando en que el emplazamiento no corresponde con dichas características. Además, según el mismo portal, el terreno se ha catalogado como suelo urbano consolidado en la zona baja, donde se ubicará el ascensor y como espacio libre la zona alta, donde se apoyará la pasarela peatonal.

5. HIDROGEOLOGÍA

La ciudad de Bilbao, dada la naturaleza de sus materiales, presenta en general una permeabilidad baja por fisuración, y sólo en algunos puntos aislados presenta zonas más calizas o areniscosas, que pueden dar lugar a algún manatíal de escaso interés ya que al encontrarse dentro de materiales menos permeables no dan lugar a que se conecten entre ellas y den algún tipo de acuífero.

La zona del presente Proyecto se emplaza en el dominio hidrogeológico Anticlinorio Sur, en la Cuenca del Bajo Nervión cuyo estuario queda representado por la ría de Bilbao, de cuyo cauce se ubica a más de 100 metros de distancia y cuya influencia mareal no afecta teniendo en cuenta la diferencia de cotas entre el cauce y el emplazamiento a tratar.



Ilustración 12. Dominio Hidrogeológico Anticlinorio Sur. Fuente: EVE

Desde el punto de vista hidrogeológico se pueden diferenciar cuatro tipos de materiales, que se describen a continuación.

- **Margas.** Se trata de rocas de permeabilidad baja a muy baja dada la abundancia de niveles lutíticos y margosos. Por lo tanto, la infiltración en dichos materiales será reducida y la circulación de aguas subterráneas escasa, salvo en los casos de fracturación y esquistosidad intensas, donde la permeabilidad adoptará valores mayores.
- **Arcillas de alteración de las margas.** Estas arcillas originadas por la descalcificación y/o alteración del lecho rocoso son impermeables y, aun conteniendo el agua, ralentizan al máximo el paso de ésta. Este comportamiento es el causante de la aparición de pequeños “abarrancamientos” en algunas laderas del parque.
- **Rellenos.** Estos depósitos son muy porosos y permeables, lo que va a provocar una rápida infiltración y una posterior subesorrentía. Esta circulación subterránea va a desarrollarse por la zona de límite entre rellenos y lecho rocoso.
- **Depósitos aluviales.** Situados en plena llanura de inundación, corresponden a limos y arcillas con gravas, donde la permeabilidad del depósito dependerá de la proporción entre los anteriores.

En los estudios realizados por la UTE KIMAR – EGIMA entre 2001 y 2003 en la Plaza del Gas, se puso de manifiesto la presencia de un acuífero de escasa entidad y con valores de permeabilidad muy bajos, ligado al sustrato rocoso, así como la presencia de un nivel subsuperficial ligado a los rellenos existentes en el emplazamiento. La dirección del flujo del agua subterránea presenta una dirección y sentido hacia el oeste, hacia la ría de Bilbao.

Junto con los sondeos, se realizaron estudios hidrogeológicos. Se realizaron siete pozos de control de 30 metros de profundidad en el área del Parque Etxebarria. De esta forma, el Ayuntamiento posee los datos resultantes de los ensayos de permeabilidad y caracterización de las aguas subterráneas en el parque.

6. GEOTECNIA

GIGSA (GEOHEKNIKA, INGENIEROS Y GEÓLOGOS S.A.) realizó un total de 17 sondeos mecánicos por el sistema de rotación con obtención de testigo continuo entre febrero y marzo de 1989. De los 17 sondeos realizados, se han tomado los más próximos al emplazamiento del Proyecto, estos son, SM6, SM7, SM8 y SM10.

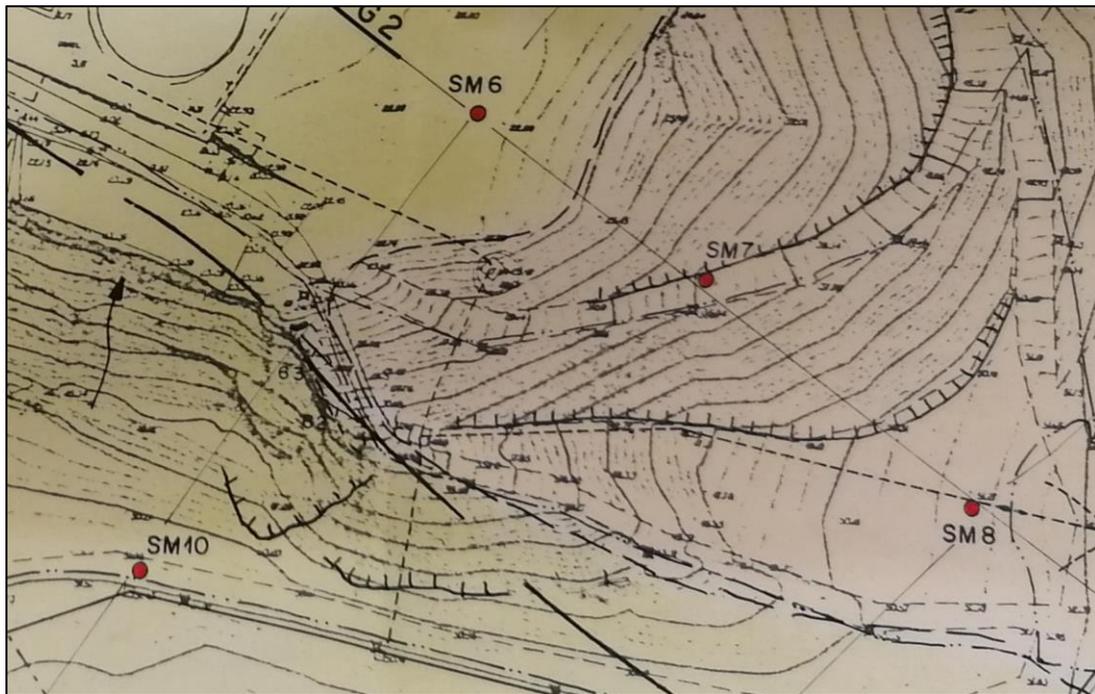


Ilustración 13. Sondeos GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

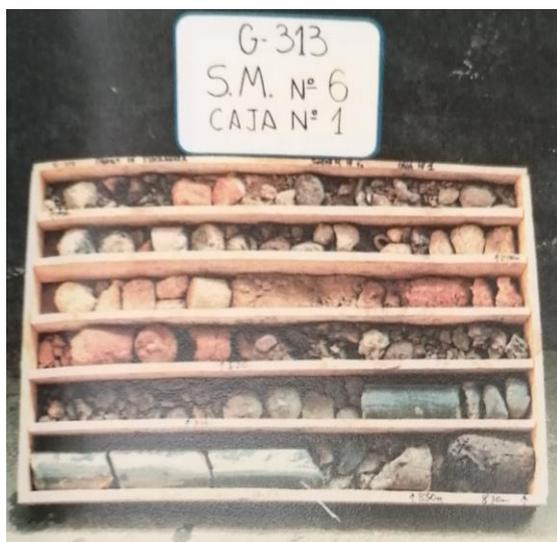
Las profundidades alcanzadas de los cuatro sondeos que se muestran en la ilustración son las presentes en la siguiente tabla.

SONDEO	LONGITUD (m)
SM6	18,00
SM7	24,00
SM8	11,30
SM10	9,50

Tabla 1. Sondeos y longitudes. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

A continuación, se muestran las fotos realizadas a los testigos y las fichas de corte de cada uno de los sondeos definidos previamente.

Sondeo SM 6 - Caja 1



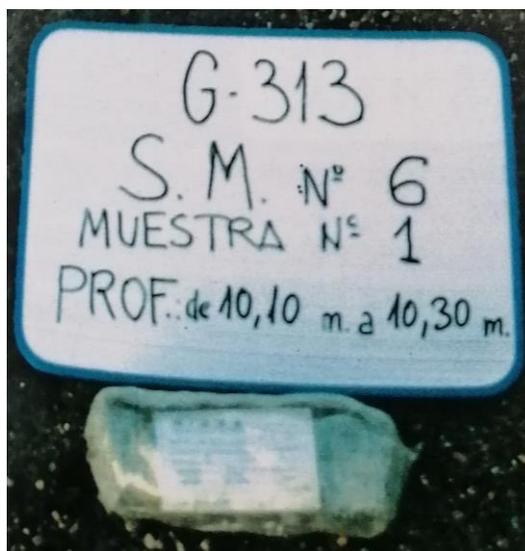
Sondeo SM 6 - Caja 2



Sondeo SM 6 - Caja 3



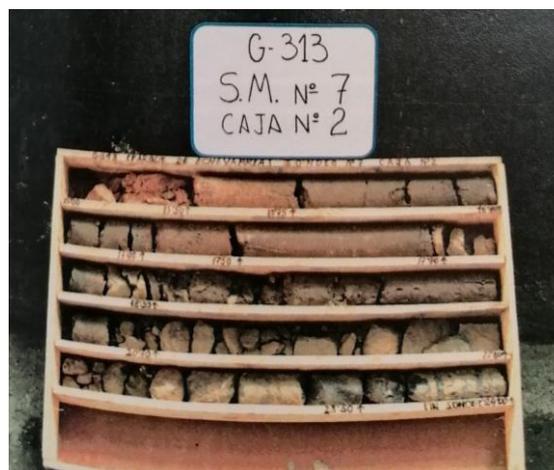
Sondeo SM 6 - Muestra M1 (arcillas)



Sondeo SM 7 - Caja 1



Sondeo SM 7 - Caja 2



Sondeo SM 8 - Caja 1



Sondeo SM 10 - Caja 1



Sondeo SM 10 - Caja 2



Ilustración 14. Testigos GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

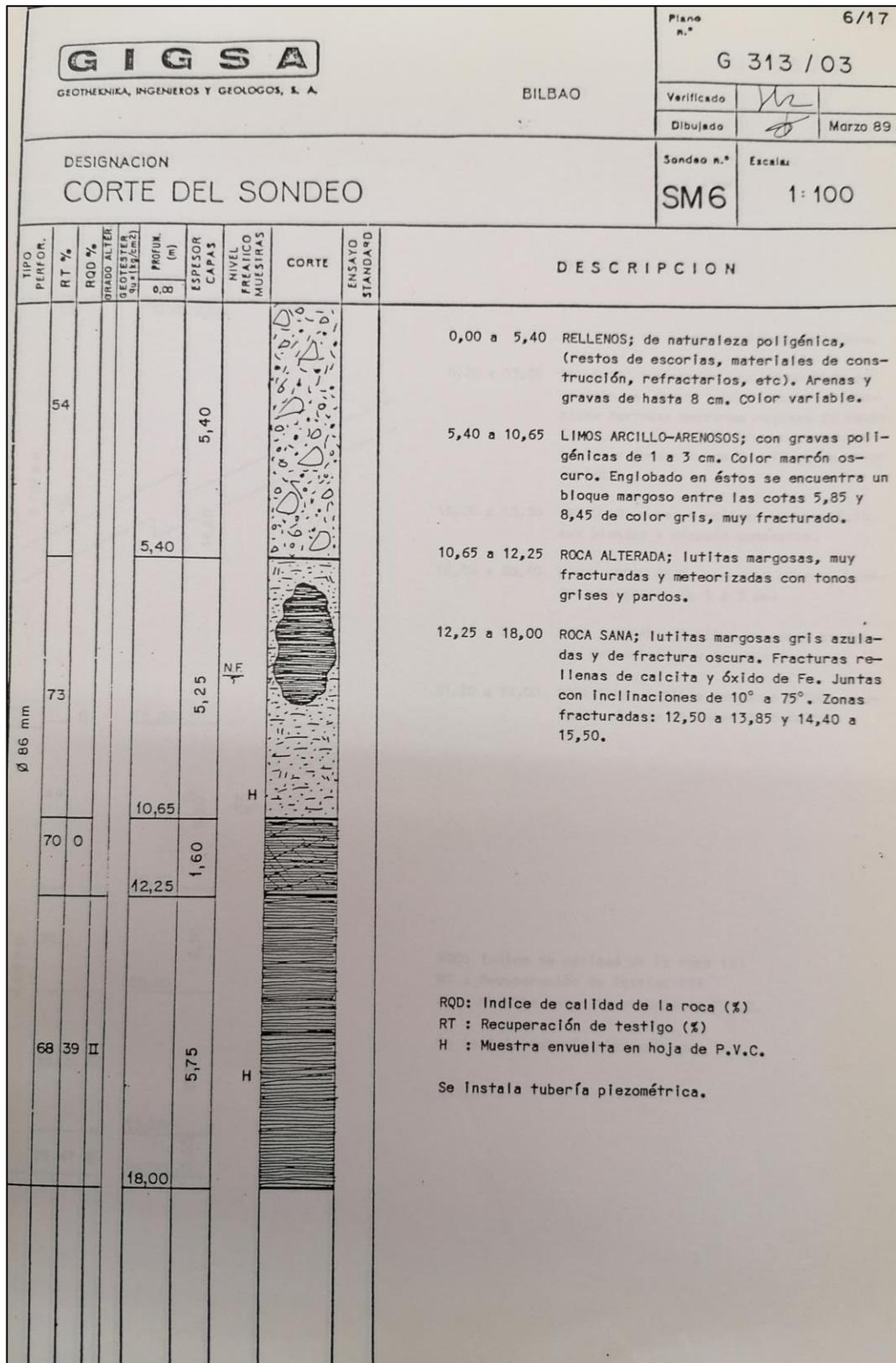


Ilustración 15. Corte del sondeo SM6 GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

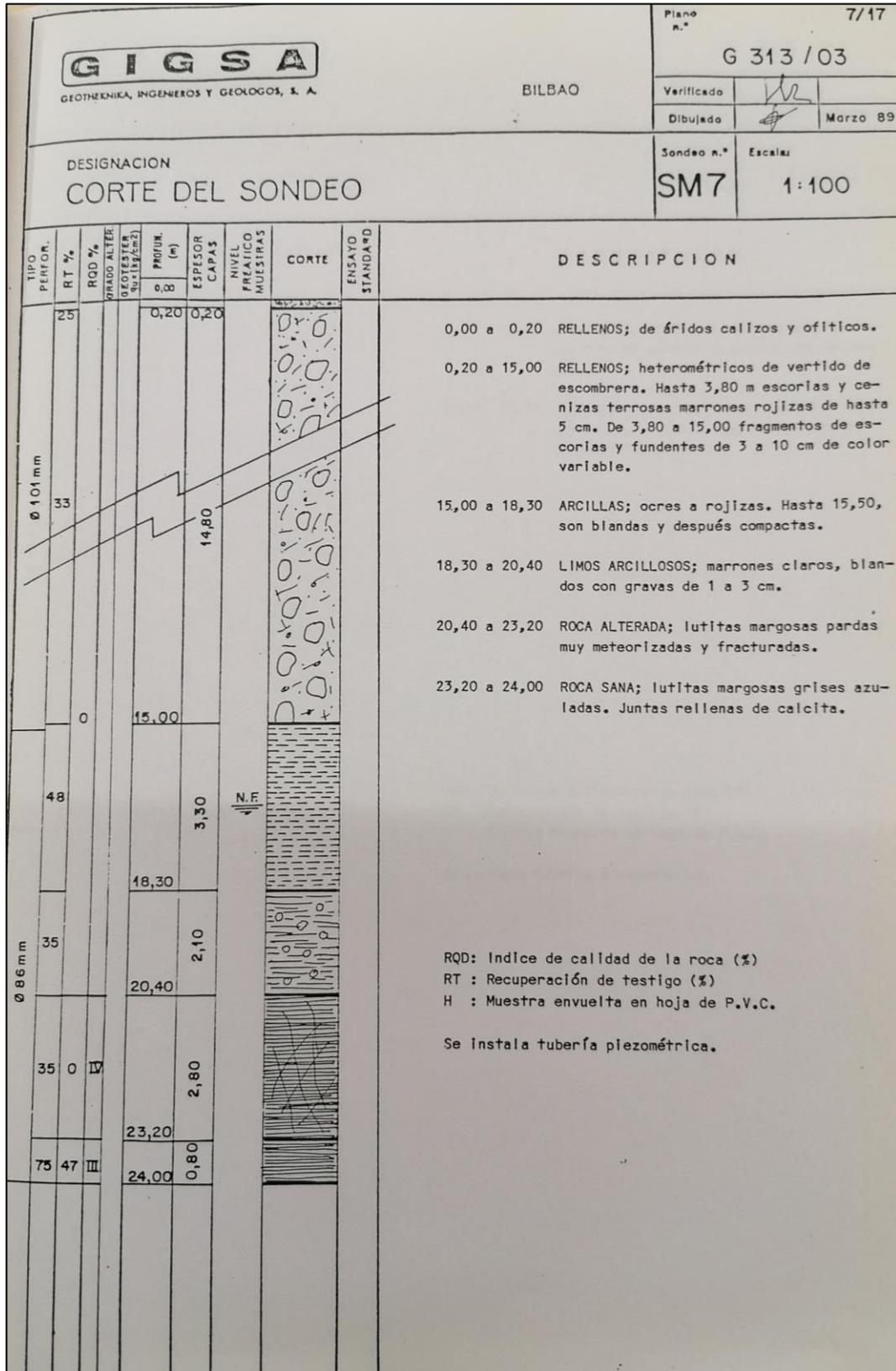


Ilustración 16. Corte del sondeo SM7 GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao



GIGSA GEOTÉCNICA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.										BILBAO		Plano n.º 8/17 G 313 /03	
DESIGNACION CORTE DEL SONDEO										Sondeo n.º SM 8		Escala: 1:100	
TIPO PERFOR.	RT %	ROD %	GRADO ALTER (GEOSTER ESTABILIZADA)	PROFUND (m)	ESPESOR CAPAS	NIVEL FREÁTICO MUESTRAS	CORTE	ENSAYO STANDARD	DESCRIPCION				
Ø 101 mm	86			0,35	0,35				0,00 a 0,35 COBERTERA VEGETAL; tierra vegetal arenosa rica en materia orgánica. Marrón oscura.				
	34								0,35 a 11,30 RELLENOS; heterométricos (escorias siderúrgicas, refractarios, materiales de construcción, etc).				
				11,30					RQD: Índice de calidad de la roca (%) RT : Recuperación de testigo (%) H : Muestra envuelta en hoja de P.V.C. Se instala tubería piezométrica.				

Ilustración 17. Corte del sondeo SM8 GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

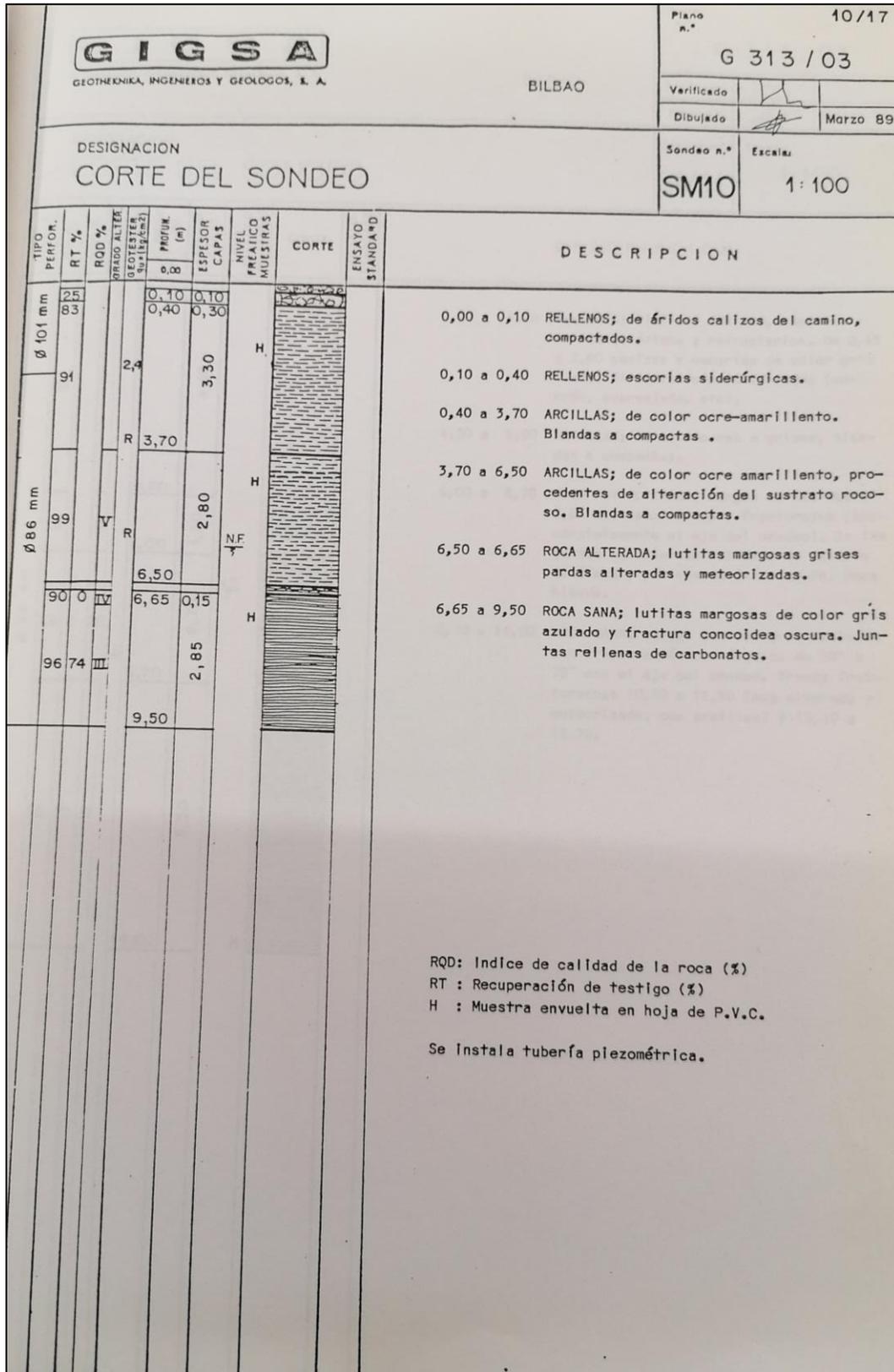


Ilustración 18. Corte del sondeo SM10 GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

Los ensayos de laboratorio han concluido con los siguientes resultados.

GIGSA		G 313/04									
GEOTEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.		BILBAO									
DESIGNACION		ENSAYOS DE LABORATORIO									
SONDEO Nº	SM4	SM5	SM5	SM5	SM6	SM9	SM10	SM10	SM10	SM11	SM12
MUESTRA Nº	M4	M1	M2	M3	M1	M1	M1	M2	M3	M1	M1
Profundidad m	9,80 a	5,20 a	8,00 a	11,22 a	10,10 a	28,55 a	1,30 a	4,35 a	7,15 a	13,72 a	2,00 a
U.S.C.S.		CH	CH		CL		MH	MH			CL
W %		36,97	32,24		18,44		39,32	50,16			21,92
γ (t/m ³)											
γ_d (t/m ³)		1,371	1,561		1,776	2,749	1,289	1,345	2,723		1,813
γ_s (t/m ³)											
W _L (%)		58,990	59,613		40,600		60,002	53,445			46,470
W _p (%)		30,735	26,223		19,545		32,721	32,383			23,765
I _p (%)		28,255	33,390		21,056		27,281	21,062			22,706
pasa T-200 (%)											
retenido T-4 (%)											
C _c											
CO ₂ (%)	31,14			42,20		25,11			33,07	40,65	
Material	R	A	A	R	L = Limos	R	A	A	R	R	A
q _u (kg/cm ²) suelos		0,77	0,54		0,35		0,53	0,26			1,68
e %		7,4	20,0		20,0		13,0	6,0			10,1
c (kg/cm ²)											
φ (°)											
PROCTOR											
H. ópt. (%)											
γ_{max} (t/m ³)											
% SO ₄											
q _u (kg/cm ²) rocas	54,6			122,1		249,5			72,8	145,5	
W _c (kg/cm ²) rocas											
%/ SO ₄											

Ilustración 19. Ensayos de laboratorio GIGSA. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

Con la información obtenida de la observación de los testigos junto con los datos de los ensayos de laboratorio, las características geotécnicas de los sondeos fueron las siguientes.

- **Pesos específicos y humedades.** Los pesos específicos secos (γ_d) obtenidos varían entre 1,289 y 1,813 t/m³. El contenido natural de humedad (W) varía de 18,44 a 50,16 %. Los resultados por cada sondeo han sido los siguientes.

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDADES NATURALES (%)	DENSIDADES SECAS (g/cm ³)
SM6	10,10 - 10,30	18,44	1,776
SM10	1,30 - 1,50	39,32	1,289
SM10	4,35 - 4,65	50,16	1,345

Tabla 2. Pesos específicos y humedades. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

- **Límites de Atterberg.** El límite líquido (WL) varía entre el 33,967 y el 65,292 %, el límite plástico (Wp) entre el 19,027 y el 32,721% y el índice de plasticidad (Ip) entre el 14,941 y el 34,293 %. Por lo tanto, los suelos ensayados corresponden mayoritariamente a arcillas inorgánicas limosas de plasticidad baja a media.
- **Resistencia a compresión simple.** La resistencia a compresión simple en suelos tiene los siguientes valores.

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	q_u (Kg/cm ²)	(%)	CONSISTENCIA
SM6	10,10 - 10,30	0,35	20	Blanda
SM10	1,30 - 1,50	0,53	13	Mediana
SM10	4,35 - 4,65	0,26	6	Blanda

Tabla 3. Resistencia a compresión simple en suelos. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

Para el sondeo SM10, la resistencia a compresión simple en suelos es superior a 0,734 Kg/cm² cuando se encuentra a más de 4,1 metros de profundidad y la resistencia a compresión simple en rocas a una profundidad de entre 7,15 y 7,50 metros es de 72,8 Kg/cm².

- **Carbonatos en rocas.** El contenido en CO₃Ca para el sondeo SM10 fue del 33,07 % en peso, lo que permite clasificar las rocas como lutitas margosas a margas.

- **Índice RQD.** En los materiales rocosos se determinó el índice de calidad de la roca RQD. Los valores obtenidos en la roca sana (margas) son los siguientes.

SONDEO	PROFUNDIDAD (m)	RECUPERACIÓN (%)	ÍNDICE RQD (%)	CALIDAD
SM6	12,25 – 18,00	68	39	Mala
SM7	23,20 – 24,00	75	47	Mala
SM10	6,65 – 9,50	96	70	Mediana

Tabla 4. Índice RQD. Fuente: BUA-AMB. Fondo Ayto. de Bilbao

Sin tener en cuenta la zona de transición (roca muy alterada y/o muy fracturada), el RQD varía de 39 a 70 % siendo la media 54,5 %, que se trata de una calidad mediana.

- **Grado de meteorización.** Se han clasificado los materiales rocosos extraídos en los sondeos según la escala de meteorización definida para la caracterización geomecánica de un macizo rocoso. La escala de meteorización corresponde con sana (IA), poco meteorizada (IB), algo meteorizada (II), bastante meteorizada (III), muy meteorizada (IV), completamente meteorizada (V) y suelo residual (VI).
- **Nivel freático.** Con objeto de determinar la existencia y posibles fluctuaciones del nivel freático GIGSA instaló tubos piezométricos ranurados en todos los sondeos. Además, comprobó la existencia de agua subterránea. En el caso del sondeo SM6, el más cercano al emplazamiento de la cimentación de la estructura vertical del ascensor, el nivel freático se encuentra entre los 6 y 7 metros de profundidad.
- **Características geotécnicas.** El perfil geotécnico – tipo puede esquematizarse de la forma siguiente (de arriba a abajo).
 - **Cobertera vegetal.** Sin interés geotécnico debido a su escaso espesor.
 - **Rellenos heterogéneos.** Materiales puestos en obra, espesor entre 0 y 23 m.
 - **Arcillas.** Muy blandas a compactas, inorgánicas de plasticidad baja a media, con cierta fracción limo – arenosa. Su espesor oscila de 0 a 5,5 metros.
 - **Roca alterada.** Lutitas margosas a margas. Espesor entre 0 y 2,5 metros.
 - **Roca sana.** Lutitas margosas o margas con resistencias bajas a medias.

7. CONCLUSIONES

Teniendo en consideración las características del suelo, en cuanto a la cimentación, se ha optado por realizar una cimentación profunda bajo la estructura vertical del ascensor y una superficial bajo los apoyos intermedios y el extremo de la pasarela peatonal.

La cimentación profunda se realizará mediante pilotes, serán del tipo “in situ” de extracción con entubación recuperable sobre la roca sana definida como lutitas margosas o margas a partir de los 7 metros de profundidad. Además, se tendrá en cuenta que el nivel freático se encuentra a 6 -7 metros de profundidad.

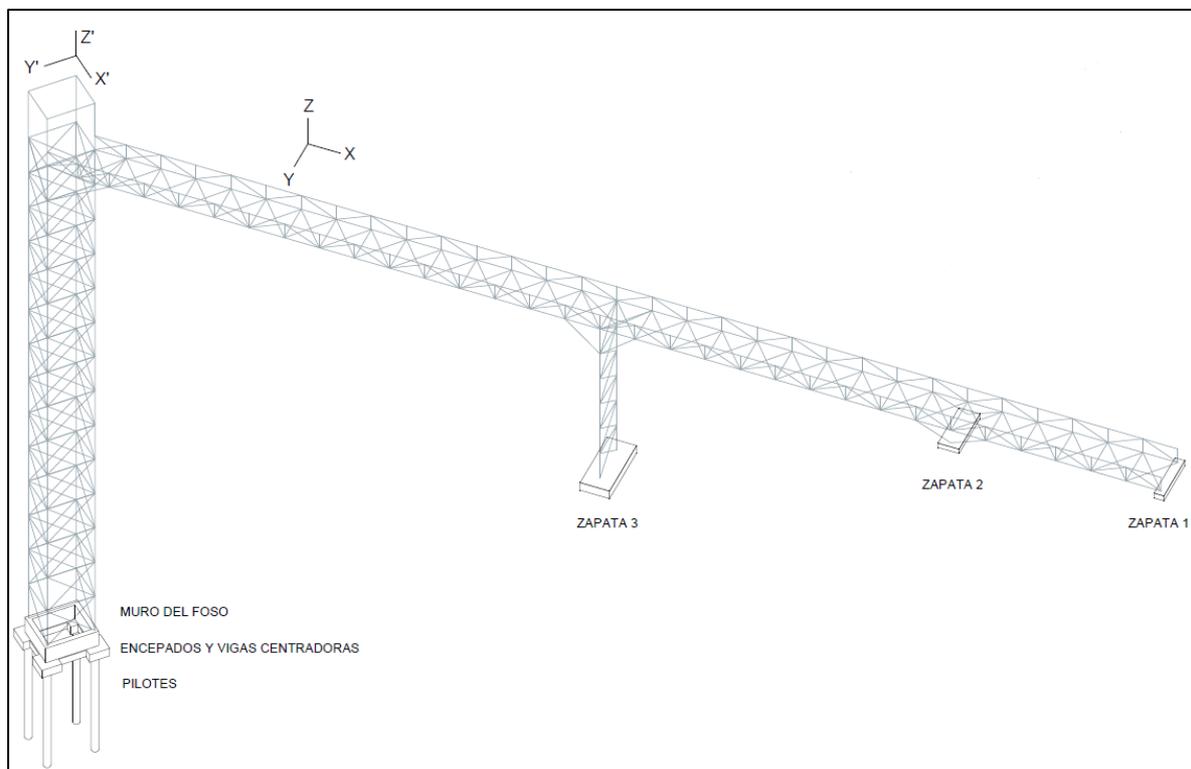


Ilustración 20. Disposición de la cimentación. Fuente: Autor

En relación con la excavación del emplazamiento y según los resultados anteriormente descritos, se considera que los suelos no serán difíciles de excavar por medios mecánicos convencionales.

8. SISMICIDAD

El País Vasco es considerado como una zona de actividad sísmica baja, ya que a lo largo de la historia los fenómenos sísmicos no indican terremotos de especial intensidad.

A continuación, según la información sísmica proveniente de la base de datos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) actualizada en el año 2015, se presentan todos los epicentros sucedidos y registrados desde el año 1048 hasta la actualidad en función de su magnitud y rango de profundidades.

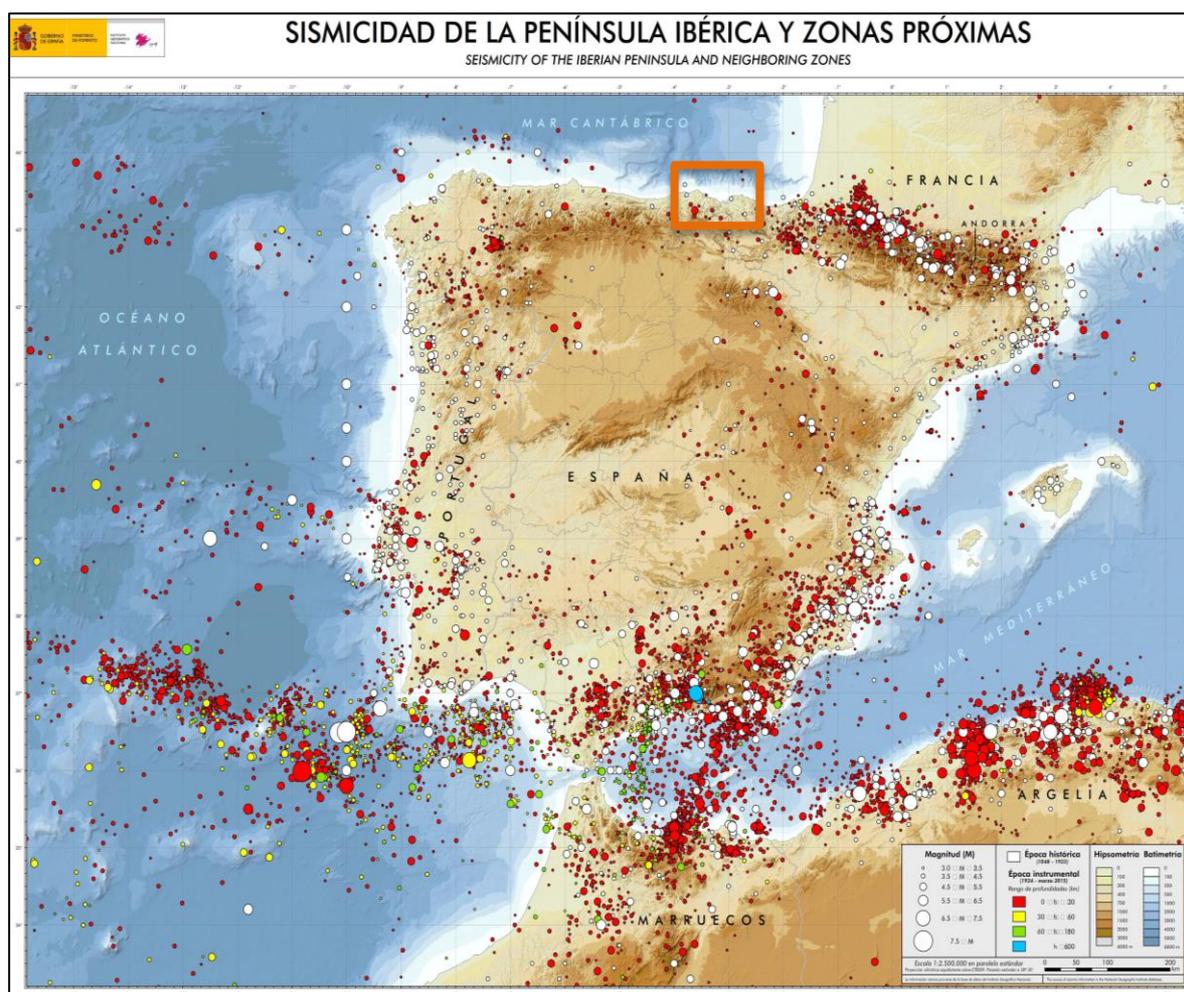


Ilustración 21. Sismicidad de la península. Fuente: Instituto Geográfico Nacional

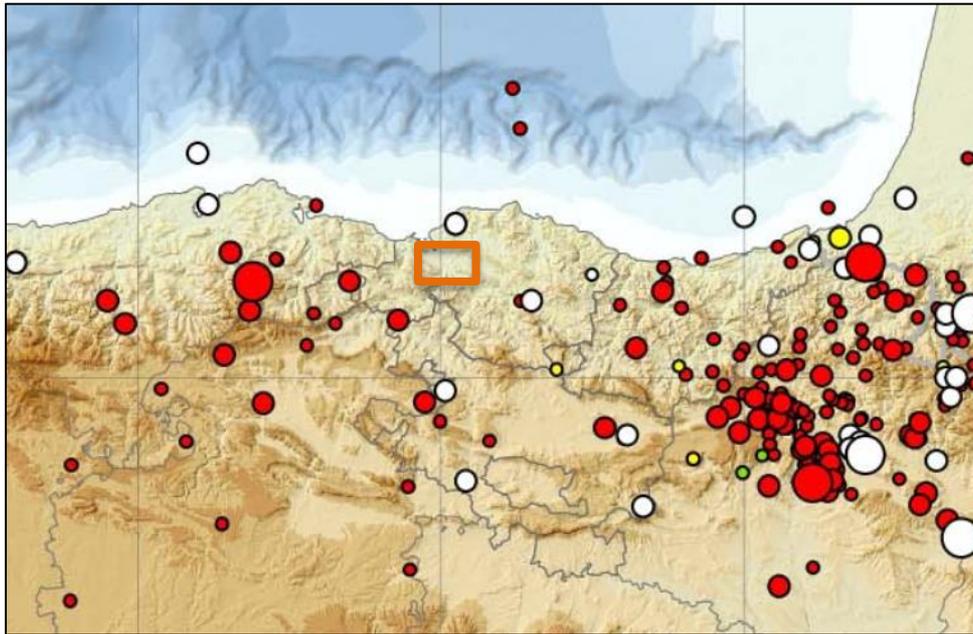


Ilustración 22. Sismicidad del País Vasco. Fuente: Instituto Geográfico Nacional

De acuerdo con el siguiente mapa, el Proyecto, clasificado como una edificación de importancia normal, se localiza en una zona con una aceleración sísmica inferior a 0,04g, por lo que no será necesario considerar las acciones sísmicas sobre la estructura.

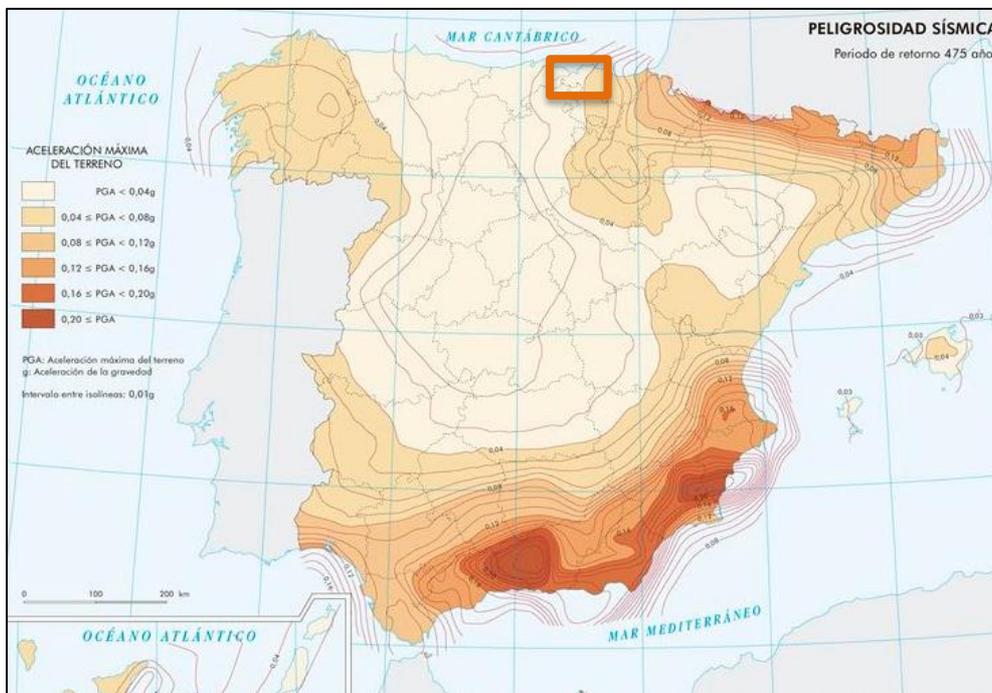


Ilustración 23. Peligrosidad sísmica. Fuente: Instituto Geográfico Nacional

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 4. CLIMATOLOGÍA, HIDROLOGÍA Y DRENAJE

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. CLIMATOLOGÍA	4
2.1. TEMPERATURA	5
2.2. PRECIPITACIONES	7
2.3. VIENTO.....	9
3. HIDROLOGÍA.....	10
3.1. MÉTODO RACIONAL.....	11
4. DRENAJE.....	20
4.1. SOLUCIÓN ADOPTADA.....	22

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Clasificación de territorios climáticos. Fuente: Euskalmet	4
Ilustración 2. Temperatura media anual. Fuente: EVE.....	5
Ilustración 3. Temperaturas medias mensuales. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet	6
Ilustración 4. Precipitación media anual. Fuente: EVE.....	7
Ilustración 5. Precipitación acumulada. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet.....	8
Ilustración 6. Parámetros del viento. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet	9
Ilustración 7. Fórmula general de cálculo. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial.....	11
Ilustración 8. Caudal de proyecto. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial.....	12
Ilustración 9. Inundabilidad de la CAPV. Fuente: GeoEuskadi	12
Ilustración 10. Intensidad de precipitación. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial	13
Ilustración 11. Intensidad de precipitación corregida. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial ...	13
Ilustración 12. Plano director. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España peninsular	14
Ilustración 13. Hoja 3-1. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España peninsular.....	14
Ilustración 14. Factor reductor. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial	16
Ilustración 15. Factor del índice de torrencialidad. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial.....	16
Ilustración 16. Factor reductor. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial	17
Ilustración 17. Tiempo de concentración. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial	17
Ilustración 18. Coeficiente de uniformidad. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial.....	19
Ilustración 19. Caudal de referencia. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial	19
Ilustración 20. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas. Fuente: CTE DB-HS 5	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores térmicos de Bilbao. Fuente: AEMET	6
Tabla 2. Parámetros climáticos de Bilbao. Fuente: AEMET.....	8
Tabla 3. Cuantriles. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España peninsular.....	15
Tabla 4. Intensidad Pluviométrica i (mm/h). Fuente: CTE DB-HS 5	20
Tabla 5. Diámetro del canalón. Fuente: CTE DB-HS 5.....	21
Tabla 6. Diámetro de las bajantes. Fuente: CTE DB-HS 5.....	22

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presentan las condiciones climatológicas, meteorológicas e hidrológicas del emplazamiento del Proyecto. Además, se calcularán y dimensionarán las obras de drenaje necesarias para evacuar las aguas. Dichas características serán necesarias y útiles tanto para la elaboración del Proyecto de ejecución de la obra como para la ejecución de la obra.

2. CLIMATOLOGÍA

Según la Agencia Vasca de Meteorología (Euskalmet), el País Vasco está dividido climatológicamente en tres zonas claramente diferenciadas; la vertiente atlántica al norte, la zona media en el centro y el extremo sur en la depresión del Ebro. El emplazamiento del Proyecto se sitúa en la vertiente atlántica como se indica a continuación.



Ilustración 1. Clasificación de territorios climáticos. Fuente: Euskalmet

La vertiente atlántica comprende principalmente las provincias de Bizkaia y Gipuzkoa. Presenta un clima mesotérmico, moderado en cuanto a las temperaturas y muy lluvioso. Se denomina clima templado húmedo sin estación seca o clima atlántico, ya que el océano Atlántico ejerce gran influencia al suavizar las oscilaciones térmicas en contacto con el mismo.

2.1. TEMPERATURA

La ciudad de Bilbao posee un clima oceánico húmedo, con predominio de vientos del oeste, que suavizan las temperaturas y favorecen un tiempo templado durante todo el año, esto es, una temperatura media anual de 14,7°C. Debido a la proximidad con el mar los contrastes térmicos no se encuentran muy marcados entre estaciones.

Las temperaturas máximas en los meses de verano varían entre los 25 y 26°C, mientras que las temperaturas mínimas de invierno lo hacen entre los 5 y 6°C. Es de señalar que el mes que registra mayores temperaturas año a año es agosto mientras que el mes más frío es el de enero.

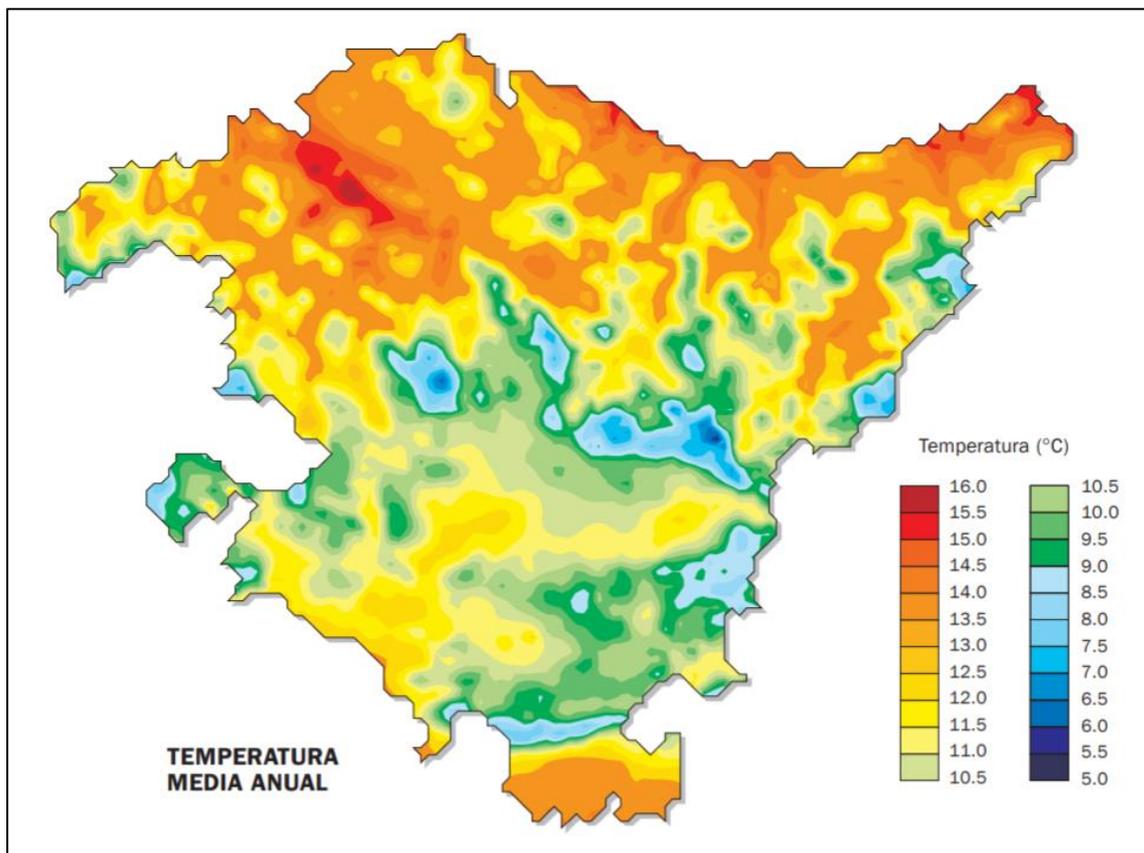


Ilustración 2. Temperatura media anual. Fuente: EVE

Según los datos obtenidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), la estación más próxima al emplazamiento es la del Aeropuerto de Bilbao, a 4,76 km de distancia y a una altitud de 42 m sobre el nivel del mar.

A continuación, se muestran los resultados de dicha estación entre los años 1981 y 2020 más característicos anuales de temperatura que definen la climatología del emplazamiento.

TEMPERATURAS	ANUAL
Temperatura máxima absoluta (°C)	42
Temperatura máxima media (°C)	19,5
Temperatura media anual (°C)	14,7
Temperatura mínima media (°C)	9,9
Temperatura mínima absoluta (°C)	-8,6

Tabla 1. Valores térmicos de Bilbao. Fuente: AEMET

Además, los resultados recogidos por la Agencia Vasca de Meteorología (Euskalmet) en el año 2020 y los resultados ofrecidos por la estación meteorológica de Deusto, a 3 metros de altitud y a 3,42km de distancia, siendo la más próxima al emplazamiento, se recogen en el siguiente gráfico.

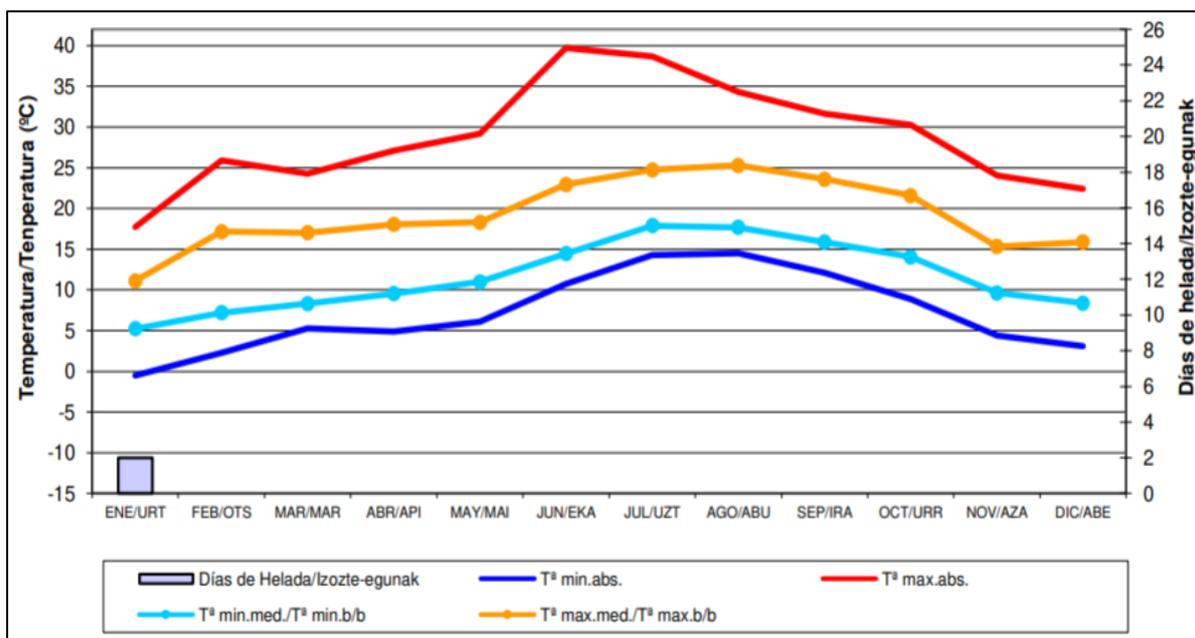


Ilustración 3. Temperaturas medias mensuales. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet

2.2. PRECIPITACIONES

Las precipitaciones en la comunidad autónoma son abundantes, esto es debido principalmente a la latitud, la dinámica atmosférica y la orografía del entorno. La orientación oeste-este de las sierras, el hecho de que las montañas vascas sean más bajas que la Cordillera Cantábrica al oeste y las de los Pirineos al este y el efecto de succión de aire producido por la región ciclogénica del Mediterráneo occidental, genera con frecuencia el giro del flujo hacia la cuenca mediterránea, a través de todo el País Vasco.

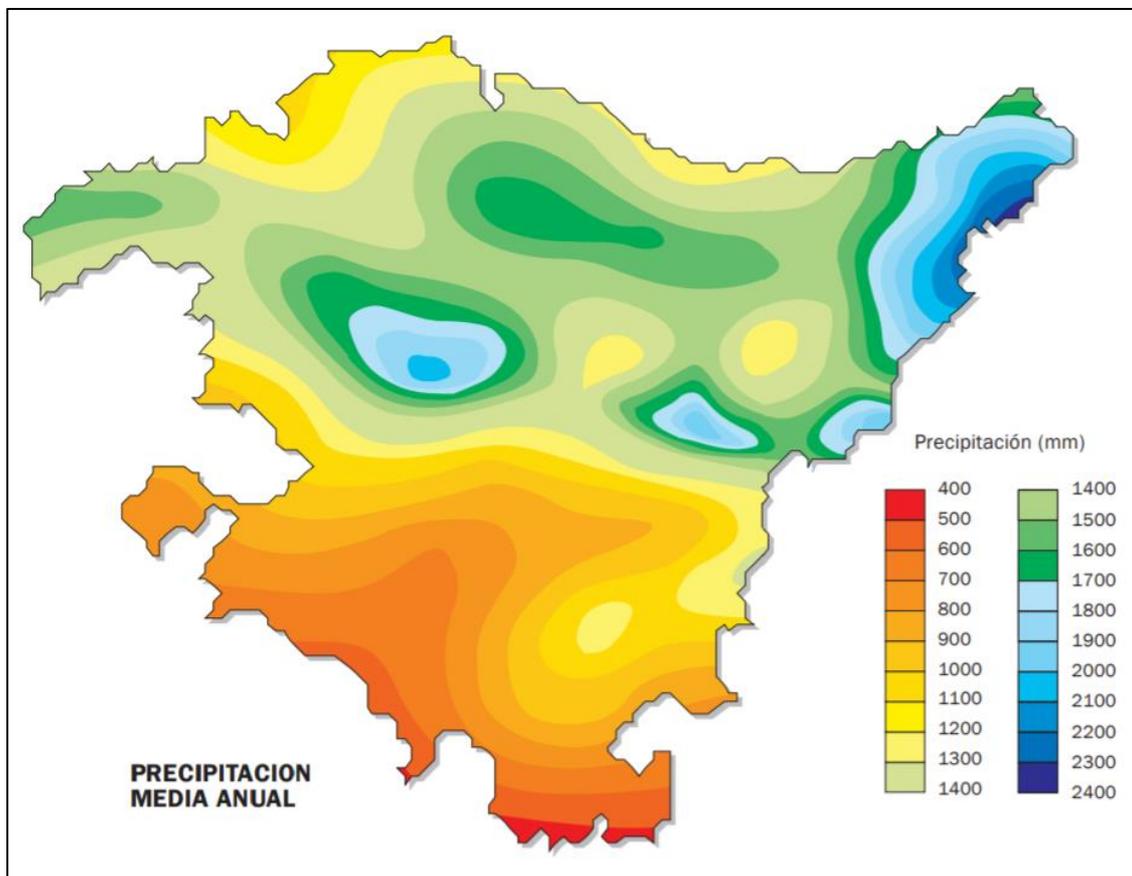


Ilustración 4. Precipitación media anual. Fuente: EVE

La precipitación media anual es de 1.133,5 mm y las lluvias están repartidas durante todo el año, por lo que no se observa una estación seca estival definida. Los meses más lluviosos corresponden al periodo entre octubre y abril, destacando noviembre como el más lluvioso, como recogió la estación de Deusto en 2020 para Euskalmet.

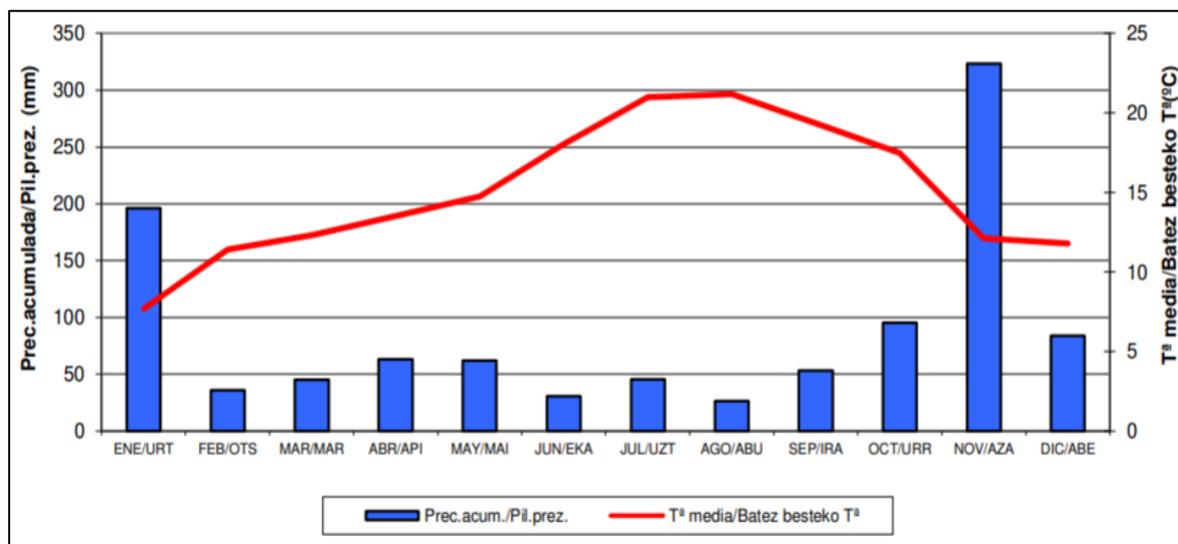


Ilustración 5. Precipitación acumulada. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet

Según los datos obtenidos por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) a través de la estación del Aeropuerto de Bilbao entre los años 1981 y 2020, los datos más característicos anuales de precipitaciones que definen la climatología de la localización del Proyecto son los siguientes.

PRECIPITACIONES	ANUAL
Precipitación media anual (mm)	1.133,5
Humedad media relativa (%)	70
Días de precipitaciones (≥1 mm)	124,0
Días de nieve	2,2
Días de tormenta	23,7
Días de niebla	21,5
Días de helada	9,6
Días despejados	33,6
Horas de sol	1.610

Tabla 2. Parámetros climáticos de Bilbao. Fuente: AEMET

En total, las precipitaciones suponen de media 124 días al año, lo que equivale a uno de cada tres días del año. Generalmente se producen en forma de chubascos o xirimiri. Las nevadas no son frecuentes en la ciudad, las heladas suponen menos de 10 días al año y los días despejados solo alcanzan los 33 días.

2.3. VIENTO

El clima de la región es en gran parte debido a los vientos generales que le afectan. Los vientos del cuadrante NW-N-NE y el estancamiento contra los cerros y valles, son los causantes de las lluvias cuantiosas, persistentes y frecuentes en la zona. Según la estación de Deusto en 2020, la velocidad media del viento fue de 11,8 km/h, predominan los vientos flojos y la velocidad de racha máxima alcanzó los 103,0 km/h.

El viento sur es la dirección dominante, como se muestra en el gráfico siguiente, se puede manifestar en cualquier mes, preferentemente en octubre y noviembre.

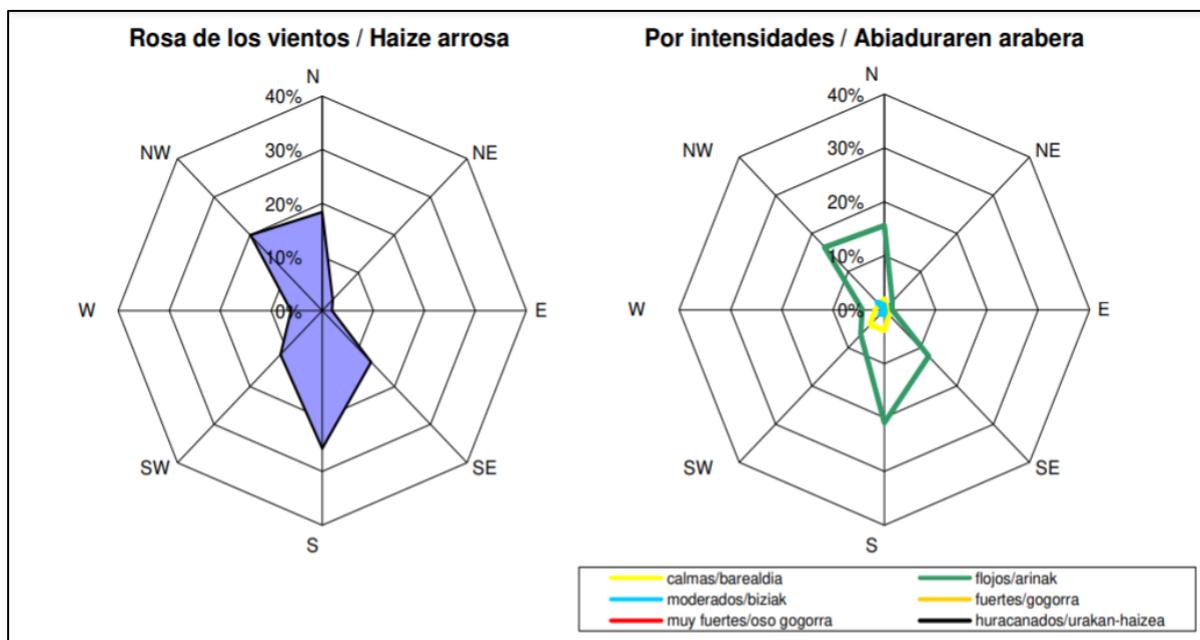


Ilustración 6. Parámetros del viento. Estación de Deusto (2020). Fuente: Euskalmet

El viento sur, con sus altos efectos de calentamiento, desecación y aumento de la transparencia de la atmósfera, es un elemento climático muy típico de la vertiente norte del País Vasco. Se desencadena cuando en los mapas de presión existe una baja al oeste y una alta el este. El trazo de las isobaras es meridiano, perpendicular a las alineaciones montañosas. En los niveles bajos el aire del sur tiende a colarse con más fuerza sobre el País Vasco que forma orográficamente un paso entre los altos relieves de la Cordillera Cantábrica y los Pirineos. En su descenso por la vertiente norte hacia la planicie del Golfo de Bizkaia, el aire se calienta por compresión y se deseca.

3. HIDROLOGÍA

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

Para ello se ha hecho uso de la “Norma 5.2 - IC Drenaje Superficial, de la Instrucción de carreteras (Orden FOM/298/2016 de 15 de febrero)” cuyo objeto es establecer reglas generales y definir prescripciones para proyectar, construir y conservar adecuadamente las obras, elementos y sistemas de drenaje superficial.

El drenaje superficial comprende:

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

El drenaje superficial se debe proyectar teniendo en cuenta:

- **Criterios hidráulicos y medioambientales:**
 - Determinación del caudal de proyecto para cada tipo de obra, elemento o sistema de drenaje.
 - **Definición de la secuencia.** Captación o recogida / conducción o restitución del cauce / desagüe, atendiendo a los siguientes principios:
 - Evitar sobreelevaciones inadmisibles de la lámina de agua.
 - Evitar velocidades que puedan producir erosiones.
 - Identificar y controlar posibles zonas de deposición de sedimentos y arrastres.

- Identificar y controlar los impactos de los vertidos de aguas recogidas por los elementos del drenaje superficial.
 - Minimizar el impacto ambiental de la obra, incluyendo el posible efecto barrera sobre la fauna, especialmente la piscícola y sobre el tránsito de sedimentos.
- **La construcción, conservación, mantenimiento y limpieza de los elementos, sistemas u obras.**

3.1. MÉTODO RACIONAL

Por medio del **método racional** se calculará el caudal de proyecto máximo anual correspondiente a un determinado período de retorno y para unas condiciones predefinidas de localización y usos del terreno. El cálculo del caudal máximo anual (Q_T), correspondiente a un período de retorno T , se calcula mediante la siguiente fórmula.

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

donde:

Q_T	(m ³ /s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca (figura 2.2).
$I(T, t_c)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación (epígrafe 2.2.2) correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.
C	(adimensional)	Coefficiente medio de escorrentía (epígrafe 2.2.3) de la cuenca o superficie considerada.
A	(km ²)	Área de la cuenca o superficie considerada (epígrafe 2.2.4).
K_r	(adimensional)	Coefficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (epígrafe 2.2.5).

Ilustración 7. Fórmula general de cálculo. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

El **período de retorno T** es el periodo de tiempo expresado en años, para el cual el caudal máximo anual tiene una probabilidad de ser excedido igual a $1/T$. Según la norma, para el cálculo del **caudal de proyecto Q_p** , para el drenaje de plataforma y márgenes se tomará un período de retorno de $T=25$ años.

Caudal de proyecto Q_p , es aquél que se debe tener en cuenta para efectuar el dimensionamiento hidráulico de una obra, elemento o sistema de drenaje superficial de la carretera. Se considera igual al caudal máximo anual correspondiente a los períodos de retorno que se indican a continuación, determinados conforme a lo especificado en el capítulo 2:

- Drenaje de plataforma y márgenes: veinticinco años ($T = 25$ años), salvo en el caso excepcional de desagüe por bombeo en que se debe adoptar cincuenta años ($T = 50$ años).
- Drenaje transversal: se debe establecer por el proyecto en un valor superior o igual a cien años ($T \geq 100$ años) que resulte compatible con los criterios sobre el particular de la Administración Hidráulica competente.

Ilustración 8. Caudal de proyecto. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

Los datos aportados por la Agencia Vasca del Agua (URA) a través del visor de GeoEuskadi indican que el emplazamiento del Proyecto no se encuentra dentro de las zonas de inundabilidad para los distintos periodos de retorno.

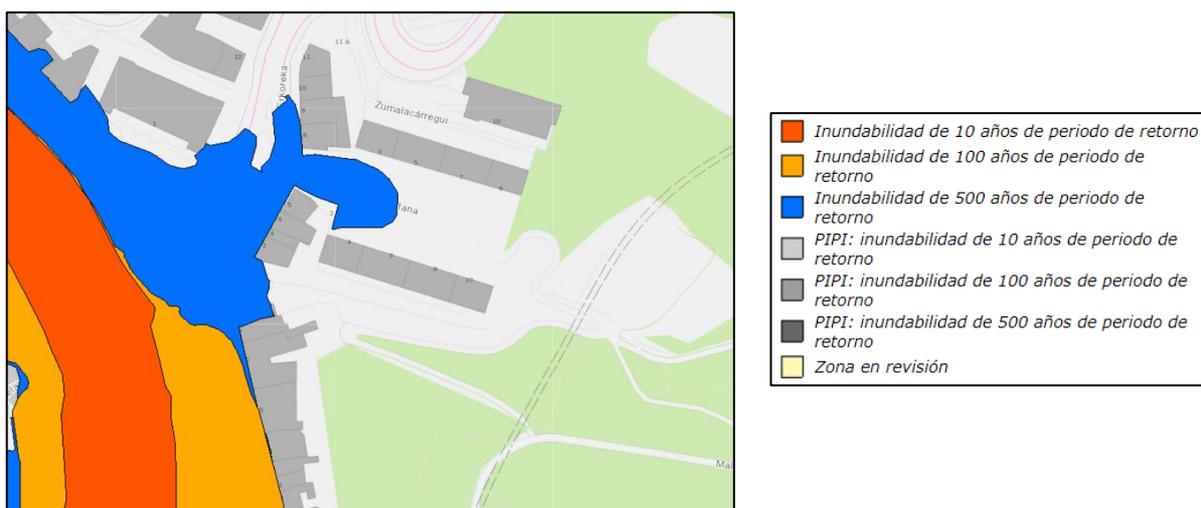


Ilustración 9. Inundabilidad de la CAPV. Fuente: GeoEuskadi

La **intensidad de precipitación I (T, t)** correspondiente a un período de retorno T, y a una duración del aguacero t, a emplear en la estimación de caudales por el método racional, se obtendrá por medio de la siguiente fórmula.

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

donde:

$I(T, t)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t.
I_d	(mm/h)	Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T (epígrafe 2.2.2.2).
F_{int}	(adimensional)	Factor de intensidad (epígrafe 2.2.2.4).

Ilustración 10. Intensidad de precipitación. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

La **intensidad media diaria de precipitación corregida I_d** correspondiente al periodo de retorno T, se obtiene mediante la fórmula.

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

donde:

I_d	(mm/h)	Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T
P_d	(mm)	Precipitación diaria correspondiente al período de retorno T
K_A	(adimensional)	Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca (epígrafe 2.2.2.3).

Ilustración 11. Intensidad de precipitación corregida. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

Para determinar la **precipitación diaria P_d** correspondiente al periodo de retorno T se hará uso del documento del Ministerio de Fomento “*Máximas lluvias diarias en la España peninsular*”.

Aunque el último documento es antiguo, con datos pluviométricos hasta 1990, aún se sigue utilizando como referencia para obtener las máximas lluvias diarias en una localización determinada.

En primer lugar, se han localizado los planos del punto geográfico deseado a partir del plano director con las coordenadas UTM referidas al huso 30, encontrándose Bilbao en la hoja 3-1.

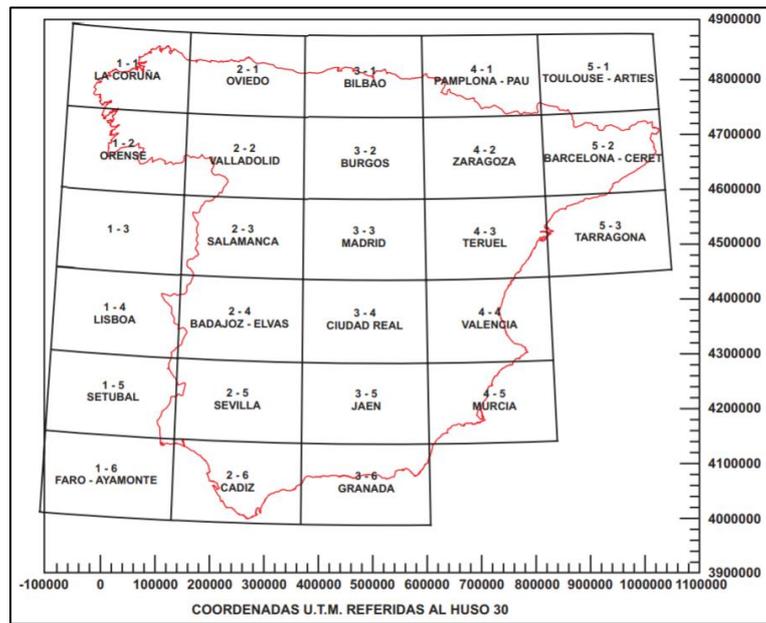


Ilustración 12. Plano director. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España peninsular

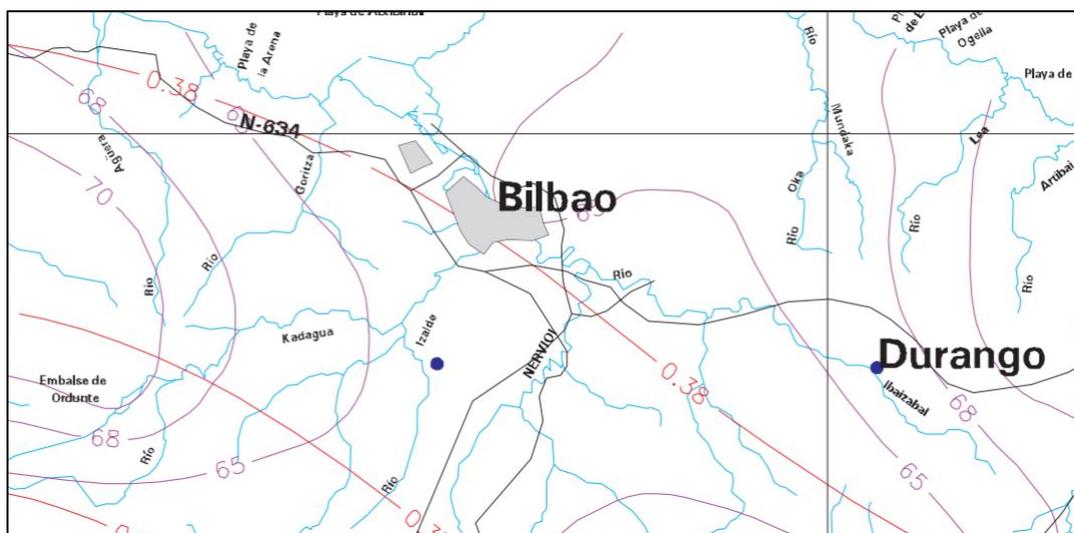


Ilustración 13. Hoja 3-1. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España peninsular

A partir de la Hoja 3-1 del documento y mediante las isolíneas representadas se ha estimado la **máxima precipitación diaria anual media \bar{P}** (Línea morada, $\bar{P}=65$) y el **coeficiente de variación C_V** (Línea roja, $C_V=0,38$) de la zona.

Con el período de retorno de 25 años y el coeficiente de variación, se puede obtener el **factor de amplificación K_T** a través de la siguiente tabla ($Y_{25}=1,793$).

C_V	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS (T)							
	2	5	10	25	50	100	200	500
0.30	0.935	1.194	1.377	1.625	1.823	2.022	2.251	2.541
0.31	0.932	1.198	1.385	1.640	1.854	2.068	2.296	2.602
0.32	0.929	1.202	1.400	1.671	1.884	2.098	2.342	2.663
0.33	0.927	1.209	1.415	1.686	1.915	2.144	2.388	2.724
0.34	0.924	1.213	1.423	1.717	1.930	2.174	2.434	2.785
0.35	0.921	1.217	1.438	1.732	1.961	2.220	2.480	2.831
0.36	0.919	1.225	1.446	1.747	1.991	2.251	2.525	2.892
0.37	0.917	1.232	1.461	1.778	2.022	2.281	2.571	2.953
0.38	0.914	1.240	1.469	1.793	2.052	2.327	2.617	3.014
0.39	0.912	1.243	1.484	1.808	2.083	2.357	2.663	3.067
0.40	0.909	1.247	1.492	1.839	2.113	2.403	2.708	3.128
0.41	0.906	1.255	1.507	1.854	2.144	2.434	2.754	3.189
0.42	0.904	1.259	1.514	1.884	2.174	2.480	2.800	3.250
0.43	0.901	1.263	1.534	1.900	2.205	2.510	2.846	3.311
0.44	0.898	1.270	1.541	1.915	2.220	2.556	2.892	3.372
0.45	0.896	1.274	1.549	1.945	2.251	2.586	2.937	3.433
0.46	0.894	1.278	1.564	1.961	2.281	2.632	2.983	3.494
0.47	0.892	1.286	1.579	1.991	2.312	2.663	3.044	3.555
0.48	0.890	1.289	1.595	2.007	2.342	2.708	3.098	3.616
0.49	0.887	1.293	1.603	2.022	2.373	2.739	3.128	3.677
0.50	0.885	1.297	1.610	2.052	2.403	2.785	3.189	3.738
0.51	0.883	1.301	1.625	2.068	2.434	2.815	3.220	3.799
0.52	0.881	1.308	1.640	2.098	2.464	2.861	3.281	3.860

Tabla 3. Cuantriles. Fuente: Máximas lluvias diarias en la España peninsular.

Para finalmente obtener el valor de la precipitación diaria máxima, se realiza el producto del factor de amplificación K_T por el valor medio de \bar{P} .

$$P_d = Y_{25} \cdot \bar{P}_{25} = 1,793 \cdot 65 = 116,55 \text{ mm/día}$$

El **factor reductor** K_A de la precipitación por área de la cuenca, tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda la superficie. En el presente Proyecto, el área a considerar para los cálculos será la superficie de la pasarela ($68 \times 2,5 = 170 \text{ m}^2$), por lo que el área será inferior a 1 km^2 , resultando en un factor reductor de la precipitación por área de la cuenca igual a la unidad.

Si $A < 1 \text{ km}^2$	$K_A = 1$
Si $A \geq 1 \text{ km}^2$	$K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$
donde:	
K_A	(adimensional) Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca
A	(km^2) Área de la cuenca (epígrafe 2.2.4).

Ilustración 14. Factor reductor. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

El **factor de intensidad** F_{int} introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio y depende la duración del aguacero y del periodo de retorno. Se tomará el mayor valor de los obtenidos de entre los siguientes: $F_{int} = \text{máx}(F_a, F_b)$

a) Obtención de F_a	
$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 t^{0,1}}$	
donde:	
F_a	(adimensional) Factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d). Se representa en la figura 2.3.
I_1/I_d	(adimensional) Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del mapa de la figura 2.4.
t	(horas) Duración del aguacero.

Ilustración 15. Factor del índice de torrencialidad. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

El factor obtenido a partir del índice de torrencialidad F_a se determina en función de la zona geográfica. La ciudad de Bilbao corresponde con el valor $I_1/I_d = 9$.

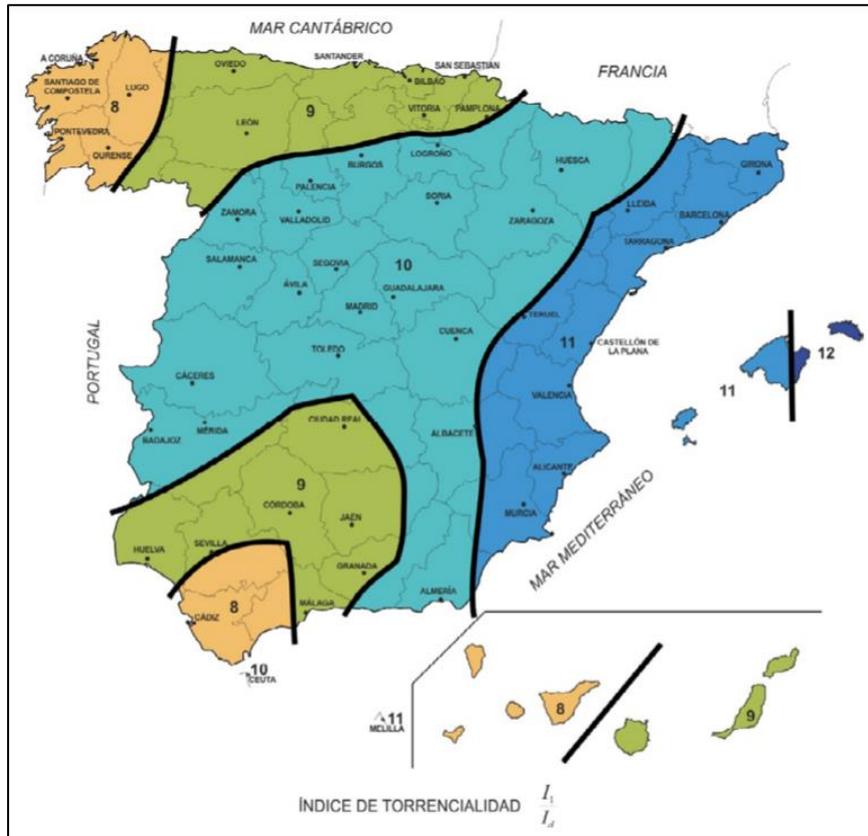


Ilustración 16. Factor reductor. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

El tiempo de concentración t_c es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la pasarela esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la pasarela hasta el punto de desagüe.

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

donde:

t_c	(horas)	Tiempo de concentración
L_c	(km)	Longitud del cauce
J_c	(adimensional)	Pendiente media del cauce

Ilustración 17. Tiempo de concentración. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

Los canalones a colocar en la pasarela se dimensionarán con 68 metros de longitud, al igual que el tablero, y una pendiente del 4%. Por lo que el tiempo de concentración será:

$$t_c = 0,3 \cdot 0,068^{0,76} \cdot 0,04^{-0,19} = 0,072 \text{ horas}$$

Con los datos obtenidos, el factor de intensidad será:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t^{0,1}} = 9^{3,5287 - 2,5287 \cdot 0,072^{0,1}} = 32,54$$

A falta de curvas IDF, el **factor obtenido a partir de las curvas IDF F_b** no se tendrá en cuenta, por lo que $F_{int} = F_a$.

Por lo tanto, el resultado de la intensidad media diaria de precipitación corregida será el siguiente.

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24} = \frac{116,55 \cdot 1}{24} = 4,856 \text{ mm/h}$$

A partir del valor obtenido y del factor de intensidad calculado se halla la intensidad de precipitación.

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int} = 4,856 \cdot 32,54 = 158,01 \text{ mm/h}$$

El **coeficiente de escorrentía C** define la parte de la precipitación de intensidad $I(T, t)$ que genera el caudal de la avenida en el punto de desagüe de la cuenca. Como el pavimento de madera a colocar en la pasarela no absorbe el agua, se tomará un valor igual a la unidad ($C=1$).

El **área A** a considerar para el cálculo del caudal de proyecto será la superficie de la pasarela. La pasarela tiene unas dimensiones de 68 metros de largo y 2,5 metros de ancho, por lo que la superficie es de 170 m².

El **coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación K_t** tiene en cuenta la falta de uniformidad. Se calcula mediante la siguiente fórmula. El valor, al tener un tiempo de concentración tan corto, es prácticamente la unidad.

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14} = 1 + \frac{0,072^{1,25}}{0,072^{1,25} + 14} = 1,003$$

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

donde:

K_t	(adimensional)	Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.
t_c	(horas)	Tiempo de concentración de la cuenca (epígrafe 2.2.2.5)

Ilustración 18. Coeficiente de uniformidad. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

Finalmente, con todos los resultados calculados, se obtendrá el caudal de referencia.

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

donde:

Q_T	(m ³ /s)	Caudal máximo anual correspondiente al período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca (figura 2.2).
$I(T, t_c)$	(mm/h)	Intensidad de precipitación (epígrafe 2.2.2) correspondiente al período de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.
C	(adimensional)	Coeficiente medio de escorrentía (epígrafe 2.2.3) de la cuenca o superficie considerada.
A	(km ²)	Área de la cuenca o superficie considerada (epígrafe 2.2.4).
K_t	(adimensional)	Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación (epígrafe 2.2.5).

Ilustración 19. Caudal de referencia. Fuente: Norma 5.2 – IC Drenaje Superficial

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6} = \frac{158,01 \text{ mm/h} \cdot 1 \cdot (170 \cdot 10^{-6}) \text{ km}^2 \cdot 1,003}{3,6} = 0,0075 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. DRENAJE

Una vez conocidos los caudales que serán necesarios evacuar, se calculará el óptimo dimensionamiento del sistema de drenaje. La conducción del agua pluvial se plantea realizar mediante dos canales de drenaje, uno a cada lado de la pasarela.

Según el *Código Técnico de la Edificación*, en el *Documento Básico HS Salubridad*, la exigencia básica *HS 5: Evacuación de aguas*, indica que los edificios dispondrán de medios adecuados para extraer las aguas y el cumplimiento de sus exigencias.

Para el dimensionamiento de la red de evacuación de aguas pluviales se tendrá en consideración las siguientes características.

- **Red de pequeña evacuación de aguas pluviales.** El agua de lluvia será recogida longitudinalmente a lo largo de la pasarela a ambos lados de la misma.
- **Canalones.** El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales de sección semicircular para una intensidad pluviométrica se obtiene en función de su pendiente, que será del 4% como la de la propia pasarela, y de la superficie corregida a la que sirve.

La **intensidad pluviométrica i** se obtendrá a partir del *Apéndice B. Obtención de la intensidad pluviométrica* de mismo documento, y en función de la isoyeta y de la zona pluviométrica correspondiente a la localidad determinada mediante el siguiente mapa.

El municipio de Bilbao queda comprendido en la zona A del siguiente mapa y corresponde con la isoyeta de 50 mm, por lo que la intensidad pluviométrica será de 155 mm/h.

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Tabla 4. Intensidad Pluviométrica i (mm/h). Fuente: CTE DB-HS 5



Ilustración 20. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas. Fuente: CTE DB-HS 5

Al tratarse de un régimen con intensidad distinta de 100 mm/h, se aplicará un factor f de corrección a la superficie de la plataforma. La superficie del tablero es de 170 m² y la superficie del tablero corregida será la siguiente.

$$f = \frac{i}{100} = \frac{155}{100} = 1,55 \quad \rightarrow \quad A = \frac{170 \text{ m}^2}{2 \text{ canalones}} \cdot 1,55 = 131,75 \text{ m}^2/\text{canalón}.$$

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m ²)				Diámetro nominal del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Tabla 5. Diámetro del canalón. Fuente: CTE DB-HS 5

Con el área calculada y la pendiente propuesta, el diámetro nominal mínimo de cada uno de los canalones será de 125 mm.

- Bajantes.** El diámetro correspondiente a la superficie corregida de 131,75 m², en proyección horizontal, servida por cada bajante de aguas pluviales se obtiene a través de la siguiente tabla.

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

Tabla 6. Diámetro de las bajantes. Fuente: CTE DB-HS 5

Se determina un diámetro nominal mínimo para cada una de las dos bajantes de 75 mm. Por lo tanto, se ha optado por un diámetro comercial de 75 mm para las dos bajantes del Proyecto.

4.1. SOLUCIÓN ADOPTADA

El drenaje del tablero, que dispone de un bombeo del 0,5%, se realizará con dos canaletas laterales de PVC de 150 mm de diámetro, con una pendiente del 4% y una reja galvanizada para evitar la introducción de objetos de grandes dimensiones que puedan obstruir las canalizaciones.

Se proponen dos bajantes de PVC, material ligero, resistente y duradero, de 75 mm de diámetro que conectarán con la red de saneamiento de aguas pluviales localizada muy próximo al emplazamiento del Proyecto, tal y como se indica en los planos.

Una vez definidos los elementos de drenaje necesarios para la evacuación de las aguas pluviales, su disposición quedará detalladamente definida en los planos del presente Proyecto.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 5. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. DEMOLICIÓN.....	3
3. MOVIMIENTO DE TIERRAS	5
3.1. DESPEJE Y DESBROCE	5
3.2. REPLANTEO	6
3.3. EXCAVACIÓN	10
3.4. RELLENO	10
3.5. TRANSPORTE	11

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Situación actual de las escaleras y parque recreativo. Fuente: Autor	3
Ilustración 2. Situación actual del vallado y señalización. Fuente: Autor	4
Ilustración 3. Movimiento de tierras. Fuente: Autor	5
Ilustración 4. Situación actual de la vegetación. Fuente: Autor	6
Ilustración 5. Red Topográfica. Vértice C14. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao.....	7
Ilustración 6. Red Topográfica. Vértice C56. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao.....	8
Ilustración 7. Red Topográfica. Vértice C57. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao.....	9

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se definirán y calcularán las labores previas a la construcción de la pasarela peatonal con ascensor. Dichas labores consistirán en la demolición parcial de las escaleras situadas en el emplazamiento del Proyecto y en las actuaciones de excavación, transporte y relleno relativas al movimiento de tierras.

2. DEMOLICIÓN

Para poder acceder al emplazamiento del Proyecto es preciso retirar el primer tramo de escalones y el descansillo intermedio de las escaleras actuales, que suponen un volumen de 26,32 m³. Se plantea desplazar los doce escalones iniciales hacia la izquierda para quedar alineados con el tramo superior manteniendo la parte izquierda del descansillo original.

Se ha comprobado la normativa a aplicar, en concreto, se ha hecho uso de la “*Guía de aplicación de la Normativa Técnica vigente en Materia de Accesibilidad en la CAPV*” para la correcta nueva disposición de las escaleras. Se detallará el cumplimiento y la nueva disposición de las escaleras en el *Anexo 6. Accesibilidad y diseño geométrico*.

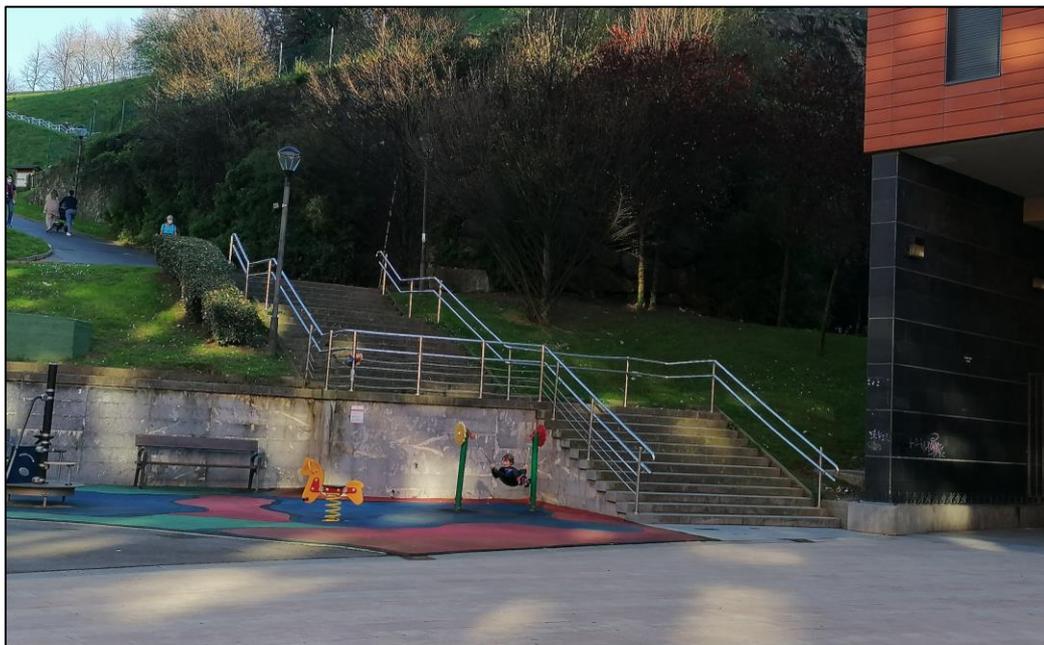


Ilustración 1. Situación actual de las escaleras y parque recreativo. Fuente: Autor

Con las actuaciones de demolición, se llevará a cabo el modelo de desarrollo en el que el valor de los productos, materiales y recursos se mantiene durante el mayor tiempo posible, también conocido como economía circular. En lugar de desechar y enviar a vertedero todos los escombros derivados de la demolición de las actuales escaleras, estos serán reutilizados en la medida de lo posible en el resto de actuaciones. Estas tareas se detallarán en el *Anexo 10. Gestión de residuos*.

Además, será necesario retirar temporalmente las vallas de madera situadas en la zona superior así como la señal que aparece en la siguiente ilustración y desplazar parte de los juegos del pequeño parque recreativo.

Dicho mobiliario urbano se desmontará y se cargará en camiones mediante levantamiento mecánico para ser almacenado provisionalmente hasta la finalización de las obras del Proyecto y su reutilización. Dado que todos los terrenos, mobiliario y estructuras afectadas pertenecen al Ayuntamiento no será necesaria una compensación económica por expropiación.



Ilustración 2. Situación actual del vallado y señalización. Fuente: Autor

3. MOVIMIENTO DE TIERRAS

A continuación se definirán y calcularán todas las operaciones de movimiento de tierras requeridas para la construcción del Proyecto. Dichas labores consistirán en el replanteo, despeje, excavación, transporte y relleno. Para el cálculo del movimiento de tierras se ha hecho uso del software AutoCAD Civil 3D 2020.

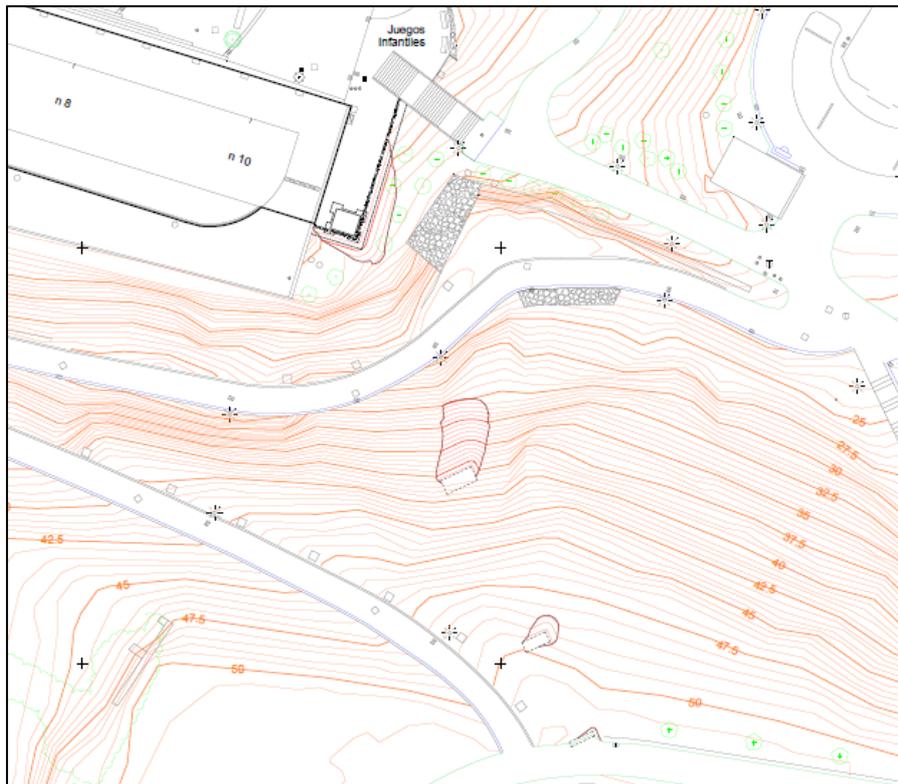


Ilustración 3. Movimiento de tierras. Fuente: Autor

3.1. DESPEJE Y DESBROCE

Antes de comenzar con el movimiento de tierras, se realizará una actuación a nivel de la superficie del terreno sobre la que se asienta la obra, incluyendo las zonas de afección que se encuentran marcadas en los planos del Proyecto.

Esta labor consiste en la extracción y retiro de los arbustos, plantas, árboles, broza, maleza o basura que se encuentre dentro del área de Proyecto y pueda interferir con las labores de construcción.

En concreto se eliminará la vegetación existente en el lugar donde se apoyará la pasarela, la estructura principal del ascensor y el pilar intermedio. Para compensar dicho despeje, el Proyecto constructivo contemplará las tareas de revegetación indicadas en el *Anexo 9. Mobiliario Urbano*.

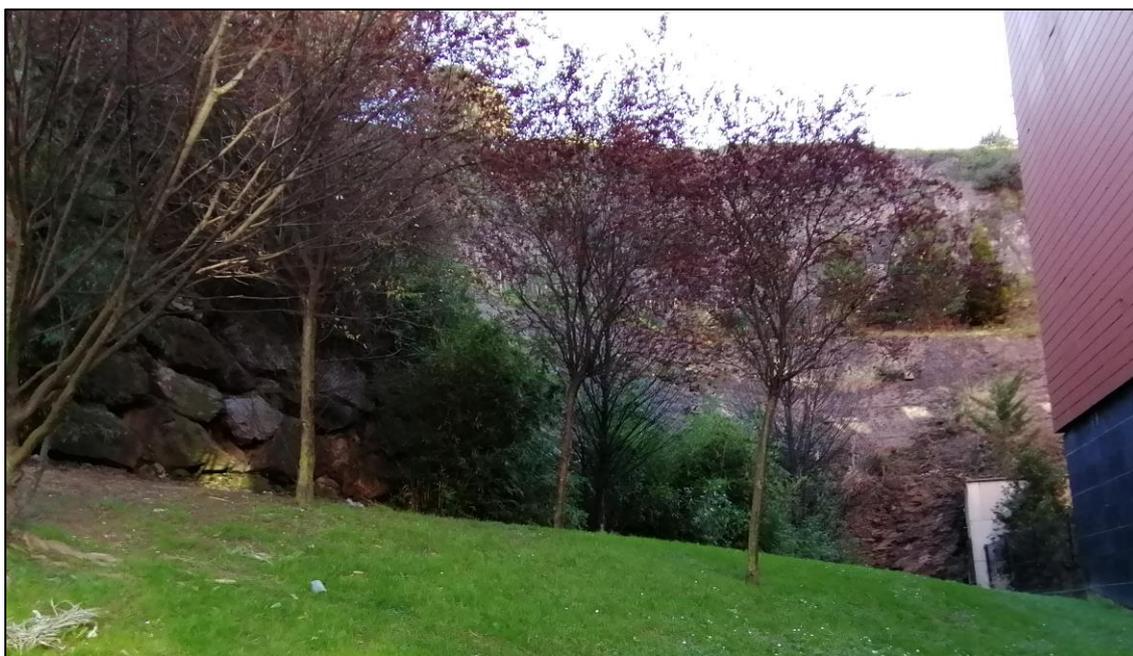


Ilustración 4. Situación actual de la vegetación. Fuente: Autor

3.2. REPLANTEO

El replanteo tiene por objeto trasladar fielmente al terreno las dimensiones y formas indicadas en los planos que integran la documentación técnica de la obra, con sus coordenadas y cotas, de la forma más precisa y adecuada posible.

Además, se dispone de la información topográfica aportada por el Negociado de Topografía para la Planificación Urbana del Ayuntamiento de Bilbao. En concreto, se trata de las reseñas de los vértices más próximos al emplazamiento del Proyecto.

A continuación, se presentan como adjuntos al presente anexo las fichas de los vértices denominados C14, C56 y C57 con todas las características y detalles topográficos para facilitar el óptimo replanteo del Proyecto.



Bilbao
UDALA
AYUNTAMIENTO

OBRETAKO, HIRI PLANGINTZAKO ETA PROIEKTU ESTRATEGIKOETAKO SAILA
HIRI-PLANO SEKZIOA
TOPOGRAFIA ARLOA

AREA DE OBRAS, PLANIFICACIÓN URBANA Y PROYECTOS ESTRATÉGICOS
SECCIÓN PLANO-CIUDAD
NEGOCIADO DE TOPOGRAFÍA

Red Topográfica

ERPINA/VERTICE: C14

TIPO DE OBSERVACION: CLÁSICA **TIPO DE SEÑAL:** CLAVO LATÓN DORADO

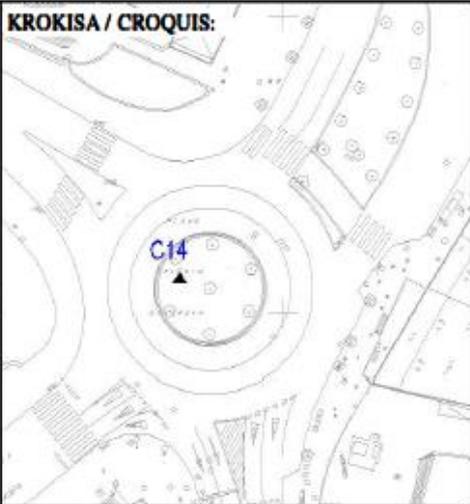
KOORDENADAK / COORDENADAS : (Sistema de Referencia WGS84 ↔ ETRS89)

X = 506226.742	Coordenadas Geográficas $\lambda = -2^{\circ}55'23.798''$ W
Coordenadas U.T.M.: Y = 4790097.497	$\phi = 43^{\circ}15'49.1816''$ N
Z = 7.408	

Coeficiente de anamorfosis: K= 0.99960048 Convergencia de meridianos = $0^{\circ}39.2969''$
 Elipsoide GRS80. Huso : 30
 Referencia altimétrica: REDNAP08 Factor de escala debido a la altitud = 0.99999883

<u>Orientacion</u>	<u>Azimut (gon)</u>	<u>Distancia (m.)</u>
MBRES	220.5478	3386.592
B67	259.1366	92.400
B100	344.7327	261.671

KROKISA / CROQUIS:



ARGAZKIA / FOTOGRAFÍA:



KOKAPENA / SITUACIÓN: EN ARQUETA DENTRO DE LA ROTONDA EN PLAZA ERNESTO ERKOREKA (JUNTO AL AYUNTAMIENTO)

DATA / FECHA: 2016,04
ORRIA / PAGINA: 1 de 1

Ilustración 5. Red Topográfica. Vértice C14. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao



Bilbao
UDALA
AYUNTAMIENTO

OBRETAKO, HIRI PLANGINTZAKO ETA PROIEKTU ESTRATEGIKOETAKO SAILA
HIRI-PLANO SEKZIOA
TOPOGRAFIA ARLOA

AREA DE OBRAS, PLANIFICACIÓN URBANA Y PROYECTOS ESTRATÉGICOS
SECCIÓN PLANO-CIUDAD
NEGOCIADO DE TOPOGRAFÍA

Red Topográfica

ERPINA/VERTICE: C56

TIPO DE OBSERVACION: GPS **TIPO DE SEÑAL:** CLAVO LATÓN DORADO

KOORDENADAK / COORDENADAS : (Sistema de Referencia WGS84 ↔ ETRS89)

X = 506338.604	Coordenadas Geográficas $\lambda = -2^{\circ}55'18.8418''$ W
Coordenadas U.T.M.: Y = 4789960.475	$\phi = 43^{\circ}15'44.7364''$ N
Z = 48.313	

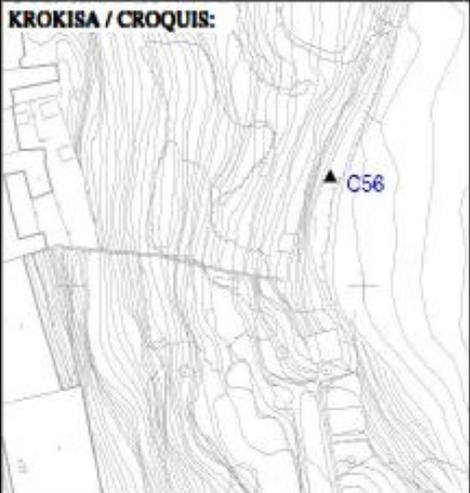
Coeficiente de anamorfosis: K= 0.99960049 Convergencia de meridianos = 0°3'12.6893"
 Elipsoide GRS80. Huso : 30
 Referencia altimétrica: REDNAP08 Factor de escala debido a la altitud =0.99999241

Orientacion	Azimut (gon)	Distancia (m.)
C57	79.8204	174.627
C68	251.1771	79.619

ARGAZKIA / FOTOGRAFÍA:



KROKISA / CROQUIS:



KOKAPENA / SITUACIÓN: EN EL PARQUE DE ETXEBARRIA, CERCA DE LOS CAMPOS DE MALLONA

DATA / FECHA: 2016.04

ORRIA / PAGINA: 1 de 1

Ilustración 6. Red Topográfica. Vértice C56. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao



Bilbao

 UDALA

 AYUNTAMIENTO

OBRETAKO, HIRI PLANGINTZAKO ETA PROIEKTU ESTRATEGIKOETAKO SAILA
HIRI-PLANO SEKZIOA
TOPOGRAFIA ARLOA

AREA DE OBRAS, PLANIFICACIÓN URBANA Y PROYECTOS ESTRATÉGICOS
SECCIÓN PLANO-CIUDAD
NEGOCIADO DE TOPOGRAFÍA

Red Topográfica

ERPINA/VERTICE: C57

TIPO DE OBSERVACION: GPS **TIPO DE SEÑAL:** CLAVO LATÓN DORADO

KOORDENADAK / COORDENADAS : (Sistema de Referencia WGS84 ↔ ETRS89)

X = 506504.464	<u>Coordenadas Geográficas</u> $\lambda = -2^{\circ}55'11.4825''$ W
Y = 4790014.884	$\phi = 43^{\circ}15'46.4951''$ N
Z = 47.018	

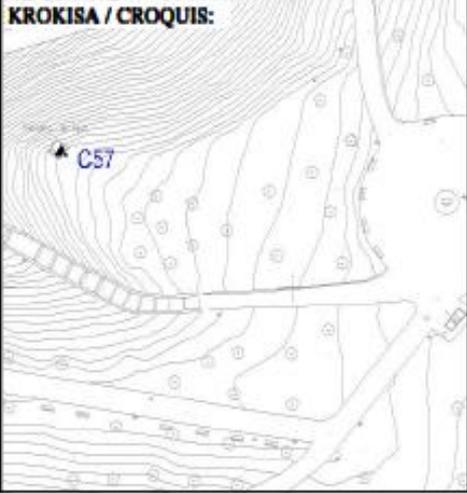
Coeficiente de anamorfofis: K= 0.99960052 Convergencia de meridianos = 0°3'17.7347"
 Elipsoide GRS80. Huso : 30
 Referencia altimétrica: REDNAP08 Factor de escala debido a la altitud = 0.99999261

<u>Orientacion</u>	<u>Azimet (gon)</u>	<u>Distancia (m.)</u>
C56	279.8204	174.627
C58	119.3517	169.719

ARGAZKIA / FOTOGRAFÍA:



KROKISA / CROQUIS:



KOKAPENA / SITUACIÓN: EN EL PARQUE DE ETXEBARRIA, CERCA DEL TANATORIO

DATA / FECHA: 2016.04

ORRIA / PAGINA: 1 de 1

Ilustración 7. Red Topográfica. Vértice C57. Fuente: Ayuntamiento de Bilbao

3.3. EXCAVACIÓN

La excavación se realizará principalmente en la zona de espera de la parte baja del futuro acceso vertical; junto al portal número 10 de la calle Quintana, y bajo el inicio y el pilar intermedio de la pasarela peatonal. De esta forma, se retirará el terreno necesario para colocar las cimentaciones calculadas y construir los accesos.

Dicha excavación se realizará por medio de una retroexcavadora, la cual depositará el terreno extraído en un camión para su posterior transporte. El volumen se ha calculado con ayuda del software AutoCAD Civil 3D 2020.

Debido a las irregularidades del terreno en la zona de espera inferior, se ha optado por realizar un muro perimetral de 2 metros de altura, situados al sur y al este, para soportar el empuje del terreno y evitar grandes movimientos de tierra. Dadas las características del terreno y vistas las soluciones adoptadas en las inmediaciones, dicha solución es la más apta.

El volumen de material a extraer o de desmonte, teniendo en cuenta el volumen de las explanaciones, cimentaciones y muros, será de 69,446 m³ en banco. Una vez excavados, la densidad se reduce. Para su cálculo, se ha tomado un factor de esponjamiento (F_w) de 0,80, correspondiente a las lutitas margosas y a uno de los valores más prudente, resultando en un total de 86,808 m³ sueltos.

3.4. RELLENO

Dado que el trabajo principal en el emplazamiento es el de excavación, no se realizarán rellenos. Como puntualización señalar que una pequeña parte se utilizará para la nivelación final del terreno, recubrimiento de las cimentaciones superficiales y para el relleno del inicio de la pasarela peatonal. Se realizará de forma que los taludes creados tengan una disposición de 3H:2V y se compactará correctamente mediante rodillos vibratorios con el fin de aumentar la capacidad portante del mismo.

El volumen de tierra compactada necesaria es de 29,823 m³. Por lo que, tomando un factor de compactación (FC) de 1,20, se necesitarán 35,788 m³ sueltos del desmonte.

3.5. TRANSPORTE

El terreno excavado será depositado en camiones para el transporte del mismo. Parte del mismo se reutilizará en la zona superior del acceso y en la nivelación del área donde se habrán ubicado las cimentaciones. De esta forma, dada la acusada pendiente del emplazamiento, no quedará señal de la disposición de las cimentaciones superficiales de forma visual.

Se priorizará el reaprovechamiento como préstamo de los aproximadamente 51,020 m³ sobrantes en otras obras colindantes en las que se necesite un aporte de tierras para rellenos. En el último de los casos, el material se llevará a vertedero mediante dumpers.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 6. ACCESIBILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD	3
2.1. ELEMENTOS DE URBANIZACIÓN	4
2.1.1. ITINERARIOS PEATONALES	4
2.1.2. PAVIMENTOS.....	6
2.1.3. PARQUES, PLAZAS Y JARDINES PÚBLICOS	6
2.1.4. ESCALERAS.....	7
2.1.5. ASCENSORES	8
2.1.6. PASAMANOS	8
2.2. MOBILIARIO URBANO	9
2.2.1. PAPELERAS	10
2.2.2. BANCOS.....	10
3. DISEÑO GEOMÉTRICO	11
3.1. PASARELA PEATONAL	11
3.2. ASCENSOR.....	12
3.3. ZONA DE ACCESO INFERIOR	13
3.4. ESCALERAS.....	14

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mobiliario urbano de la ciudad de Bilbao. Fuente: Autor	9
Ilustración 2. Disposición de la pasarela peatonal. Fuente: Autor	11
Ilustración 3. Ascensor Orona 3G 2016. Fuente: Orona.....	12
Ilustración 4. Disposición de la zona de espera. Fuente: Autor	13
Ilustración 5. Disposición de las escaleras. Fuente: Autor	14

1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo tiene como objeto definir la normativa de accesibilidad para su aplicación y cumplimiento en el Proyecto. Además, se definirá el diseño geométrico que se llevará a cabo en el presente Proyecto según dicha normativa vigente. En concreto, se describirán las características geométricas de la pasarela, la estructura vertical y el ascensor.

De esta forma se pretende justificar el diseño de la estructura basándose en el marco normativo vigente establecido en la comunidad autónoma en cuanto a accesibilidad y seguridad.

2. NORMATIVA DE ACCESIBILIDAD

Para el diseño y dimensionamiento de las estructuras del Proyecto, se ha tomado como referencia las siguientes normativas referentes a la accesibilidad en el entorno urbano de ámbito autonómico y estatal.

- Guía de aplicación de la Normativa Técnica vigente en Materia de Accesibilidad en la Comunidad Autónoma del País Vasco (Julio 2012).
- Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, en materia de accesibilidad y no discriminación de las personas con discapacidad.
- Normativa de Pasarelas Peatonales expedida por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente del Gobierno de España.

La normativa tiene por objeto regular las condiciones técnicas de accesibilidad del entorno urbano, y en particular de los espacios públicos y de los equipos comunitarios, con la finalidad de garantizar su uso y disfrute por las personas.

Los espacios públicos, los elementos de urbanización y el mobiliario urbano deberán permitir su uso de forma autónoma por todas las personas, conforme a lo dispuesto en la normativa.

2.1. ELEMENTOS DE URBANIZACIÓN

Según la guía de la CAPV, un elemento de urbanización es cualquier componente de las obras de urbanización, entendiéndose como tales, pavimentación, abastecimiento y distribución de aguas, saneamiento y alcantarillado, distribución de energía eléctrica, gas, telefonía y telemática, alumbrado público, jardinería y todas aquellas otras que materialicen las indicaciones de los instrumentos de desarrollo del planeamiento urbanístico.

El diseño, colocación y mantenimiento de los elementos de urbanización que deban ubicarse en áreas de uso peatonal garantizarán la seguridad, la accesibilidad, la autonomía y la no discriminación de todas las personas. No presentarán cejas, ondulaciones, huecos, salientes, ni ángulos vivos que puedan provocar el tropiezo de las personas, ni superficies que puedan producir deslumbramientos.

Además, los elementos de urbanización nunca invadirán el ámbito libre de paso de un itinerario peatonal accesible.

Con el fin de facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura a las personas con discapacidad se cumplirán las condiciones funcionales y de dotación de elementos accesibles que se presentan a continuación.

2.1.1. ITINERARIOS PEATONALES

El trazado y diseño de los itinerarios públicos o privados de uso comunitario, destinados al tránsito de peatones o al tránsito mixto, de peatones y vehículos, se realizará de forma que se garantice la accesibilidad.

Según la normativa autonómica del País vasco, las especificaciones técnicas del diseño y trazado serán las siguientes.

- **Anchura.** La anchura mínima de paso libre de obstáculos será de 2 m, siempre y cuando se instalen superficies de encuentro y giro, que permitan inscribir un cuadrado libre de obstáculos de 1,80 x 1,80 m con una distancia máxima entre ellos de 20 m y siempre que estén a la vista entre sí.

- **Altura.** La altura libre de paso en cualquier punto del itinerario será como mínimo de 2,20 metros.
- **Pendiente.** La pendiente longitudinal será menor o igual al 6% y la pendiente transversal será como máximo del 2%, recomendándose 1,5%.
- **Iluminación.** En todo su desarrollo dispondrá de un nivel mínimo de iluminación de 20 luxes, proyectada de forma homogénea, evitándose el deslumbramiento.
- **Itinerario.** No presentará resaltes ni escalones aislados. Los árboles, arbustos, plantas ornamentales y elementos vegetales nunca invadirán el itinerario peatonal accesible.

Según el CTE DB-SUA 9, los itinerarios accesibles, considerando su utilización en ambos sentidos, deben cumplir con lo siguiente para ser considerados como accesibles.

- **Desniveles.** Los desniveles se salvan mediante rampa accesible y no se admiten escalones.
- **Espacio para giro.** El diámetro \emptyset será de 1,50 m libre de obstáculos en el vestíbulo de entrada, al fondo de pasillos de más de 10 m y frente a ascensores accesibles o al espacio dejado en previsión para ellos.
- **Pasillos y pasos.** La anchura libre de paso será mayor o igual a 1,20 m.
- **Puertas.** La anchura libre de paso será mayor o igual a 0,80 m medida en el marco y aportada por no más de una hoja. Los mecanismos de apertura y cierre estarán situados a una altura de entre 0,80 y 1,20 m.
- **Pavimento.** No contiene piezas ni elementos sueltos, tales como gravas o arenas. Para permitir la circulación y arrastre de elementos pesados, sillas de ruedas, etc., los suelos deben ser resistentes a la deformación.
- **Pendiente.** La pendiente en el sentido de la marcha deberá ser menor o igual al 4% para ser considerado como un itinerario peatonal accesible. Si no se da el caso, debe cumplir con las condiciones de rampa accesible. La pendiente transversal al sentido de la marcha será menor o igual al 2%.

2.1.2. PAVIMENTOS

Los pavimentos duros de los itinerarios peatonales serán antideslizantes en seco y mojado y sin resaltos entre piezas, y los pavimentos blandos suficientemente compactados para impedir el desplazamiento y el hundimiento de las sillas de ruedas, bastones etc.

Para señalar desniveles, depresiones y cambios de cota, como en el caso de escaleras, rampas, pasos subterráneos, bocas de metro, etc. se colocarán Franjas Señalizadoras que serán mayor o igual a 1m, en función del módulo de la baldosa o material a emplear, de anchura en todos los frentes de acceso y llegada. Dichas Franjas Señalizadoras serán, pavimentos de textura y coloración diferentes, bien contrastado con el resto del pavimento circundante, cumpliendo una doble función de información y/o aviso. Se situarán quedando perpendiculares al sentido de la marcha y ocuparán la totalidad del itinerario peatonal.

Las rejas y registros situados en los itinerarios y pasos peatonales estarán enrasados con el pavimento circundante y serán de material antideslizante aún en mojado, impedirán el tropiezo de las personas que utilicen bastones o sillas de ruedas, serán en cuadrícula y tendrán unas aperturas máximas de 1 x 1 cm si invaden el ancho mínimo del itinerario peatonal y de 2,5 x 2,5 cm en caso contrario.

2.1.3. PARQUES, PLAZAS Y JARDINES PÚBLICOS

Se dispondrán caminos o sendas de una anchura mínima de 2 m pavimentados con material indeformable y antideslizante, de textura diferente y bien contrastada del resto, aprovechando las texturas de piedras, tierra, césped, etc.

Las plantaciones de árboles no invadirán los itinerarios peatonales, con ramas o troncos inclinados, en alturas inferiores a 2,20 m.

Se recomienda que los elementos del mobiliario urbano se dispongan alineados a lo largo del recorrido peatonal para favorecer por su sonoridad la orientación y el desplazamiento de las personas con deficiencias visuales.

2.1.4. ESCALERAS

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

- **Alternativa.** Las escaleras que sirvan de alternativa de paso a una rampa situada en el itinerario peatonal accesible, deberán ubicarse de forma colindante.
- **Anchura.** La anchura libre mínima será de 2 metros.
- **Pasamanos.** Todas las escaleras se dotarán de doble pasamanos a ambos lados. Se colocarán pasamanos a ambos lados de 5 cm de diámetro situados a 95 / 105 cm del suelo, separados del paramento vertical un mínimo de 5 cm. Además, se prolongarán los pasamanos laterales en todo el recorrido posible de los rellanos, de las mesetas intermedias y se prolongan al arranque y al final de cada tramo de escaleras unos 40 o 50 cm.
- **Huella.** Se construirá en material antideslizante, sin resaltes sobre la contrahuella y tendrá una dimensión mínima de 35 cm.
- **Contrahuella.** Tendrá una dimensión máxima de 15 cm. En una misma escalera, las huellas y contrahuellas de todos los escalones serán iguales.
- **Peldaños.** El número de peldaños por tramo será como mínimo de 3 y como máximo de 12. Los peldaños no podrán solaparse. Los extremos libres de los escalones estarán protegidos con un resalte de 3 cm.
- **Descansillos.** Los descansillos intermedios tendrán una longitud mínima de 1,50 m.
- **Pendiente.** Para evitar la permanencia de agua en peldaños y rellanos de las escaleras, la pendiente para la evacuación de las aguas pluviales será como máximo 1,5%.
- **Iluminación.** Se dispondrá de una iluminación suficiente exenta de deslumbramientos y de zonas oscuras con una intensidad lumínica, a nivel del suelo, de 150 lux.

2.1.5.ASCENSORES

Cuando en los espacios libres públicos se instalen ascensores, se ajustarán en cuanto a la accesibilidad y señalización, a la normativa específica en la materia.

Según el CTE DB-SUA 9, los ascensores accesibles deben cumplir con la norma UNE 81-70:2004+A1:2005 relativa a la “Accesibilidad a los ascensores de personas, incluyendo personas con discapacidad”.

Asimismo, contarán con indicación en Braille y arábigo en alto relieve a una altura de entre 0,80 y 1,20 m, del número de planta en la jamba derecha en sentido salida de la cabina. Las dimensiones de la cabina debe cumplir las condiciones establecidas, que son de 1,40 metros de anchura y 1,40 metros de profundidad.

2.1.6.PASAMANOS

Los pasamanos son aquellos elementos de soporte que se disponen como ayuda para desplazarse o para mantener una determinada postura. Deberán cumplir las siguientes características geométricas en caso de escaleras o pendientes superiores al 4%:

- **Diseño.** El diseño será anatómico con una forma que permita adaptarse a la mano, recomendándose una sección circular equivalente entre 4 y 5 cm de diámetro.
- **Fijación.** Será firme por la parte inferior del pasamanos y sin obstáculos. Separado como mínimo 4 cm en el plano horizontal y 10 cm en el plano vertical.
- **Disposición.** Los pasamanos serán dobles y se colocarán a una altura, desde el bocel en el caso de escaleras, de 100 ± 5 cm el superior, y de 70 ± 5 cm el inferior. Se prolongarán 45cm en los extremos de los tramos de escaleras y rampas, como indicación de percepción manual que advierta del comienzo y final de los mismos, siempre y cuando no se produzcan invasiones transversales de itinerarios peatonales. Estarán rematados de forma que eviten los enganches. Su color será contrastado con el resto de los elementos de rampas y escaleras.
- **Altura.** La mínima será de 1,10 m cuando la diferencia de cota es superior a 6 m.

2.2. MOBILIARIO URBANO

Se entiende por mobiliario urbano, el conjunto de objetos a colocar en los espacios exteriores, superpuestos o adosados a los elementos de urbanización, de modo que su modificación o traslado no genere modificaciones substanciales: semáforos, señales, paneles informativos, carteles, cabinas telefónicas, fuentes públicas, servicios higiénicos, papeleras, marquesinas, asientos y cualquier otro de análoga naturaleza, tanto los que se sitúen de forma eventual como permanente.

- El mobiliario urbano se dispondrá de forma que no interfiera la accesibilidad.
- Se diseñarán y ubicarán de forma que puedan ser utilizados por personas con dificultad en la accesibilidad.
- Los elementos situados a una altura inferior a 2,20 m se prolongarán hasta el suelo con toda la mayor proyección en planta. No presentarán salientes de más de 10 cm y se asegurará la inexistencia de cantos vivos en sus piezas.
- Se dispondrá o colocará alineado en el sentido longitudinal del itinerario peatonal.

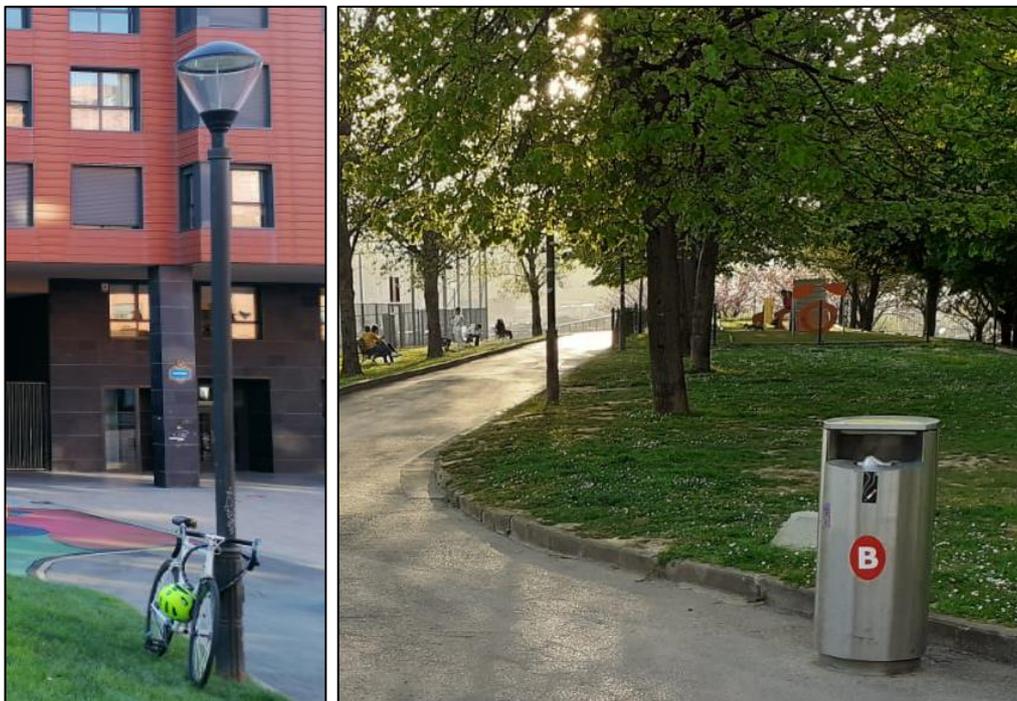


Ilustración 1. Mobiliario urbano de la ciudad de Bilbao. Fuente: Autor

2.2.1. PAPELERAS

Las papeleras se instalarán a una altura de 90 cm, sin obstáculos o bordes que sobresalgan del paramento donde se sitúen o dificulten su acceso y uso.

Los contenedores para depósito y recogida de residuos, deberán disponer de un espacio fijo de ubicación. Dicha ubicación permitirá el acceso a estos contenedores desde el itinerario peatonal accesible que en ningún caso quedará invadido por el área destinada a su manipulación.

2.2.2. BANCOS

Los bancos de los espacios libres de uso público, tendrán el asiento situado a una altura de 40 a 45 cm, disponiendo de respaldo y reposabrazos, estos a una altura de entre 20 y 25 cm sobre el nivel del asiento.

Cuando se sitúen varios, se instalarán a una distancia máxima uno de otro de 50 m. Se permitirá la utilización de otros tipos de banco siempre que sea de manera complementaria a los anteriores, ajustándose a las condiciones ergonómicas que faciliten el levantarse y sentarse.

La disposición de estos bancos en las áreas peatonales será, como mínimo, de una unidad de cada agrupación y, en todo caso, una unidad de cada cinco bancos o fracción.

Dispondrán de un diseño ergonómico con una profundidad de asiento entre 0,40 y 0,45 m y un respaldo con una altura mínima de 0,40 m y reposabrazos en ambos extremos.

A lo largo de su parte frontal y en toda su longitud se dispondrá de una franja libre de obstáculos de 0,60 m de ancho, que no invadirá el itinerario peatonal accesible. Como mínimo uno de los laterales dispondrá de un área libre de obstáculos de 1,50 m de longitud y 1 m de ancho que en ningún caso coincidirá con el itinerario peatonal accesible.

3. DISEÑO GEOMÉTRICO

A continuación, se definen las dimensiones geométricas del Proyecto, teniendo en cuenta la normativa de accesibilidad previamente desarrollada.

3.1. PASARELA PEATONAL

La pasarela peatonal tendrá una longitud de 68 metros y un ancho de 2,5 metros. Se tendrá en cuenta que se necesitarán aproximadamente 10 centímetros a cada lado para el desarrollo de la barandilla en celosía, por lo que la anchura libre será de 2,3 m.

La conexión con la estructura del ascensor, con el que presenta un ángulo de rotación, se encuentra a una altura de 38,6 metros. El primer apoyo intermedio se ubica a 12,9 metros y el segundo a 34,4 metros, ambas distancias medidas desde el extremo superior de la pasarela.

Tendrá una pendiente longitudinal del 4% de forma descendente hacia la estructura vertical y una pendiente transversal del 0,5% para el desagüe del agua pluvial hacia los canalones presentes a ambos lados en toda su longitud.

Según el CTE DB-SUA 9, para considerarse una rampa, es necesario que la pasarela presente una pendiente en el sentido de la marcha superior al 4%, como no se da el caso, sigue cumpliendo como un itinerario peatonal accesible.

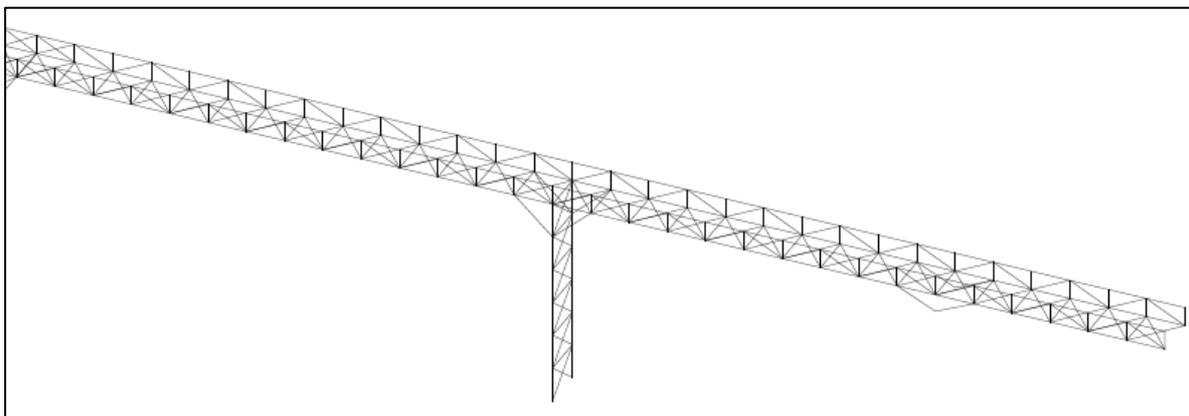


Ilustración 2. Disposición de la pasarela peatonal. Fuente: Autor

Dispondrá de una barandilla de protección en toda su longitud con una altura de 1,10 metros, para cumplir con la normativa. Esta barandilla de seguridad corresponde con la celosía dispuesta a lo largo de toda la estructura. La celosía es un elemento estructural, por lo que se verá sometida a las solicitaciones correspondientes.

3.2. ASCENSOR

El ascensor tendrá un recorrido de 38,6 metros desde el acceso inferior hasta el superior. Se ha elegido el modelo Orona 3G 2016, con dos embarques a 180° y una capacidad de hasta 21 personas.

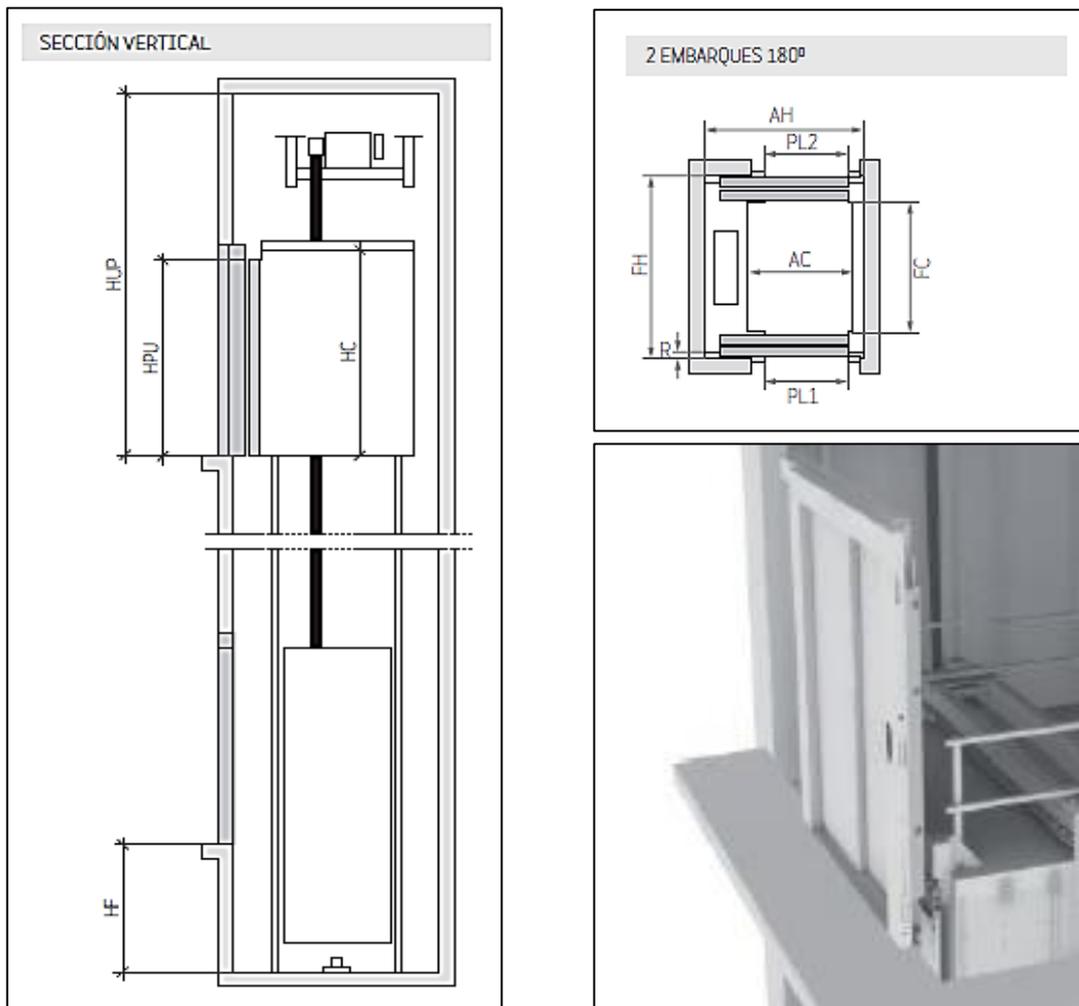


Ilustración 3. Ascensor Orona 3G 2016. Fuente: Orona

El ascensor, diseñado para edificios públicos de tráfico intenso, cumple con los todos los requisitos de accesibilidad. Con una velocidad de 1 m/s podrá elevar una carga de hasta 1.600 kg en menos de un minuto.

La cabina, será de 1,7 x 1,95 metros y las dos puertas laterales tendrán una anchura de 1 metro, cumpliendo así toda normativa y facilitando su accesibilidad. Sus características se detallarán en el *Anexo 8. Instalación eléctrica*.

3.3. ZONA DE ACCESO INFERIOR

La zona de espera situada en la calle Quintana, junto al portal número 10, tendrá una superficie de 91,59 m². Dicha explanada tendrá una longitud de aproximadamente 18 m de largo y 5 m de ancho hasta acceder al ascensor.

A lo largo de la zona se dispondrá de mobiliario urbano, con fines estéticos y de confort, cumpliendo con la normativa vigente. En todo su desarrollo, se velará por un adecuado nivel de iluminación; proyectada de forma homogénea y evitándose el deslumbramiento.

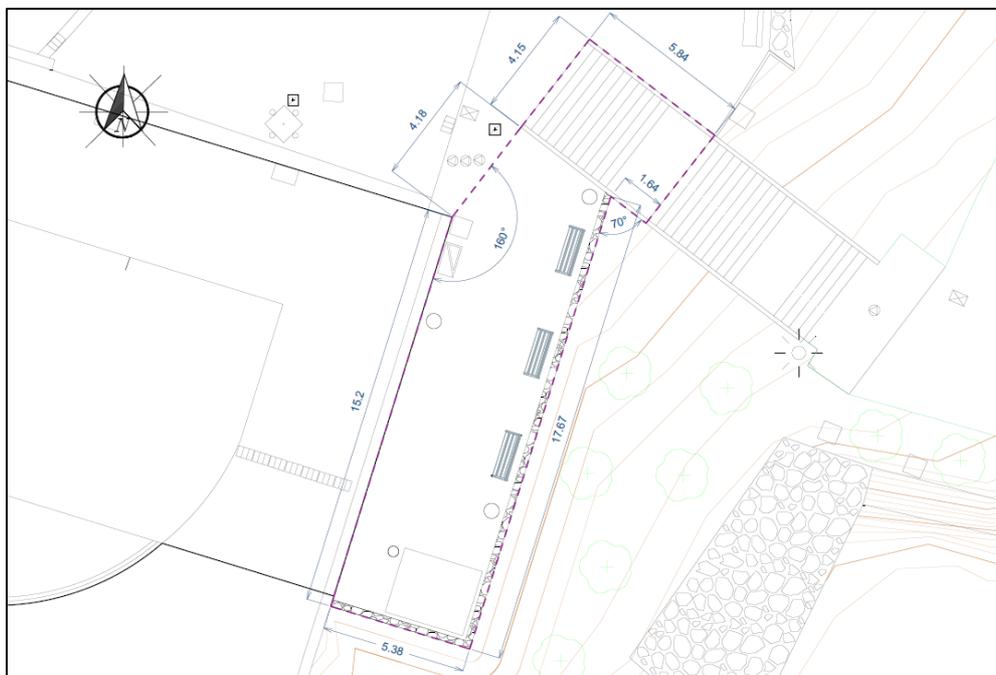


Ilustración 4. Disposición de la zona de espera. Fuente: Autor

3.4. ESCALERAS

La disposición de las escaleras a desplazar mantendrá las mismas características. El ancho, una vez alineadas, será de 3,85 metros. Las huellas serán de 35 cm y las contrahuellas de 14 cm para los 12 peldaños.

Se reutilizarán los pasamanos a ambos lados, de 5 cm de diámetro situados a 75 y 95 cm del suelo, separados del paramento vertical un mínimo de 5 cm y se prolongados al arranque y al final de cada tramo 40 cm.

El descansillo se mantendrá con una anchura de 2 metros y se velará por una iluminación suficiente, exenta de deslumbramientos y de zonas oscuras.

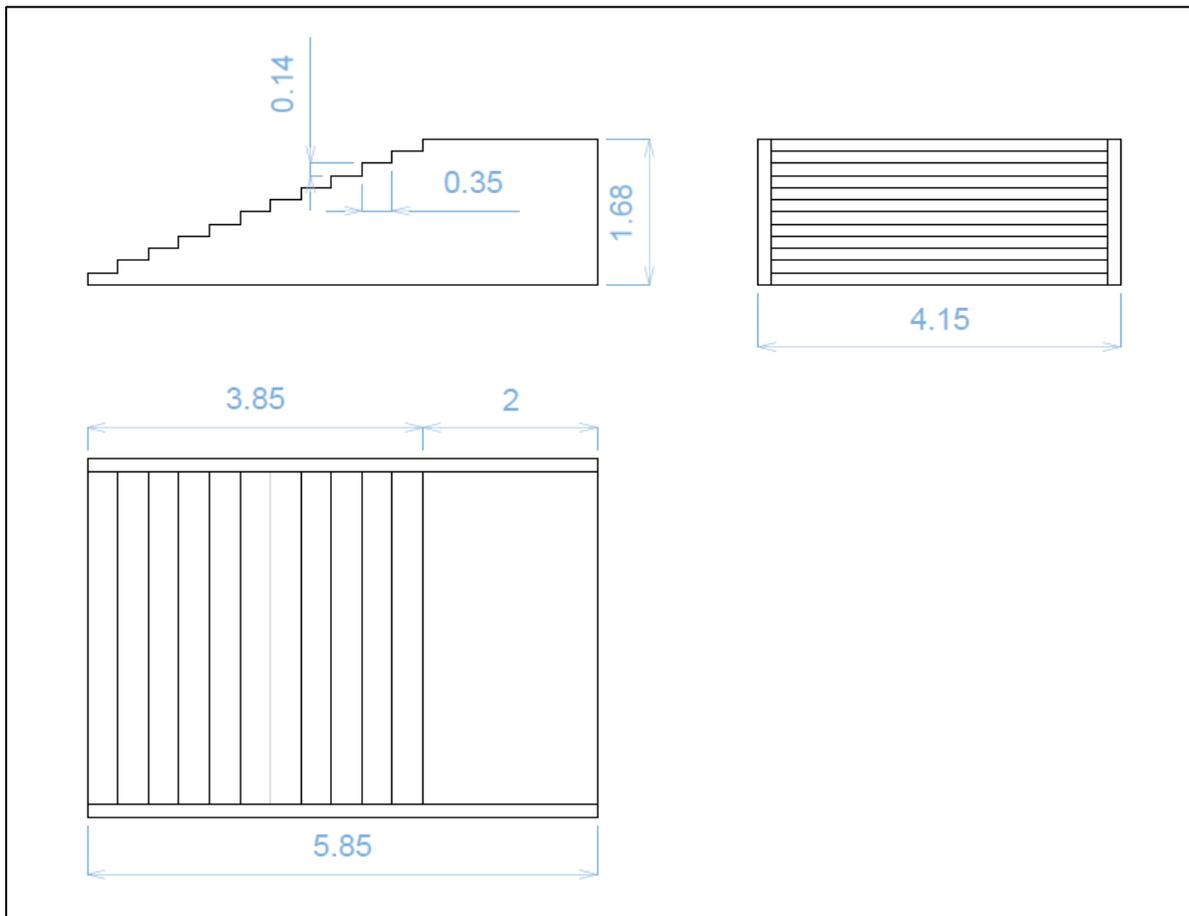


Ilustración 5. Disposición de las escaleras. Fuente: Autor

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 7. BASES DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. DISEÑO DE LA PASARELA.....	5
3. TIPOLOGÍA DE PUENTES Y SU FUNCIONAMIENTO.....	6
3.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE PASARELA	6
3.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA VERTICAL	7
3.3. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES.....	7
4. NORMATIVA A UTILIZAR.....	8
4.1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	8
5. PRINCIPIOS GENERALES DE PROYECTO	9
5.1. REQUISITOS FUNDAMENTALES	9
5.2. VIDA ÚTIL	10
5.3. CRITERIOS DE COMPROBACIÓN.....	10
5.4. SITUACIONES DE PROYECTO	10
5.5. ESTADOS LÍMITE	11
5.5.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU).....	11
5.5.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS).....	12
5.6. VERIFICACIONES	13
5.6.1. VERIFICACIONES EN ELU	13
5.6.2. VERIFICACIONES EN ELS	13
5.7. CLASIFICACIÓN DELAS ACCIONES	13
5.8. VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES	15
5.8.1. VALOR DE CÁLCULO PARA COMPROBACIONES EN ELU.....	16
5.8.2. VALOR DE CÁLCULO PARA COMPROBACIONES EN ELS.....	18
6. COMBINACIÓN DE ACCIONES	19
6.1. COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELU	19
6.1.1. EN SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA	19
6.1.2. EN SITUACIÓN ACCIDENTAL	21
6.2. COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELS.....	21
7. BASES DE CÁLCULO.....	23
7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES.....	24
7.2. ACCIONES PERMANENTES.....	25
7.2.1. DE VALOR CONSTANTE.....	25
7.2.2. PESO PROPIO.....	25

7.2.3. CARGAS MUERTAS.....	26
7.2.4. DE VALOR NO CONSTANTE	27
7.3. ACCIONES VARIABLES	28
7.3.1. SOBRECARGA DE USO	28
7.3.2. VIENTO.....	29
7.3.3. EFECTOS AEROELÁSTICOS.....	41
7.3.4. ACCIÓN TÉRMICA.....	42
7.3.5. NIEVE.....	51
7.4. ACCIONES ACCIDENTALES.....	54
7.4.1. IMPACTOS.....	54
7.4.2. ACCIÓN SÍSMICA.....	54
8. JUNTAS	55
9. ACABADO Y MANTENIMIENTO	56
9.1. ACERO.....	56
9.2. HORMIGÓN	57
9.3. MADERA	57
9.4. METACRILATO.....	58
10.PRUEBAS DE CARGA.....	59
10.1. DESARROLLO DE LA PRUEBA.....	59
10.2. INFORME DE LA PRUEBA DE CARGA	60
11.MÉTODO DE MONTAJE.....	61
11.1. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MONTAJE.....	62

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Software para arquitectura, ingeniería y construcción. Fuente: CYPE	4
Ilustración 2. Ascensor de referencia en cuanto a materiales utilizados. Fuente: Autor	7
Ilustración 3. Dimensiones principales de la estructura metálica. Fuente: Autor.....	23
Ilustración 4. Mapa de isotacas para la obtención de $v_b, 0$. Fuente: IAP-11	30
Ilustración 5. Coeficiente de fuerza c_f para las secciones más habituales. Fuente: IAP-11	34
Ilustración 6. Isotermas de la temperatura máxima anual del aire $T_{m\acute{a}x}$ (°C). Fuente: IAP-11	43
Ilustración 7. Zonas climáticas de invierno. Fuente: IAP-11.....	44
Ilustración 8. Relaciones. Fuente: IAP-11	44
Ilustración 9. Carreteras para vehículos colindantes al Proyecto. Fuente: Google Maps	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes parciales para las acciones γ_F (ELU-EQU). Fuente: IAP-11.....	16
Tabla 2. Coeficientes parciales para las acciones γ_F (ELU-STR). Fuente: IAP-11	17
Tabla 3. Coeficientes parciales para las acciones γ_F (ELS). Fuente: IAP-11.....	18
Tabla 4. Grupos de cargas de tráfico. Fuente: IAP-11	20
Tabla 5. Pesos específicos de diversos materiales (KN/m ³). Fuente: IAP-11.....	25
Tabla 6. Coeficientes según el tipo de entorno. Fuente: IAP-11	32
Tabla 7. Coeficiente α según el tipo de entorno. Fuente: IAP-11	39
Tabla 8. Temperatura mínima anual del aire $T_{m\acute{i}n}$ (°C). Fuente: IAP-11	43
Tabla 9. Periodos de retorno para situaciones transitorias. Fuente: IAP-11.....	45
Tabla 10. Valores de $\Delta T_e, m\acute{i}n$ y $\Delta T_e, m\acute{a}x$ para el cálculo de la componente. Fuente: IAP-11.....	46
Tabla 11. Valores del coeficiente de dilatación térmica lineal αT . Fuente: IAP-11	46
Tabla 12. Componente lineal de la diferencia vertical de temperatura. Fuente: IAP-11	48
Tabla 13. Coeficiente k_{sur} de influencia del tipo y espesor de pavimento. Fuente: IAP-11.....	49
Tabla 14. Diferencia transversal de T entre las dos caras externas del tablero. Fuente: IAP-11.....	49
Tabla 15. Sobrecarga de nieve en terreno horizontal. Fuente: IAP-11.....	51
Tabla 16. Sobrecarga de nieve en terreno natural en las capitales de provincia. Fuente: IAP-11.....	52

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anexo es detallar la estructura que conectará la calle Quintana con el Parque Etxebarria y determinar las acciones que afectarán a la misma para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio.

El cálculo de los elementos de la estructura se ha llevado a cabo mediante:

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

Para determinar el diseño de la pasarela peatonal con ascensor y su posterior cálculo, se ha utilizado el software informático *CYPE 2017.d*.

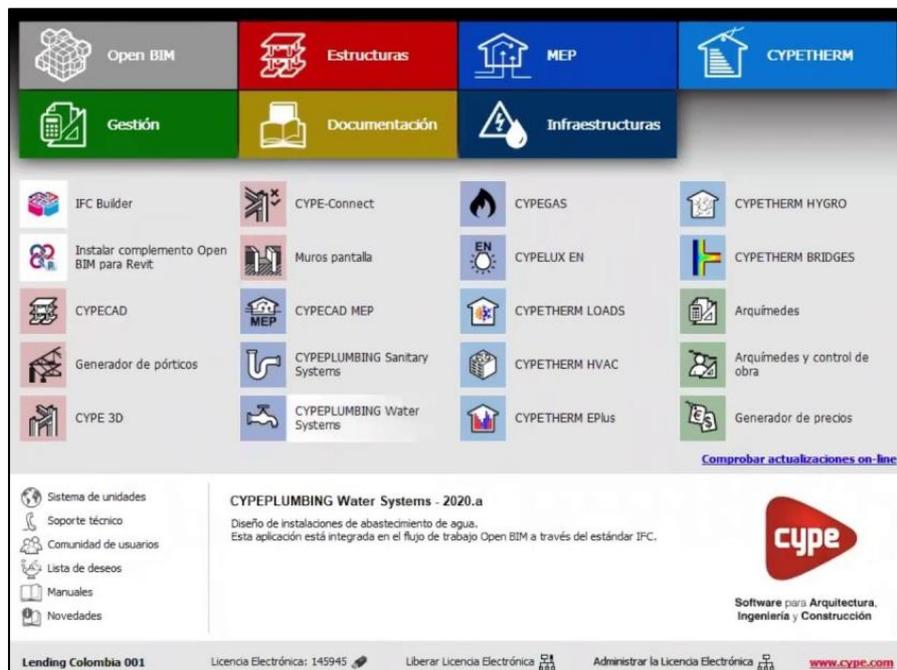


Ilustración 1. Software para arquitectura, ingeniería y construcción. Fuente: CYPE

2. DISEÑO DE LA PASARELA

El objetivo de una pasarela peatonal con ascensor es evitar un obstáculo de forma más accesible para todas las personas, en este caso, se trata de un desnivel superior a 40 metros de altura. Para ello, serán necesarios tener en cuenta los siguientes criterios previos al diseño de la pasarela.

- **Estéticos.** Las pasarelas deberán integrarse en la medida de lo posible en el entorno que las rodea y tendrán características agradables a la vista.
- **Durabilidad.** La vida útil de las pasarelas se establece como mínimo en 50 años, salvo justificación expresa. El Proyecto debe considerar este alcance, minimizando los costes de conservación.
- **Constructivos.** Los elementos utilizados en la construcción de pasarelas serán principalmente prefabricados. Esto hace que los plazos de ejecución disminuyan, y con ello, también lo hagan los costes.
- **Funcionales.** Las pasarelas estarán destinadas al uso de peatones y de ciclistas; sin embargo, en algunas ocasiones, es necesario el paso de vehículos de emergencias o de mantenimiento, debiendo considerarse este factor en el diseño de la sección tipo de la pasarela.
- **Económicos.** Debe tenerse en cuenta el coste de la estructura, además del mantenimiento necesario y la frecuencia de este, resultando lo más económico posible.
- **Medioambientales.** Deberá minimizarse el impacto que la obra pueda ocasionar al medio ambiente, tanto en la fase de ejecución como en el resto de su vida útil.

3. TIPOLOGÍA DE PUENTES Y SU FUNCIONAMIENTO

Se han tenido en cuenta las distintas tipologías de puentes para la geometría de la pasarela peatonal del presente Proyecto. Según su uso y función durante su vida útil se pueden clasificar en las siguientes.

- **Puentes rectos o vigas.** Los vanos de esta tipología son soportados por vigas en forma de I, en forma de cajón, etc. Son construidos normalmente en madera, acero u hormigón, ya sea armado pretensado o postensado. Se emplean en luces cortas e intermedias siendo un uso muy típico en pasarelas peatonales.
- **Puentes en arco.** Tienen situados sus apoyos en los extremos de la luz a salvar, entre los cuales se dispone una estructura con forma de arco con la que se transmiten las cargas. Suelen ser construidos en acero u hormigón y son utilizados para salvar grandes luces. Su uso normalmente va dedicado a la creación de viaductos de canales y carreteras.
- **Puentes colgantes.** El tablero de este puente se sujeta mediante cables en vez de ir apoyado sobre pilas. Construidos generalmente en acero, la cantidad de material utilizado es menor que en el resto de las tipologías, logrando salvar luces mucho mayores.
- **Puentes atirantados.** Se diferencian de los colgantes en que los cables principales se disponen de pila a pila sosteniendo el tablero mediante cables secundarios. También suelen ser construidos en acero y alcanzan grandes luces.

3.1. SELECCIÓN DEL TIPO DE PASARELA

A partir de las tipologías presentadas anteriormente y sus distintas formas de trabajo, se ha optado por la tipología de puente recto o puente viga. Se ha considerado como la más adecuada debido a su uso extendido como pasarelas peatonales, menor impacto visual y las condiciones a las que se va a encontrar sometida. De esta forma, la pasarela se encontrará apoyada en sus dos extremos y a lo largo de la misma mediante pilares y apoyos intermedios.

3.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA VERTICAL

La tipología de la estructura principal se ha decidido de la forma más simplificada posible, de esta forma, el plazo de ejecución, la cantidad de materiales, la mano de obra, etc, se verán reducidos. Se ha optado por una celosía formada por vigas y pilares arriostrados mediante tirantes en forma de cruces de San Andrés. Esta tipología se realizará de forma simétrica y constante.

3.3. SELECCIÓN DE LOS MATERIALES

Los materiales más habituales para este tipo de proyectos constructivos son el acero, el hormigón y la madera.

En este caso, la estructura vertical y la pasarela peatonal estarán formadas por acero. Este material destaca entre otros materiales por su alta resistencia y por su aptitud para soportar cargas elevadas con una sección reducida. Además, el bajo coste y la rapidez de montaje en comparación con otros materiales, lo convierten en un material ideal para este tipo de proyectos.

En el caso de las cimentaciones, se hará uso del hormigón, garantizando así la transmisión de las cargas de la estructura al terreno.



Ilustración 2. Ascensor de referencia en cuanto a materiales utilizados. Fuente: Autor

4. NORMATIVA A UTILIZAR

La determinación de las acciones sobre los diferentes elementos estructurales del presente Proyecto ha sido llevada a cabo mediante la *Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11)* aprobada por orden de 29 de septiembre de 2011.

A continuación, se presenta el objetivo, el ámbito de aplicación y los principios generales que deberá cumplir el Proyecto según la normativa vigente mencionada.

4.1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

La instrucción IAP-11 tiene por objeto la determinación de las acciones, los coeficientes de ponderación y las combinaciones de acciones que deben tenerse en cuenta en el proyecto de puentes y otras estructuras de la red de carreteras del Estado (RCE). Además, se incluyen algunos criterios funcionales que tengan que cumplir los puentes, con independencia de los materiales que los constituyen.

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

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

La IAP-11 será aplicada de forma complementaria con el resto de la normativa vigente que tenga en su ámbito de aplicación los puentes y sus materiales constituyentes.

5. PRINCIPIOS GENERALES DE PROYECTO

5.1. REQUISITOS FUNDAMENTALES

La instrucción IAP-11 se ha redactado teniendo en cuenta los requisitos fundamentales siguientes.

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

Para alcanzar los niveles de seguridad adoptados en dicha normativa, además de las preinscripciones en ella establecidas, deberán cumplirse los siguientes principios.

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

5.2. VIDA ÚTIL

Se entiende por vida útil de una estructura el periodo de tiempo, a partir de la fecha en que finaliza su ejecución, durante el cual debe cumplir la función para la que fue construida, contando siempre con la conservación adecuada pero sin requerir operaciones significativas de rehabilitación. Para los puentes de carretera objeto de la instrucción IAP-11, se establece una vida útil de proyecto de 100 años.

5.3. CRITERIOS DE COMPROBACIÓN

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

5.4. SITUACIONES DE PROYECTO

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

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

La instrucción considera las siguientes situaciones.

- **Situaciones persistentes.** Corresponden a las condiciones de uso normales de la estructura en su vida útil.
- **Situaciones transitorias.** Se producen cuando las condiciones de uso o estado son temporales, como puede ser durante su construcción o reparación, y para las que se considerará el correspondiente periodo de duración.

- **Situaciones accidentales.** Corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura. Por ejemplo, las provocadas por un impacto o por el fallo de un elemento.
- **Situaciones sísmicas.** Corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura durante un evento sísmico. La situación sísmica se distingue del resto de situaciones accidentales debido a que en ella se establecen diferentes niveles de magnitud de la acción en función de los requisitos de seguridad o de servicio.

5.5. ESTADOS LÍMITE

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

A efectos de aplicación de la normativa IAP-11, los estados límite se clasifican en estados límite último y estados límite de servicio.

5.5.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)

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

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

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

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

5.5.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS)

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

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

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

5.6. VERIFICACIONES

5.6.1. VERIFICACIONES EN ELU

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

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

siendo:

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

Para verificar el resto de los ELU, salvo el de fatiga, se debe satisfacer lo siguiente.

$$E_d \leq R_d$$

siendo:

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones
 R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente

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

5.6.2. VERIFICACIONES EN ELS

Para verificar los ELS, se debe satisfacer la condición siguiente.

$$E_d \leq C_d$$

siendo:

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones
 C_d valor límite del efecto de las acciones para el ELS considerado

5.7. CLASIFICACIÓN DELAS ACCIONES

Las acciones se pueden clasificar atendiendo a su naturaleza, a su variación en el tiempo, a su variación espacial o a la respuesta estructural que producen.

- Su naturaleza:
 - **Acción directa.** Fuerza aplicada sobre la estructura (peso propio, sobrecargas de uso, etc.).
 - **Acción indirecta.** Una deformación o una aceleración impuesta a la estructura (acciones reológicas, térmicas, sísmicas, asientos, etc.).
- Su variación en el tiempo:

- **Acciones permanentes de valor constante (G).** Son las que actúan en todo momento y son constantes en posición y magnitud, para una situación de proyecto determinada (peso propio de la estructura, del pavimento y de los elementos funcionales, etc.).
- **Acciones permanentes de valor no constante (G*).** Son las que actúan en todo momento, pero cuya magnitud no es constante.

En este grupo se incluyen aquellas acciones cuya variación sea función del tiempo transcurrido y se produzca en un único sentido, tendiendo hacia un determinado valor límite (acciones reológicas, pretensado, asientos del terreno bajo las cimentaciones, etc.).

También se incluyen otras acciones originadas por el terreno cuya magnitud no varía en función del tiempo, sino de la interacción terreno-estructura (por ejemplo, empujes sobre elementos verticales).

- **Acciones variables (Q).** Son acciones externas a la estructura que pueden actuar o no, y, si lo hacen pueden tener diferentes valores (sobrecargas de uso, acciones climáticas, etc.).
 - **Acciones accidentales (A).** Son acciones de corta duración cuya probabilidad de actuación durante la vida útil de la estructura es pequeña, pero cuyos efectos pueden ser considerables (impactos de vehículos, sismos, avenidas de periodo de retorno importante, etc.).
- Su variación espacial:

- **Acciones fijas.** Son las que se aplican siempre en la misma posición (por ejemplo, el peso propio de los elementos estructurales y de algunos elementos funcionales).
- **Acciones libres.** Son las que pueden actuar en diferentes posiciones (por ejemplo, las sobrecargas de uso).
- La respuesta estructural que producen:
 - **Acciones estáticas o casi estáticas.** Son las que no provocan oscilaciones o vibraciones significativas en la estructura o en sus elementos estructurales.
 - **Acciones dinámicas.** Son las que pueden originar oscilaciones o vibraciones significativas en la estructura o en sus elementos estructurales.

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

5.8. VALOR DE CÁLCULO DE LAS ACCIONES

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

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

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

5.8.1. VALOR DE CÁLCULO PARA COMPROBACIONES EN ELU

En **situación persistente o transitoria** las comprobaciones de equilibrio (EQU) se realizarán adoptando los valores de los coeficientes parciales γ_F indicados en la siguiente tabla.

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

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

(2) Por acciones climáticas se entiende la acción térmica, el viento y la nieve.

Tabla 1. Coeficientes parciales para las acciones γ_F (ELU-EQU). Fuente: IAP-11

Las comprobaciones resistentes (STR) se realizarán adoptando los valores de los coeficientes parciales γ_F indicados en la siguiente tabla.

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

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

Tabla 2. Coeficientes parciales para las acciones γ_F (ELU-STR). Fuente: IAP-11

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

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

5.8.2. VALOR DE CÁLCULO PARA COMPROBACIONES EN ELS

Para las comprobaciones en estado límite de servicio, se adoptarán los valores de los coeficientes parciales γ_F indicados en la siguiente tabla.

	ACCIÓN	EFECTO	
		FAVORABLE	DESFAVORABLE
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0	1,0
	Carga muerta	1,0	1,0
Permanente de valor no constante (G')	Pretensado P_1	0,9 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾
	Pretensado P_2	1,0	1,0
	Otras presolicitaciones	1,0	1,0
	Reológicas	1,0	1,0
	Empuje del terreno	1,0	1,0
	Asientos	0	1,0
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0	1,0
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0	1,0
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0	1,0
	Acciones climáticas	0	1,0
	Empuje hidrostático	0	1,0
	Empuje hidrodinámico	0	1,0
	Sobrecargas de construcción	0	1,0

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

Tabla 3. Coeficientes parciales para las acciones γ_F (ELS). Fuente: IAP-11

6. COMBINACIÓN DE ACCIONES

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

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

6.1. COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELU

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

6.1.1. EN SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA

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

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

donde:

$G_{k,j}$	valor característico de cada acción permanente
$G_{k,m}^*$	valor característico de cada acción permanente de valor no constante
$Q_{k,1}$	valor característico de la acción variable dominante
$\psi_{0,i} Q_{k,i}$	valor de combinación de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante
γ_G, γ_Q	coeficientes parciales

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

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

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

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

(1) La denominación de los grupos de cargas hace referencia a la componente dominante del grupo
 (2) Se define como valor reducido el que corresponde al valor frecuente que figura en la *tabla 6.1-a*, es decir:
 $\psi_1 = 0,75$ para los vehículos pesados
 $\psi_1 = 0,40$ para la sobrecarga uniforme

Tabla 4. Grupos de cargas de tráfico. Fuente: IAP-11

- Cuando se considere el viento transversal sobre el tablero, se considerará la actuación simultánea de la componente vertical del viento y el momento de vuelco correspondiente.
- Cuando se considere el viento longitudinal sobre el tablero, no se considerará la actuación simultánea del viento transversal, ni el empuje vertical, ni el momento de vuelco correspondiente.

- Cuando se considere la acción del viento como predominante, no se tendrá en cuenta la actuación de la sobrecarga de uso.
- Cuando se considere la sobrecarga de uso como predominante, se considerará el viento concomitante correspondiente.
- Cuando se considere el grupo de cargas de tráfico gr 2 (fuerzas horizontales con su valor característico), no se considerará la actuación del viento ni de la nieve.
- No se considerará la acción simultánea del viento y de la acción térmica.
- En general, no se considerará la acción simultánea de la carga de nieve y la sobrecarga de uso salvo en zonas de alta montaña, en cuyo caso se estudiará para el Proyecto concreto la distribución espacial y la concomitancia de ambas acciones.

6.1.2. EN SITUACIÓN ACCIDENTAL

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

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

donde:

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

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

6.2. COMBINACIONES PARA COMPROBACIONES EN ELS

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

- **Combinación característica (poco probable o rara):**

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

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

- **Combinación frecuente:**

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

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

- **Combinación casi-permanente:**

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

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

7. BASES DE CÁLCULO

A continuación, se presentan los cálculos realizados para el correcto dimensionamiento y la posterior disposición de la estructura metálica objeto del presente Proyecto. Para llevar a cabo los cálculos se ha dividido la estructura las siguientes partes:

- Tablero de la pasarela peatonal.
- Apoyos intermedios de la pasarela.
- Estructura vertical del ascensor.

En primer lugar, se estudian las acciones que actuarán sobre las distintas partes de la estructura, estas, tal y como se han detallado en el apartado anterior, pueden ser permanentes, variables o accidentales. Después, se adjuntan los resultados obtenidos tras introducir dichas acciones en el CYPE 2017.d, software para arquitectura, ingeniería y construcción.

Además, se han descrito los materiales de las estructuras, sus acabados y mantenimiento, las juntas, el método de montaje y la correspondiente prueba de carga del Proyecto.

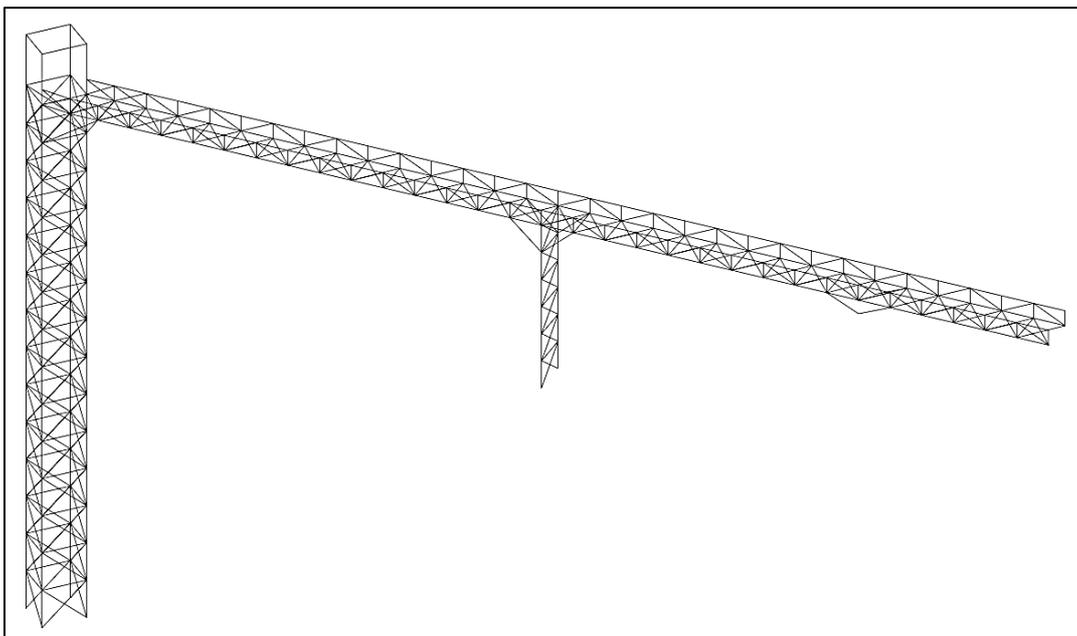


Ilustración 3. Dimensiones principales de la estructura metálica. Fuente: Autor

7.1. DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

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

- **Acero.** Se usarán perfiles, placas de anclaje y rigidizadores de acero S275JR con las siguientes características.

- Tensión de límite elástico (f_y): 255 – 275 N/mm²
- Tensión de rotura (f_u): 410 N/mm²

En el caso de barras corrugadas, serán de acero B500S y de las siguientes características.

- Tensión de límite elástico (f_y): 500 N/mm²
- Carga unitaria de rotura (f_s): 440 N/mm²
- Alargamiento de rotura (ϵ_u): 14 %

Todos los componentes estructurales, tanto de la pasarela peatonal como de la estructura del ascensor, serán de acero. Además, las barandillas en celosía de la pasarela también se han dispuesto de acero.

- **Hormigón.** Se usará HA-25 en las cimentaciones y tendrá las siguientes características.

- Resistencia característica a compresión (f_{ck}): 25 N/mm²
- Peso específico del hormigón armado (γ_{HA}): 25 kN/m³

- **Madera.** El pavimento de la pasarela peatonal se realizará mediante madera antideslizante.

- **Metacrilato.** Toda la estructura vertical será aislada mediante metacrilato haciendo que el ascensor sea panorámico y tenga iluminación natural durante el día. Se ha preferido frente al cristal por su menor peso y por ser más económico.

7.2. ACCIONES PERMANENTES

7.2.1. DE VALOR CONSTANTE

Las acciones permanentes de valor constante (G) son producidas por el peso de los distintos elementos que forman parte de la estructura. A efectos de aplicación de la instrucción IAP-11 se clasifican en peso propio y cargas muertas.

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

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

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

Tabla 5. Pesos específicos de diversos materiales (KN/m³). Fuente: IAP-11

7.2.2. PESO PROPIO

Esta acción es la que corresponde al peso de los elementos estructurales; pilares, vigas y arriostramientos. El peso propio es calculado automáticamente por el software CYPE 2017.d al introducir cada elemento, por lo que no será preciso calcularlo.

7.2.3. CARGAS MUERTAS

Son las debidas a los elementos no estructurales que gravitan sobre los estructurales, tales como el pavimento de madera de la pasarela y las planchas de metacrilato. El peso del sistema de iluminación y drenaje se considera despreciable.

- **Pavimento de madera.** Para estar del lado de la seguridad, se ha tomado el mayor valor de madera seca ya que húmeda no se va a encontrar debido al tratamiento al que va a ser sometido, esto es, un 9 kN/m^3 . El espesor será de 3 cm, la anchura de las pasarela es de 2,5 m y la distancia entre perfiles transversales es de 2,15 m.

Cada uno de los 30 tramos de la pasarela peatonal corresponderá con lo siguiente.

$$9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 1,25 \text{ m} \cdot 2,15 \text{ m} \cdot \frac{1}{6,8 \text{ m}} = 0,107 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0107 \frac{t}{m}}$$

El último tramo previo a la conexión con la estructura vertical tiene una superficie menor debido a que la distancia entre perfiles transversales es de 1,89 metros.

$$9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 1,25 \text{ m} \cdot 1,89 \text{ m} \cdot \frac{1}{6,28 \text{ m}} = 0,102 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0102 \frac{t}{m}}$$

El tramo de conexión con la estructura vertical tiene una superficie triangular menor.

$$9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,03 \text{ m} \cdot 2,53 \text{ m}^2 \cdot \frac{1}{7,545 \text{ m}} = 0,091 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0091 \frac{t}{m}}$$

- **Barandillas de seguridad.** Se dispondrá de barandilla en celosía a ambos lados de la pasarela peatonal. Para mayor seguridad se propone cerrar toda la superficie lateral hasta la altura de 1,1 m mediante telas metálicas de $3,591 \text{ kg/m}^2$ según la información ofrecida por Ferros Perich, S.L.

$$3,591 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot 1,10 \text{ m} = 3,950 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = \mathbf{0,0040 \frac{t}{m}}$$

La carga muerta total sobre el tablero es de $\mathbf{0,0107 \frac{t}{m} + 0,0040 \frac{t}{m} = 0,0147 \frac{t}{m}}$

Por lo tanto, el peso muerto del pavimento de madera y de las telas metálicas en las barandillas gravita sobre las vigas horizontales del tablero, quedando así una carga uniforme repartida.

- Planchas de metacrilato.** En la estructura vertical del ascensor se dispondrá de planchas de metacrilato de 1,2 cm de espesor para aislar la instalación eléctrica de la intemperie. Dado que en la tabla anterior no se dispone del peso específico del material, se tomará el valor de 12 kN/m^3 para una plancha de 12 mm ofrecido por la empresa especialista Ceplasa S.A.

Los paños superiores (altura 3,72 m) y la cubierta (3 x 2,5 m) de la estructura vertical tendrán las siguientes solicitaciones.

$$12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot \frac{1}{11 \text{ m}} = 0,098 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0098 \frac{t}{m}}$$

$$12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 3,72 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot \frac{1}{12,44 \text{ m}} = 0,108 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0108 \frac{t}{m}}$$

$$12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 3,72 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot \frac{1}{13,44 \text{ m}} = 0,120 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0120 \frac{t}{m}}$$

El siguiente paño de la estructura vertical (altura 2,85 m) tendrá el siguiente valor.

$$12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 2,85 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot \frac{1}{10,7 \text{ m}} = 0,096 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0096 \frac{t}{m}}$$

$$12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 2,85 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot \frac{1}{11,7 \text{ m}} = 0,105 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0105 \frac{t}{m}}$$

Cada uno de los 13 paños de la estructura vertical (altura 2,75 m) corresponderá con los valores siguientes.

$$12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} \cdot \frac{1}{10,5 \text{ m}} = 0,094 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0094 \frac{t}{m}}$$

$$12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 2,75 \text{ m} \cdot 3 \text{ m} \cdot \frac{1}{11,5 \text{ m}} = 0,103 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0103 \frac{t}{m}}$$

7.2.4. DE VALOR NO CONSTANTE

Las acciones permanentes de valor no constante (G^*) existen siempre pero de manera no contante. En IAP-11 se enumeran una serie de apartados que no se estudiarán en el presente anexo; unos por falta de datos y otros porque no corresponden.

7.3. ACCIONES VARIABLES

7.3.1. SOBRECARGA DE USO

Siguiendo la instrucción IAP-11, en las zonas de uso peatonal de los puentes (aceras, rampas y escaleras), se supondrá aplicada una sobrecarga uniforme de 5 kN/m^2 en las zonas más desfavorables, longitudinal y transversalmente, para el efecto en estudio.

En puentes en los que sean de prever aglomeraciones de personas, se considerará la actuación de la sobrecarga uniforme de 5 kN/m^2 en lugar de las cargas verticales debidas al tráfico de vehículos. Esta carga, prevista a efectos de comprobaciones generales, estará asociada únicamente a situaciones de cálculo transitorias.

Para la determinación de los efectos estáticos de la sobrecarga de uso debida al tráfico de peatones en pasarelas, se considerará la acción simultánea de las cargas siguientes:

- Una carga vertical uniformemente distribuida q_{fk} de valor igual a 5 kN/m^2 .
- Una fuerza horizontal longitudinal Q_{flk} de valor igual al 10 % del total de la carga vertical uniformemente distribuida, actuando en el eje del tablero a nivel de la superficie del pavimento.

Ambas cargas se considerarán como una acción única, cuyo valor constituye el valor característico de la sobrecarga de uso cuando se combina con el resto de acciones (cargas permanentes, viento, etc.).

La fuerza horizontal Q_{flk} será en general suficiente para asegurar la estabilidad horizontal longitudinal de la pasarela; no así la estabilidad horizontal transversal, que deberá asegurarse mediante la consideración de las acciones correspondientes.

A continuación, se exponen los cálculos realizados para introducir en CYPE 2017.d la carga por sobrecarga de uso un el tablero.

$$5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1,25 \cdot 2,15 \cdot \frac{1}{6,8 \text{ m}} = 1,976 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,1976 \frac{t}{m}}$$

7.3.2. VIENTO

En general, la acción del viento se asimilará a una carga estática equivalente, salvo que, sea necesario además considerar los efectos aeroelásticos.

Para obtener la carga estática equivalente a la acción del viento, se seguirán las indicaciones de los siguientes apartados.

1. Velocidad básica del viento

La velocidad básica fundamental del viento $v_{b,0}$ es la velocidad media a lo largo de un periodo de 10 minutos, con un periodo de retorno T de 50 años, medida con independencia de la dirección del viento y de la época del año en una zona plana y desprotegida frente al viento, equivalente a un entorno de puente tipo II, a una altura de 10 m sobre el suelo.

A partir de una velocidad básica del viento $v_{b,0}$, se obtendrá la velocidad básica v_b mediante la expresión.

$V_b = C_{dir} C_{season} V_{b,0}$	
donde:	
V_b	velocidad básica del viento para un periodo de retorno de 50 años [m/s]
C_{dir}	factor direccional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1,0
C_{season}	factor estacional del viento que, a falta de estudios más precisos, puede tomarse igual a 1,0
$V_{b,0}$	velocidad básica fundamental del viento [m/s]

Siguiendo el mapa de isotacas de la siguiente ilustración y situando el presente Proyecto en Bilbao, se puede tomar una velocidad básica fundamental del viento de 29 m/s. Por lo tanto, la velocidad básica del viento será la siguiente.

$$v_b = 1 \cdot 1 \cdot 29 = 29 \text{ m/s}$$



Ilustración 4. Mapa de isotacas para la obtención de $v_{b,0}$. Fuente: IAP-11

Para un periodo de retorno diferente de 50 años, la velocidad básica $v_b(T)$ será:

$$v_b(T) = v_b c_{prob}$$

donde:

$v_b(T)$ velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno T

T periodo de retorno [años]

c_{prob} factor de probabilidad, obtenido de la siguiente fórmula:

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

tomando para los parámetros K y n los valores siguientes: $K = 0,2$ y $n = 0,5$

Para situaciones persistentes, a falta de estudios específicos, se considerará un periodo de retorno de 100 años ($c_{prob} = 1,04$).

Para situaciones transitorias, se tomarán los periodos de retorno indicados en la instrucción IAP-11, salvo que se justifiquen adecuadamente otros valores.

2. Velocidad media del viento

La velocidad media del viento $v_m(z)$ a una altura z sobre el terreno dependerá de la rugosidad del terreno, de la topografía y de la velocidad básica del viento v_b , y se determinará según la expresión siguiente.

$$v_m(z) = c_r(z) c_o v_b(T)$$

donde:

$v_b(T)$ velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno T

c_o factor de topografía, que se tomará habitualmente igual a 1,0. En valles en los que se pueda producir un encauzamiento del viento actuante sobre el puente, se tomará para c_o un valor de 1,1. Cuando existan obstáculos naturales susceptibles de perturbar apreciablemente el flujo del viento sobre el puente, el valor de c_o se determinará mediante un estudio específico

$c_r(z)$ factor de rugosidad obtenido de la siguiente fórmula:

$$c_r(z) = k_r \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{para } z \geq z_{min}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{para } z < z_{min}$$

siendo:

z altura del punto de aplicación del empuje de viento respecto del terreno o respecto del nivel mínimo del agua bajo el puente [m]

k_r factor del terreno, según *tabla 4.2-b*

z_0 longitud de la rugosidad, según *tabla 4.2-b*

z_{min} altura mínima, según *tabla 4.2-b*

A efectos de calcular los parámetros anteriores, se considerarán los cinco tipos de entorno siguientes.

- **Tipo 0.** Mar o zona costera expuesta al viento.
- **Tipo I.** Lagos o áreas planas y horizontales con vegetación despreciable y sin obstáculos.
- **Tipo II.** Zona rural con vegetación baja y obstáculos aislados, (árboles, construcciones pequeñas, etc.), con separaciones al menos 20 veces la altura de los obstáculos.
- **Tipo III.** Zona suburbana, forestal o industrial con construcciones y obstáculos aislados con una separación máxima de 20 veces la altura de los obstáculos.

- **Tipo IV.** Zona urbana en la que al menos el 15 % de la superficie esté edificada y la altura media de los edificios exceda de 15 m.

TIPO DE ENTORNO	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
0	0,156	0,003	1
I	0,170	0,01	1
II	0,190	0,05	2
III	0,216	0,30	5
IV	0,235	1,00	10

Tabla 6. Coeficientes según el tipo de entorno. Fuente: IAP-11

El entorno del Proyecto corresponde con el Tipo IV, ya que se trata de una zona urbana edificada y la altura de los edificios excede los 15 metros. De esta forma, y según los coeficientes de la tabla anterior, se calcula la velocidad media del viento.

La altura del punto de aplicación del empuje del viento con respecto del acceso inferior es de 41,32 metros y la altura mínima es de 10 metros. Además, se tomará como factor de topografía (c_0) el valor de 1,1 en caso de que se produzca un encauzamiento del viento debido a la orografía del terreno.

$$z > z_{min} = 41,32 \text{ m} > 10 \text{ m}$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) = c_r(41,32) = 0,235 \cdot \ln\left(\frac{41,32}{1,00}\right) = 0,8745$$

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0 \cdot v_b(T) = v_m(41,32) = 0,8745 \cdot 1,1 \cdot 29 = \mathbf{27,9 \text{ m/s}}$$

3. Empuje del viento

El empuje producido por el viento se calculará por separado para cada elemento del puente, teniendo en cuenta los siguientes aspectos.

- El área expuesta al viento o las características aerodinámicas del elemento pueden resultar modificadas por la materialización de otras acciones actuando en la estructura (nieve, sobrecargas de uso, etc.).

- En situaciones transitorias, algunos elementos pueden presentar superficies de exposición al viento diferentes a las definitivas (por ejemplo, cajón abierto frente a cerrado). Además, los elementos auxiliares de construcción pueden añadir superficies adicionales a tener en cuenta.

A continuación, se calculará el empuje del viento sobre cualquier elemento.

$$F_w = \left[\frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] c_e(z) c_f A_{ref}$$

siendo:

F_w empuje horizontal del viento [N]
 $\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$ presión de la velocidad básica del viento q_b [N/m²]
 ρ densidad del aire, que se tomará igual a 1,25 kg/m³
 $v_b(T)$ velocidad básica del viento [m/s] para un periodo de retorno T
 c_f coeficiente de fuerza del elemento considerado
 A_{ref} área de referencia, que se obtendrá como la proyección del área sólida expuesta sobre el plano perpendicular a la dirección del viento [m²]
 $c_e(z)$ coeficiente de exposición en función de la altura z calculado según la fórmula siguiente¹:

$$c_e(z) = k_r^2 \left[c_o^2 \ln^2 \left(\frac{z}{z_0} \right) + 7 k_t c_o \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) \right] \quad \text{para } z \geq z_{min}$$

Como $z = 41,32 \text{ m} > z_{min} = 10 \text{ m}$ y el factor de turbulencia (k_t) toma un valor igual a 1,0, el coeficiente de exposición en función de la altura z será el siguiente.

$$c_e(z) = 0,235^2 \cdot \left[1,1^2 \cdot \ln^2 \left(\frac{41,32}{1} \right) + 7 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot \ln \left(\frac{41,32}{1} \right) \right] = \mathbf{2,508}$$

Las áreas de referencia, que serán el producto entre las dimensiones de la pasarela y una altura equivalente de 0,3 m como hipótesis del perfil metálico, son:

- **Viento transversal.** $A_{ref} = 0,3 \text{ m} \cdot 68 \text{ m} = 20,4 \text{ m}^2$
- **Viento longitudinal.** $A_{ref} = 0,3 \text{ m} \cdot 2,5 \text{ m} = 0,75 \text{ m}^2$

Dicha altura equivalente de 0,3 m supone el estudio de la estructura desde el lado de la seguridad ya que el perfil de mayores dimensiones alcanza los 0,16 m de espesor.

La presión de la velocidad básica del viento:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2(T) = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 29^2 = \mathbf{525,625 \text{ N/m}^2}$$

El coeficiente de fuerza (c_f) se ha obtenido a través de la siguiente ilustración. En concreto, se trata de un coeficiente con un valor igual a 2,0. Por lo tanto, el empuje del viento se obtendrá de la siguiente forma:

- **Empuje transversal.** $F_w = 525,625 \text{ N/m}^2 \cdot 2,508 \cdot 2,0 \cdot 20,4 \text{ m}^2 = 53,785 \text{ kN}$
- **Empuje longitudinal.** $F_w = 525,625 \text{ N/m}^2 \cdot 2,508 \cdot 2,0 \cdot 0,75 \text{ m}^2 = 1,977 \text{ kN}$

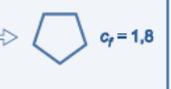
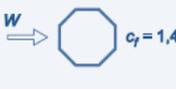
	$\frac{B}{h}$	$\leq 0,2$	0,4	0,6	0,7	1,0	2,0	5,0	$\geq 10,0$
	c_f		2,0	2,2	2,35	2,4	2,1	1,65	1,0
 $c_f = 1,4$	 sección circular con superficie lisa y tal que: $\varnothing v_b(T) \sqrt{c_s(z)} > 6 \text{ m}^2/\text{s}$ $c_f = 0,7$		sección circular con superficie rugosa ^(*) , o lisa tal que: $\varnothing v_b(T) \sqrt{c_s(z)} < 6 \text{ m}^2/\text{s}$ $c_f = 1,2$						
 $c_f = 1,8$	 $c_f = 1,6$		 $c_f = 1,45$		 $c_f = 1,3$				
 $c_f = 1,6$	 $c_f = 2,2$			 $c_f = 2,0$					

Ilustración 5. Coeficiente de fuerza c_f para las secciones más habituales. Fuente: IAP-11

Siempre que el viento actúe simultáneamente con las sobrecargas de uso, el valor resultante de la fuerza equivalente del viento se combinará con el resto afectado por los correspondientes factores de simultaneidad ψ y deberá aplicarse sobre la longitud que resulte más desfavorable, independientemente de la zona de aplicación de las acciones verticales debidas a la propia sobrecarga de uso.

4. Dirección del viento

Para evaluar la acción del viento sobre la estructura se considerará su actuación en dos direcciones:

- **Perpendicular al eje del tablero.** Dirección transversal (X). Esta componente podrá ir acompañada de una componente asociada en dirección vertical (Z).
- **Paralela al eje del tablero.** Dirección longitudinal (Y).

Si el tablero es de planta curva, se supondrá que la dirección longitudinal es la de la cuerda que une los dos extremos del puente y que la dirección transversal es su perpendicular. Para cada dirección, el sentido de aplicación de la fuerza del viento será el que resulte más desfavorable para el elemento y efecto en estudio.

Alternativamente, para el cálculo del efecto del viento sobre el tablero, se podrá considerar, y siempre que la amplitud angular del arco definido en planta por el tablero no supere 90° , lo siguiente:

- Un viento radial, normal a la superficie lateral del tablero en cada punto, cuyo valor característico es el mismo que el definido para el viento transversal sobre el tablero.
- Un viento tangencial a la directriz en cada punto, cuyo valor característico es el mismo que el definido para el viento longitudinal sobre el tablero.

Análogamente, en las pilas de puentes de tablero curvo en planta, y siempre que la amplitud angular del arco definido por el tablero no supere 90° , se podrá considerar que las dos direcciones del viento son:

- Perpendicular a la directriz del tablero en cada pila, que se considerará concomitante con el viento transversal sobre el tablero.
- Tangente a la directriz del tablero en cada pila, que se considerará concomitante con el viento longitudinal sobre el tablero.

En general, se considerará que la acción del viento en las direcciones transversal y longitudinal no es concomitante. La componente vertical del viento, dirección Z, se considerará concomitante sólo con la dirección transversal del viento.

En el caso particular que se produzcan vientos en dirección oblicua al eje del tablero, o cuando la estructura pueda ser especialmente sensible a vientos oblicuos, se comprobará además la seguridad estructural para estos vientos. Se determinará la presión de la velocidad básica del viento (q_b) correspondiente a la dirección oblicua, se descompondrá vectorialmente esta presión en las dos direcciones, longitudinal y transversal, se calcularán independientemente los empujes correspondientes y ambos se considerarán aplicados simultáneamente sobre la estructura.

5. Empuje del viento sobre el tablero

5.1. Efectos provocados por el viento transversal

El cálculo del empuje transversal **horizontal** del viento sobre el tablero, a efectos de aplicación de la IAP-11, se distinguen dos tipos de tablero, de alma llena o de celosía.

El tablero de la pasarela peatonal del presente Proyecto está planteado de alma llena, por lo que a continuación se detallará y estudiará dicha tipología.

Se incluyen en este caso los tableros con alma llena de tipo cajón (sencillo o múltiple), las losas o tableros de vigas.

Para el cálculo del empuje transversal (dirección X) sobre estos tableros se entenderá que el área de referencia ($A_{ref,x}$) es el producto de la longitud del tramo de puente considerado por la altura equivalente (h_{eq}).

A falta de datos experimentales, el coeficiente de fuerza en la dirección X se determinará mediante la expresión:

$$c_{f,x} = 2,5 - 0,3 (B/h_{eq})$$

donde:

B anchura total del tablero [m]

h_{eq} altura equivalente [m] obtenida considerando, además del propio tablero (en el caso de un tablero de vigas o varios cajones, se considerará únicamente el elemento de mayor canto), la altura de cualquier elemento no estructural que sea totalmente opaco frente al viento o, si se tiene en cuenta la presencia de la sobrecarga de uso, la altura de ésta, en caso de ser más desfavorable.

En cualquier caso, el coeficiente $c_{f,x}$ se considerará limitado por los siguientes valores.

$$1,3 \leq c_{f,x} \leq 2,4$$

Si los elementos no estructurales (sistemas de contención, barandillas o pantallas) son permeables al viento, no se considerarán en la determinación de esta altura equivalente h_{eq} , y el empuje que soportan y transmiten se calculará de forma independiente.

El valor del coeficiente de fuerza $c_{f,x}$ y sus límites inferior y superior se podrán modificar en función de la forma de la sección transversal del tablero, aplicando los siguientes criterios.

- Si una de las caras expuestas al viento está inclinada respecto a la vertical en el sentido favorable a la circulación del viento, se puede reducir su coeficiente de fuerza en un 0,5% por cada grado sexagesimal de inclinación, con una reducción máxima de un 30%.
- Si las caras expuestas al viento tienen distinta inclinación, la reducción a aplicar será la media ponderada de las reducciones relativas de las distintas superficies en función de sus áreas respectivas.

El empuje horizontal del viento, en el eje X, con un tablero de alma llena, será:

$$c_{f,x} = 2,5 - 0,3 \cdot \left(\frac{2,5}{0,3}\right) = 0$$

Como el coeficiente $c_{f,x}$ se considera limitado entre los dos valores anteriormente citados, se tomará el más próximo al resultado previo, esto es, un valor de 1,3.

$$F_w = 525,625 \frac{N}{m^2} \cdot 2,508 \cdot 1,3 \cdot 20,4 m^2 = 34.960,454 N \rightarrow \mathbf{1,714 \frac{kN}{m^2}}$$

$$1,714 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3 m = 0,514 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,0514 \frac{t}{m}}$$

Por otro lado, se considerará un empuje transversal **vertical**, dirección Z, sobre el tablero actuando en el sentido más desfavorable, igual a:

$$F_{w,z} = \left[\frac{1}{2} \rho v_b^2(T) \right] c_e(z) c_{f,z} A_{ref,z}$$

donde:

$F_{w,z}$	empuje vertical del viento [N]
$\frac{1}{2} \rho v_b^2(T)$	presión de la velocidad básica del viento definida en el apartado 4.2.3 [N/m ²]
$c_e(z)$	coeficiente de exposición definido en el apartado 4.2.3
$c_{f,z}$	coeficiente de fuerza en la dirección vertical Z, que se tomará igual a $\pm 0,9$
$A_{ref,z}$	área en planta del tablero [m ²]

$$F_w = 525,625 \frac{N}{m^2} \cdot 2,508 \cdot (\pm 0,9) \cdot 170 m^2 = 201,695 kN \rightarrow \pm \mathbf{1,186 \frac{kN}{m^2}}$$

$$1,186 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m \cdot 1,25 m \cdot \frac{1}{6,5 m} = 0,570 \frac{kN}{m^2} = \mathbf{0,0570 \frac{t}{m}}$$

5.2. Efectos provocados por el viento longitudinal

Se considerará un empuje horizontal paralelo al eje del puente (dirección Y) sobre los elementos de desarrollo longitudinal (tablero, pretilas y barandillas).

Este empuje longitudinal será una fracción del empuje transversal producido por el viento transversal (dirección X), multiplicado por un coeficiente reductor. El valor de dicha fracción será:

- 25% para los elementos sólidos (tableros tipo cajón, losa o vigas, sistemas de contención no permeables, pantallas anti-ruido, sobrecarga de uso, etc.). Para el cálculo de este empuje longitudinal no se considerará la reducción debida a la inclinación de las almas en los tableros de alma llena.
- 50% para los elementos que presentes huecos (tableros tipo celosía, sistemas de contención permeables, barandillas y, en su caso, sobrecargas de uso).

El coeficiente reductor, será el definido por la expresión:

$$1 - \left[\frac{7}{c_o \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) + 7} \right] \Phi[L/L(z)]$$

donde:

c_o factor de topografía

$\Phi[L/L(z)] = 0,230 + 0,182 \ln[L/L(z)]$

siendo: $0 \leq \Phi[L/L(z)] \leq 1$

L longitud sobre la cual actúa el empuje longitudinal [m]. Se tomará igual a la longitud total del puente

$L(z)$ longitud integral de la turbulencia [m] definida por:

$$L(z) = \begin{cases} 300(z_{min}/200)^\alpha & \text{para } z < z_{min} \\ 300(z/200)^\alpha & \text{para } z_{min} \leq z \leq 200 \\ 300 & \text{para } z > 200 \end{cases}$$

z altura del punto de aplicación del empuje de viento respecto del terreno o de la cota mínima del nivel de agua bajo el puente [m]

Además, el coeficiente α corresponde con el valor del entorno tipo IV de la siguiente ilustración, tomando $\alpha=0,67$.

TIPO DE ENTORNO	α
0	0,38
I	0,44
II	0,52
III	0,61
IV	0,67

Tabla 7. Coeficiente α según el tipo de entorno. Fuente: IAP-11

Como $z_{\min} (10 \text{ m}) \leq z (41,32) \leq 200$, el coeficiente reductor será el siguiente.

$$L(z) = 300 \cdot \left(\frac{z}{200}\right)^{\alpha} = 300 \cdot \left(\frac{41,32}{200}\right)^{0,67} = 104,294 \text{ m}$$

$$\phi \left[\frac{L}{L(z)} \right] = 0,230 + 0,182 \cdot \ln \left[\frac{L}{L(z)} \right] = 0,230 + 0,182 \cdot \ln \left[\frac{68}{104,294} \right] = 0,152$$

$$1 - \left[\frac{7}{c_0 \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) + 7} \right] \cdot \phi \left[\frac{L}{L(z)} \right] = 1 - \left[\frac{7}{1,1 \cdot \ln \left(\frac{41,32}{1} \right) + 7} \right] \cdot 0,152 = \mathbf{0,904}$$

El empuje del viento longitudinal, en el eje Y, será:

$$F_w = 1,977 \text{ kN} \cdot 25\% \cdot 0,904 = 0,4468 \text{ kN} \rightarrow \mathbf{0,596 \text{ kN/m}^2}$$

$$0,596 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,3 \text{ m} = 0,179 \frac{\text{kN}}{\text{m}} = \mathbf{0,0179 \frac{\text{t}}{\text{m}}}$$

5.3. Empuje del viento sobre pilas

El empuje se obtendrá en función del área de referencia y el coeficiente de fuerza adecuado a su sección transversal.

En las pilas de sección rectangular con aristas redondeadas mediante acuerdos de radio r , se podrá deducir el coeficiente de fuerza multiplicándolo por el factor:

$$1 - 2,5 \cdot r/h \geq 0,5$$

Siendo h la dimensión transversal definida en dicha figura.

En la *Ilustración 5* se indican los coeficientes de fuerza de las secciones de cálculo más usuales. Se tomará como área de referencia la proyección del área sólida expuesta sobre el plano perpendicular a la dirección del viento.

En el caso del viento **transversal**, el empuje se multiplicará por un ancho de 0,3 m como hipótesis de anchura de perfil del pilar metálico, aunque pueda ser menor.

$$1,714 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3 m = 0,514 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,0514 \frac{t}{m}}$$

En el caso del viento **longitudinal**, se supondrán las mismas características y será de:

$$0,596 \frac{kN}{m^2} \cdot 0,3 m = 0,179 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,0179 \frac{t}{m}}$$

6. Empuje del viento sobre la estructura del ascensor

Para el caso de la estructura vertical del ascensor también se han calculado las cargas del viento cuyos resultados se exponen a continuación.

- Viento transversal:

$$1,714 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m \cdot 2,75 m \cdot \frac{1}{10,5 m} = 1,122 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,1122 \frac{t}{m}}$$

$$1,714 \frac{kN}{m^2} \cdot 2,5 m \cdot 3,72 m \cdot \frac{1}{12,44 m} = 1,281 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,1281 \frac{t}{m}}$$

- Viento longitudinal:

$$0,596 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m \cdot 2,75 m \cdot \frac{1}{11,5 m} = 0,428 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,0428 \frac{t}{m}}$$

$$0,596 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m \cdot 3,72 m \cdot \frac{1}{13,44 m} = 0,495 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,0495 \frac{t}{m}}$$

- Viento vertical:

$$1,186 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m \cdot 2,5 m \cdot \frac{1}{11 m} = 0,809 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,0809 \frac{t}{m}}$$

7.3.3.EFECTOS AEROELÁSTICOS

A efectos de aplicación de la instrucción IAP-11, no será necesario comprobar los efectos aeroelásticos en puentes y pasarelas que cumplan simultáneamente las tres condiciones siguientes:

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

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

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

Se comprueba la frecuencia fundamental de flexión de la siguiente forma:

$$f_b = 0,18 \sqrt{g/v}$$

siendo:

v flecha máxima de la estructura [m] bajo la acción de la carga permanente actuando en la misma dirección y sentido que el modo de vibración esperado

g aceleración de la gravedad, igual a 9,8 m/s²

Según la IAP-11, la flecha máxima en pasarelas es de $L/1.200$, es decir, $68/1.200 = 0,0567 m$.

$$f_b = 0,18 \cdot \sqrt{\frac{9,81}{0,057}} = 2,36 \text{ Hz} > 2 \text{ Hz}$$

Como cumple las condiciones descritas, no será necesario realizar el cálculo de los efectos aeroelásticos sobre la estructura proyectada.

7.3.4. ACCIÓN TÉRMICA

A efectos de aplicación de la instrucción IAP-11, para evaluar el efecto de la acción térmica se considerarán los siguientes tipos de tablero.

- **Tipo 1.** Tableros de acero con sección transversal en cajón, viga armada o celosía.
- **Tipo 2.** Tableros mixtos compuestos por acero estructural y hormigón armado o pretensado (conectados de forma que ambos materiales trabajen de forma solidaria).
- **Tipo 3.** Tableros de hormigón armado o pretensado, sean losas, vigas o cajones.

La pasarela estará formada por un tablero de acero, por lo que, será de Tipo 1.

Los valores representativos de la acción térmica se evaluarán considerando la componente uniforme de temperatura y las componentes de la diferencia de temperatura vertical y horizontal.

1. Comprobación uniforme de la temperatura del tablero

1.1. Temperatura máxima y mínima del aire

Para calcular los efectos de la componente uniforme de temperatura se partirá del valor de la temperatura del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente.

El valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra $T_{m\acute{a}x}$ depende del clima del lugar y de la altitud y, para un periodo de retorno de 50 años (lo que equivale a una probabilidad anual de ser excedido de 0,02), será el que se indica en el siguiente mapa de isotermas de la temperatura máxima anual del aire.

Como valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra $T_{m\acute{i}n}$ se tomará, para un periodo de retorno de 50 años, el que se deduce de la siguiente tabla, en función de la altitud del emplazamiento y de la zona climática invernal que se deduce del mapa de zonas climáticas de invierno.

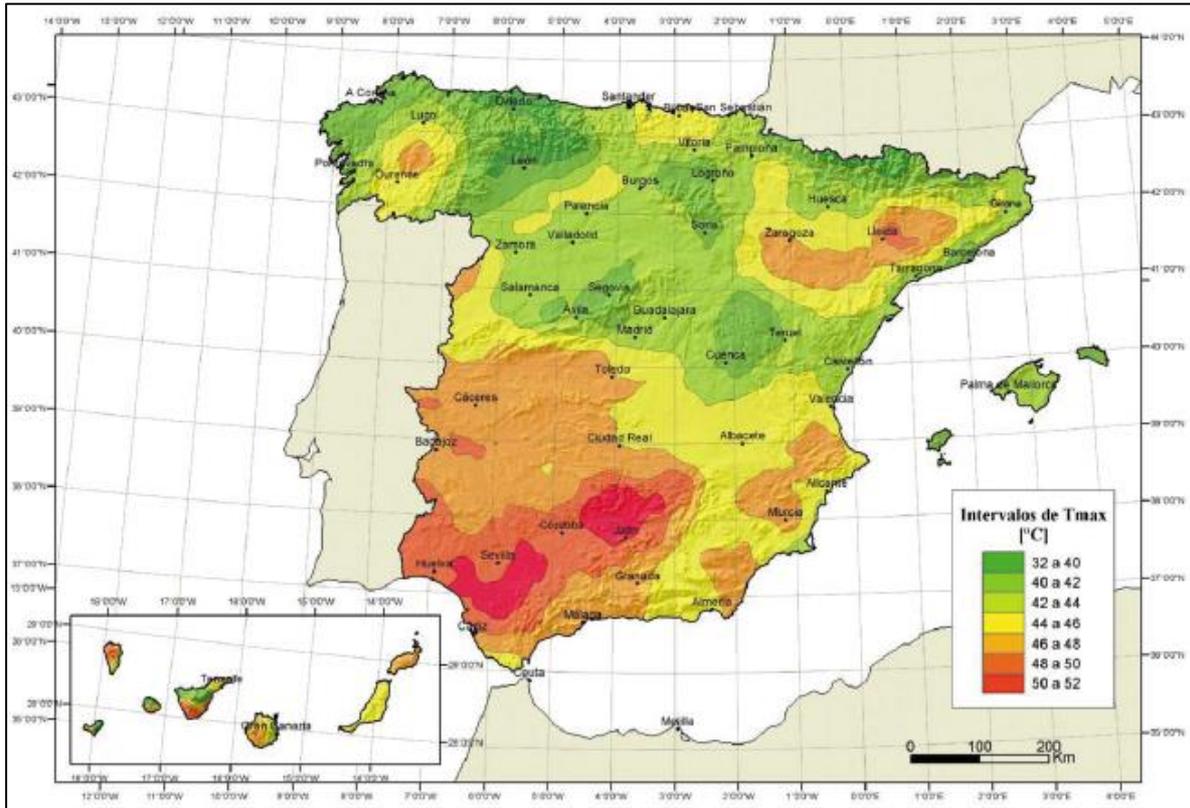


Ilustración 6. Isotermas de la temperatura máxima anual del aire $T_{m\acute{a}x}$ ($^{\circ}\text{C}$). Fuente: IAP-11

La ciudad de Bilbao se encuentra con un intervalo de temperaturas máximas de entre 44 y 46 $^{\circ}\text{C}$, la altitud es de 0 metros y temperatura mínima ronda los -7 $^{\circ}\text{C}$ (Zona 1).

ALTITUD [m]	ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	-7	-11	-11	-6	-5	-6	6
200	-10	-13	-12	-8	-8	-8	5
400	-12	-15	-14	-10	-11	-9	3
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2
1200	-23	-21	-20	-18	-23	-16	-3
1400	-26	-23	-22	-20	-26	-17	-5
1600	-28	-25	-23	-22	-29	-19	-7
1800	-31	-26	-25	-24	-32	-21	-8
2000	-33	-28	-27	-26	-35	-22	-10

Tabla 8. Temperatura mínima anual del aire $T_{m\acute{i}n}$ ($^{\circ}\text{C}$). Fuente: IAP-11



Ilustración 7. Zonas climáticas de invierno. Fuente: IAP-11

Para periodos de retorno diferentes de 50 años, se deben ajustar los valores de $T_{m\acute{a}x,p}$ y $T_{m\acute{i}n,p}$ según las expresiones siguientes (que se encuentran representadas en el siguiente gráfico de relaciones), válidas para $T_{m\acute{i}n} < 0$.



Ilustración 8. Relaciones. Fuente: IAP-11

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

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

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

Para situaciones persistentes, se considerará un periodo de retorno de 100 años ($p=0,01$) y para situaciones transitorias los indicados, salvo justificación adecuada.

DURACIÓN DE LA SITUACIÓN	PERIODO DE RETORNO, T [AÑOS]
≤ 3 días	2
> 3 días y ≤ 3 meses	5
> 3 meses y ≤ 1 año	10
> 1 año	50

Tabla 9. Periodos de retorno para situaciones transitorias. Fuente: IAP-11

1.2. Componente uniforme de temperatura

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

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

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

donde:

T_{min} valor característico de la temperatura mínima del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente con el ajuste correspondiente al periodo de retorno según se indica en el apartado 4.3.1.1.1

T_{max} valor característico de la temperatura máxima del aire a la sombra en el lugar del emplazamiento del puente con el ajuste correspondiente al periodo de retorno según se indica en el apartado 4.3.1.1.1.

Se tomarán los valores de $\Delta T_{e,min}$ y $\Delta T_{e,max}$ indicados en la siguiente tabla.

TIPO DE TABLERO	$\Delta T_{e,min}$ [°C]	$\Delta T_{e,max}$ [°C]
Tipo 1: Tablero de acero	-3	+16
Tipo 2: Tablero mixto	+4	+4
Tipo 3: Tablero de hormigón	+8	+2

Tabla 10. Valores de $\Delta T_{e,min}$ y $\Delta T_{e,max}$ para el cálculo de la componente. Fuente: IAP-11

En el caso de celosías y vigas armadas de acero, el valor de $\Delta T_{e,max}$ definido por la tabla anterior para tableros Tipo 1, puede reducirse en 3°C. Los valores serán:

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

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

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

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

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

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

Tabla 11. Valores del coeficiente de dilatación térmica lineal α_T . Fuente: IAP-11

La estructura será de acero inoxidable, por lo que el coeficiente de dilatación térmica lineal tendrá un valor igual a $16 \cdot 10^{-6}$ °C⁻¹.

1.3. Rango de la componente uniforme de temperatura

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

$$\Delta T_N = T_{e,máx} - T_{e,mín}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

El dimensionamiento de los aparatos de apoyo y de las juntas de dilatación se realizará considerando como máxima variación de contracción y de dilatación de la componente uniforme de la temperatura del puente el valor de $(\Delta T_{N,con} + 15) \text{ }^\circ\text{C}$ y $(\Delta T_{N,exp} + 15) \text{ }^\circ\text{C}$.

En el cálculo de los recorridos de apoyos y de juntas se tendrán en cuenta las posibles variaciones de sustentación horizontal del tablero a lo largo de la construcción, puesto que pueden afectar a la magnitud y al sentido de los desplazamientos horizontales a considerar en función de la ubicación del punto fijo en cada fase de construcción.

2. Componente de la diferencia de temperatura

2.1. Diferencia vertical

Para el caso de puentes de acero (Tipo 1) y puentes de hormigón (Tipo 3), la IAP-11, indica que a lo largo de un periodo de tiempo determinado, el calentamiento y enfriamiento de la cara superior del tablero da lugar a una variación de temperatura en la altura de la sección transversal que tendrá un valor de máximo calentamiento (cara superior más caliente) y un valor de máximo enfriamiento (cara superior más fría).

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

Para tableros de acero (Tipo 1) o tableros de hormigón (Tipo3), los valores $\Delta T_{M,heat}$ y $\Delta T_{M,cool}$ serán los que figuran en la siguiente tabla.

TIPO DE TABLERO	FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE	FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA
	$\Delta T_{M,heat}$ [°C]	$\Delta T_{M,cool}$ [°C]
Tipo 1: Tablero de acero	18	13
Tipo 3: Tablero de hormigón		
— Sección cajón	10	5
— Sección de vigas	15	8
— Sección losa	15	8

Tabla 12. Componente lineal de la diferencia vertical de temperatura. Fuente: IAP-11

Al tratarse de un tablero de acero de Tipo 1, se tomarán los valores de 18 °C para la fibra superior más caliente y de 13 °C para la fibra superior más fría.

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

ESPESOR DEL PAVIMENTO	TABLERO TIPO 1		TABLERO TIPO 3	
	FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE	FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA	FIBRA SUPERIOR MÁS CALIENTE	FIBRA SUPERIOR MÁS FRÍA
	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}
Sin impermeabilización ni pavimento	0,7	0,9	0,8	1,1
Con impermeabilización y sin pavimento ⁽¹⁾	1,6	0,6	1,5	1,0
50 mm	1,0	1,0	1,0	1,0
100 mm	0,7	1,2	0,7	1,0
150 mm	0,7	1,2	0,5	1,0

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

Tabla 13. Coeficiente k_{sur} de influencia del tipo y espesor de pavimento. Fuente: IAP-11

2.2. Diferencia horizontal

La diferencia de soleamiento entre un lado y otro de la sección transversal del tablero puede dar lugar a una diferencia horizontal de temperatura. Este hecho se produce en tableros que presentan una orientación próxima a la este-oeste, con mayor soleamiento general en la cara sur, pero también se produce en puentes con orientación próxima a la norte-sur, con un mayor soleamiento en el lado este al amanecer con un máximo en los meses de verano, y en el lado oeste al atardecer con un máximo en los meses de invierno.

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

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

Tabla 14. Diferencia transversal de T entre las dos caras externas del tablero. Fuente: IAP-11

2.3. Simultaneidad de la componente uniforme de la diferencia de temperatura

Si debido al esquema estructural, es necesario tener en cuenta la actuación simultánea de la variación de la componente uniforme, $\Delta T_{N,exp}$ o $\Delta T_{N,con}$, la diferencia de temperatura, $\Delta T_{M,heat}$ o $\Delta T_{M,cool}$, ambas componentes se combinarán de acuerdo con las expresiones siguientes.

$\Delta T_M + \omega_N \Delta T_N$ $\omega_M \Delta T_M + \Delta T_N$ <p>con $\omega_N = 0,35$ y $\omega_M = 0,75$</p>
--

Estas expresiones dan lugar a ocho posibles formas de considerar la concomitancia de las distintas componentes de la acción térmica, de las que se elegirán las que den lugar a los efectos más desfavorables para el elemento en estudio.

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

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

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

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

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

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

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

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

De los ocho resultados, se tomarán como hipótesis más desfavorables la de menor y la de mayor temperatura, esto es, 21,75 °C y 56,50 °C respectivamente.

7.3.5. NIEVE

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

De no existir datos específicos suficientes de la zona en que se ubicará el puente, se tomará como valor característico de la sobrecarga de nieve que se indica en el apartado de sobrecarga de nieve en tablero. Los valores recogidos en esta Instrucción no serán de aplicación en puentes situados en lugares conocidos por sus condiciones extremas de viento o nieve. En el caso de altitudes superiores a 2.200m, será necesario un estudio específico para determinar la sobrecarga de nieve.

1. Sobrecarga de nieve en terreno horizontal

En la siguiente tabla, se indican los valores característicos de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal para cada una de las siete zonas climáticas (la ciudad de Bilbao se encontraba en la zona 1) en función de la altitud del terreno.

ZONA DE CLIMA INVERNAL (SEGÚN FIGURA 4.3-b)							
ALTITUD [M]	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2200	-	8,0	-	-	-	-	-

Tabla 15. Sobrecarga de nieve en terreno horizontal. Fuente: IAP-11

En la siguiente tabla, la altitud y los valores característicos de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal en las capitales de provincia y ciudades autónomas.

CAPITAL	ALTITUD [m]	s_k [kN/m ²]	CAPITAL	ALTITUD [m]	s_k [kN/m ²]	CAPITAL	ALTITUD [m]	s_k [kN/m ²]
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	San Sebastián	0	0,3
Ávila	1130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	1000	0,7
Barcelona	0	0,4	Lleida	150	0,5	Sevilla	10	0,2
Bilbao	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	1090	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Ourense	130	0,4	Valencia	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
A Coruña	0	0,3	Palencia	740	0,4	Vitoria	520	0,7
Cuenca	1010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Zamora	650	0,4
Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona	450	0,7	Ceuta y Melilla	0	0,2

Tabla 16. Sobrecarga de nieve en terreno natural en las capitales de provincia. Fuente: IAP-11

Como la ciudad de Bilbao se encuentra en la zona 1 y a una altitud de 0 metros, el valor característico de la sobrecarga de nieve será de 0,3 kN/m².

A continuación, se presentan los cálculos realizados para la introducción de dicha carga en el tablero y en la estructura del ascensor que componen el presente Proyecto.

2. Sobrecarga de nieve en tablero

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

$$q_k = 0,8 s_k$$

donde s_k es el valor característico de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal

En este caso, la sobrecarga de nieve que se puede producir por su acumulación en la pasarela peatonal será:

$$0,8 \cdot 0,3 \frac{kN}{m^2} = 0,24 \frac{kN}{m^2} \cdot 1,25 m \cdot 2,15 m \cdot \frac{1}{6,8 m} = 0,095 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,0095 \frac{t}{m}}$$

3. Sobrecarga de nieve en estructura del ascensor

La sobrecarga de nieve que se puede producir en la parte superior de la estructura del ascensor será la siguiente:

$$0,8 \cdot 0,3 \frac{kN}{m^2} = 0,24 \frac{kN}{m^2} \cdot 3 m \cdot 2,5 m \cdot \frac{1}{11 m} = 0,164 \frac{kN}{m} = \mathbf{0,0164 \frac{t}{m}}$$

7.4. ACCIONES ACCIDENTALES

7.4.1.IMPACTOS

Debido al emplazamiento del Proyecto y su lejanía respecto a carreteras o líneas ferroviarias, no se considerará el impacto de vehículos. La disposición de los accesos a la pasarela peatonal y a la estructura del ascensor hace que no se pueda acceder de forma motorizada, únicamente se podrá realizar de forma peatonal.

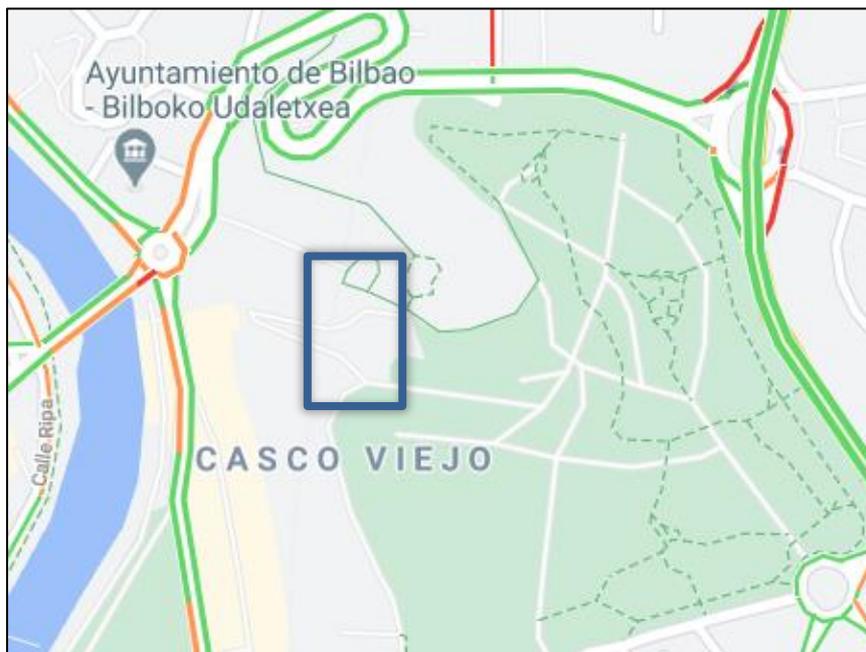


Ilustración 9. Carreteras para vehículos colindantes al Proyecto. Fuente: Google Maps

Como se puede observar en la ilustración, la distancia a la que se encuentra de las calzadas colindantes supone un número considerable de obstáculos como para prever la posibilidad de impacto contra la estructura proyectada. Por lo tanto, se descarta el cálculo de acciones accidentales sobre la pasarela peatonal con ascensor.

7.4.2.ACCIÓN SÍSMICA

Tal y como se ha detallado en el *Anexo 4. Climatología, hidrología y drenaje*, el emplazamiento del Proyecto resulta exento de efectos sísmicos. Por lo tanto, se ha descartado la consideración de la acción sísmica en el presente Proyecto.

8. JUNTAS

La estructura se ha calculado por partes, por lo que, el comportamiento frente a las distintas acciones previamente estudiadas será independiente.

Para evitar la transferencia de cargas entre las componentes de la estructura proyectada, se colocará una junta de dilatación en la unión entre la pasarela peatonal y la estructura del ascensor. De este modo, ambas tendrán un comportamiento independiente frente a las acciones. Esta junta se ejecutará con polietileno, debido a sus características resistentes y flexibles.

Además, de esta forma la estructura podrá deformarse con mayor libertad, pudiendo liberar los esfuerzos térmicos producidos por su dilatación y contracción.

9. ACABADO Y MANTENIMIENTO

Los materiales propuestos son acero, hormigón, aluminio, madera y metacrilato. Todos deberán tener un acabado que garantice su mantenimiento y aumente su durabilidad, al menos, durante la vida útil de la estructura.

9.1. ACERO

Es imprescindible tener en cuenta la acción del fuego sobre el acero debido a que, aun siendo de carácter accidental, es una de las acciones más agresivas y que más efectos negativos tiene sobre las estructuras de dicho material.

Frente a un incendio, la legislación relativa a la protección de las estructuras frente al fuego aporta unos criterios que se deben cumplir. La estructura ha de ser capaz de mantener sus características resistentes, al menos, durante el tiempo suficiente como para que sea evacuada en su totalidad.

Sin embargo, la acción más común es la oxidación. Es un proceso espontáneo y continuo, que da lugar a la corrosión y a la alteración del metal. Dicha alteración implica la pérdida de dimensiones y propiedades del material.

De forma general, la oxidación se produce por reacciones electroquímicas, por lo que, para paliarlas, basta con introducir una capa dieléctrica entre el acero y el ambiente que le rodea, esto es, un recubrimiento de pintura o un galvanizado.

El emplazamiento del Proyecto combina un ambiente urbano y marino, debido a la cercanía de la ría, a 170 metros aproximadamente. Por ello, a la estructura de acero se le aplicará una primera capa de imprimación anticorrosiva y una posterior capa de acabado, dotándola de una función estética.

- **Capa de imprimación.** Es una capa de protección activa que se aplica sobre la superficie del acero. No solo se adhiere a la superficie, sino que reacciona químicamente con la superficie metálica modificándola y proporcionándole protección frente a la corrosión.

Es un tipo de pintura que contiene partículas metálicas que combinan con el oxígeno impidiendo así que este reaccione con el acero de la estructura.

- **Capa de acabado.** Es una capa de protección pasiva que se aplica sobre la capa de imprimación. Consiste en un recubrimiento uniforme y continuo con el objetivo de impedir que el oxígeno alcance el hierro y proteger la primera capa de la destrucción prematura. Además, deberán realizarse inspecciones periódicas en las zonas más susceptibles de oxidación para prevenir dicho fenómeno.

9.2. HORMIGÓN

Debido a la escasa resistencia a tracción del hormigón pueden aparecer grietas si esta resistencia es superada. En el caso del Proyecto, al soportar principalmente esfuerzos de compresión, no debería existir este problema.

Se verificará la correcta ejecución de las cimentaciones de hormigón armado, en especial, el espesor del recubrimiento de la armadura.

Una vez realizado se deberá realizar una inspección visual de las cimentaciones de hormigón, en caso de ser visibles, para detectar patologías como desconchados, fisuras, grietas, señales de óxido, corrosión o cualquier tipo de lesión.

9.3. MADERA

Principalmente, se deberá realizar un lijado superficial de la madera antes de la aplicación de cualquier producto, en este caso, el lasur.

Al contrario del barniz, el lasur penetra profundamente en la madera sin formar una capa, dejando un acabado de poro abierto, que regula la humedad de la madera y permite que salga el vapor del interior de la misma.

Es ideal para exteriores, y la flexibilidad de sus resinas permite adaptarse a las variaciones dimensionales de la madera.

En el uso de la madera se evitarán los productos abrasivos y objetos punzantes que puedan rayar, romper o deteriorar el pavimento de la pasarela peatonal. Se trabajará con la madera seca preferentemente, por lo que, se aprovecharán los meses de verano para su mantenimiento.

9.4. METACRILATO

Se instalará una lámina antirrayado o antiscratching sobre el metacrilato de la estructura del ascensor para prevenir la degradación del material. Esta lámina transparente de 100 micras de espesor protegerá al metacrilato frente a pinturas, ácidos y rayados mientras que no alterará la transparencia y visibilidad del metacrilato una vez instalada. Para su mantenimiento se deberá respetar el proceso de secado necesario y se realizará la limpieza con productos y materiales no abrasivos.

10. PRUEBAS DE CARGA

Todo puente proyectado, de acuerdo con la IAP-11, debe ser sometido a pruebas de carga antes de su puesta en servicio.

La prueba de carga de recepción de una estructura es un conjunto de operaciones consistente en la reproducción de uno o varios estados de carga sobre la misma, antes de su puesta en servicio, con objeto de confirmar que el Proyecto y construcción de la obra se ha llevado a cabo de forma satisfactoria.

Con este objeto es necesario comprobar que, para unas situaciones de carga representativas de las acciones a las que va a estar sometida durante su vida en servicio, el comportamiento de la estructura se ajusta a las previsiones de Proyecto.

La Instrucción establece dos tipos de pruebas de carga:

- **Estáticas.** Serán obligatorias para aquellas obras en que alguno de sus vanos tenga una luz igual o superior a 12 m (medida entre ejes de apoyos de tablero o, para estructuras tipo marco, entre paramentos vistos de hastiales). Es el caso del presente Proyecto, por lo que deberá llevarse a cabo.
- **Dinámicas.** Serán preceptivas, y así quedará recogido en el Proyecto, en puentes de luces superiores a 60 m o en aquellos cuyo diseño sea inusual, se utilicen nuevos materiales o contengan zonas de tránsito peatonal en las que se prevea que las vibraciones pueden causar molestias a los usuarios.

10.1. DESARROLLO DE LA PRUEBA

En el caso de pasarelas, la sobrecarga uniforme de cálculo podrá materializarse mediante cargas concentradas que produzcan en la estructura esfuerzos equivalentes a los de aquella.

Los estados de carga se definirán de forma que, cargando convenientemente distintas zonas de la estructura, se alcancen los porcentajes deseados de los esfuerzos máximos producidos en las secciones críticas.

En el caso de puentes continuos, en general, será suficiente con cargar parejas de vanos contiguos y de vanos alternos, de forma que en todas las secciones de apoyo y de centro de vano, se alcancen los porcentajes de esfuerzos indicados.

10.2. INFORME DE LA PRUEBA DE CARGA

Una vez finalizada la prueba de carga, se redactará el Informe de la prueba, en el que figurarán los siguientes aspectos:

- Fecha, hora de inicio y fin y asistentes a la prueba.
- Referencia al proyecto de la estructura y de la prueba de carga (clave, fecha, autor, etc.).
- Descripción de la obra y de su estado previo a la prueba.
- Descripción detallada de los vehículos utilizados y los distintos estados de carga.
- Descripción de las magnitudes, equipo instrumental de toma de datos y número y situación de los puntos de medida.
- Información sobre el desarrollo de la prueba (hora de comienzo, de cada estado de carga, tiempo transcurrido entre carga y descarga, número de escalones, etc.).
- Registros de magnitudes medidas durante la prueba.
- Comparación con los valores teóricos previstos y valoración del cumplimiento de los criterios de aceptación.
- Cuestiones de interés observadas en las inspecciones de la obra antes, durante y después de la prueba.
- Varios: documentación fotográfica, condiciones meteorológicas, puntos de referencia para la nivelación si las hubiera, incidencias, etc.

11. MÉTODO DE MONTAJE

Existen muchos métodos de montaje de puentes de acero, pero los cinco más típicos son los que se muestran a continuación:

- **Montaje a pie de obra.** Este tipo implica el montaje del puente a partir de sus componentes o subconjuntos individuales en su posición final, generalmente sobre cimbras o alguna otra forma de apoyo temporal, haciendo las juntas en la obra y retirando las cimbras.

Debe proporcionarse un adecuado servicio de grúas que abarque toda la superficie del tablero.

- **Lanzamiento.** Este método supone el montaje de un puente sobre rodillos o patines en su alineación final, pero al lado del obstáculo que se ha de cruzar. Cuando se ha finalizado, se empuja o se tira hacia adelante para cruzar el obstáculo y se hace descansar sobre aparatos de apoyo en el extremo opuesto.
- **Elevación.** Este método implica levantar una parte independiente o la totalidad de un puente a/o cerca de su posición final.

La elevación puede ser una operación completa en si misma o parte de un esquema de montaje en voladizo.

- **En voladizo.** Este método implica construir un puente, normalmente continuo sobre varios tramos, progresivamente a partir de uno o ambos estribos, uniendo secciones al extremo de las partes ya montadas.

Un tramo de anclaje se iza o se monta in situ y, a continuación, se montan en voladizo las secciones a partir de aquí, o bien elevándolas desde el nivel del suelo o bien deslizándolas a lo largo del tablero y haciéndolas descender desde el extremo.

- **Deslizamiento.** Este método supone la construcción del puente desplazado lateralmente de la ubicación final y, a continuación, levantándolo lateralmente hasta su posición final.

11.1. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MONTAJE

Debido a la orografía del emplazamiento y las características del Proyecto, se ha optado por realizar el método de montaje en voladizo. De esta forma, se podrá realizar la construcción de la pasarela con el menor número de desplazamientos. Además, el emplazamiento permitirá ocupar el espacio necesario para realizar las tareas sin alterar ningún tipo de circulación.

El montaje se realizará a partir de los apoyos y cada uno de los tramos de la pasarela peatonal. Se prestará especial atención a las uniones de los apoyos con el tablero y entre los tableros, ya que el cálculo en Estados Límite Últimos se ha realizado considerando la viga con apoyos fijos.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

SUBANEXO 7.1. ESTRUCTURA METÁLICA

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ESTRUCTURA DE LA PASARELA.....	5
2.1. CONCEPCIÓN Y DISEÑO.....	6
2.2. PERFILES UTILIZADOS.....	7
2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN.....	8
2.4. COEFICIENTE DE PANDEO.....	10
2.5. COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES UTILIZADOS.....	11
2.5.1. PERFIL UPE 80.....	12
2.5.2. PERFIL UPE 100.....	25
2.5.3. PERFIL UPE 120.....	38
2.5.4. PERFIL UPE 160.....	51
3. ESTRUCTURA DEL ASCENSOR.....	64
3.1. CONCEPCIÓN Y DISEÑO.....	65
3.2. PERFILES UTILIZADOS.....	66
3.3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN.....	66
3.4. COEFICIENTES DE PANDEO.....	67
3.5. COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES UTILIZADOS.....	68
3.5.1. PERFIL UPE 80.....	69
3.5.2. PERFIL UPE 120.....	82
4. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA.....	95
5. ESTUDIO DE LAS UNIONES.....	97
5.1. COMPROBACIÓN DE LAS UNIONES.....	98
5.1.1. UNIÓN TIPO 1.....	98
5.1.2. UNIÓN TIPO 2.....	101
5.1.3. UNIÓN TIPO 3.....	104
5.1.4. UNIÓN TIPO 4.....	108
5.1.5. UNIÓN TIPO 5.....	111
5.1.6. UNIÓN TIPO 6.....	116
5.1.7. UNIÓN TIPO 7.....	120
5.1.8. UNIÓN TIPO 8.....	124
5.1.9. UNIÓN TIPO 9.....	126
5.1.10. UNIÓN TIPO 10.....	130
5.1.11. UNIÓN TIPO 11.....	135

5.1.12.	UNIÓN TIPO 12.....	137
5.1.13.	UNIÓN TIPO 13.....	141
5.1.14.	UNIÓN TIPO 14.....	144
5.1.15.	UNIÓN TIPO 15.....	149
5.1.16.	UNIÓN TIPO 16.....	154
5.1.17.	UNIÓN TIPO 17.....	159
5.1.18.	UNIÓN TIPO 18.....	163
5.1.19.	UNIÓN TIPO 19.....	170
5.1.20.	UNIÓN TIPO 20.....	173
5.1.21.	UNIÓN TIPO 21.....	176
5.1.22.	UNIÓN TIPO 22.....	183
5.2.	CONCLUSIÓN DE LAS UNIONES.....	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Perfiles utilizados en la pasarela. Fuente: Autor.....	7
Tabla 2.	Coeficientes de pandeo de los perfiles utilizados en la pasarela. Fuente: Autor.....	10
Tabla 3.	Perfiles utilizados en la estructura vertical. Fuente: Autor.....	66
Tabla 4.	Coeficientes de pandeo de los perfiles utilizados en la estructura vertical. Fuente: Autor.....	67
Tabla 5.	Características mecánicas. Fuente: CYPE.....	95
Tabla 6.	Material utilizado. Fuente: CYPE.....	95
Tabla 7.	Resumen de medición. Fuente: CYPE.....	96
Tabla 8.	Medición de las superficies a pintar. Fuente: CYPE.....	96

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.	Estructura metálica. Fuente: CYPE 3D.....	4
Ilustración 2.	Estructura metálica de la pasarela. Fuente: CYPE 3D.....	5
Ilustración 3.	Estructura 3D de la pasarela. Fuente: CYPE 3D.....	5
Ilustración 4.	Características de los perfiles UPE 160. Fuente: CYPE 3D.....	8
Ilustración 5.	Coeficiente de pandeo en el plano X-Y de las vigas del tablero. Fuente: CYPE 3D.....	10
Ilustración 6.	Perfiles con mayores sollicitaciones en la pasarela. Fuente: CYPE 3D.....	11

Ilustración 7. Estructura metálica del ascensor. Fuente: CYPE 3D	64
Ilustración 8. Continuidad de la estructura metálica proyectada. Fuente: CYPE 3D.....	65
Ilustración 9. Coeficiente de pandeo en la estructura vertical. Fuente: CYPE 3D.....	67
Ilustración 10. Perfiles con mayores solicitaciones en la estructura vertical. Fuente: CYPE 3D.....	68
Ilustración 11. Tipo de uniones existentes en la estructura metálica. Fuente: Autor.....	97
Ilustración 12. Modelo 3D de la unión Tipo 1. Fuente: CYPE 3D	98
Ilustración 13. Modelo 3D de la unión Tipo 2. Fuente: CYPE 3D	101
Ilustración 14. Modelo 3D de la unión Tipo 3. Fuente: CYPE 3D	104
Ilustración 15. Modelo 3D de la unión Tipo 4. Fuente: CYPE 3D	108
Ilustración 16. Modelo 3D de la unión Tipo 5. Fuente: CYPE 3D	111
Ilustración 17. Modelo 3D de la unión Tipo 6. Fuente: CYPE 3D	116
Ilustración 18. Modelo 3D de la unión Tipo 7. Fuente: CYPE 3D	120
Ilustración 19. Modelo 3D de la unión Tipo 8. Fuente: CYPE 3D	124
Ilustración 20. Modelo 3D de la unión Tipo 9. Fuente: CYPE 3D	127
Ilustración 21. Modelo 3D de la unión Tipo 10. Fuente: CYPE 3D.....	130
Ilustración 22. Modelo 3D de la unión Tipo 11. Fuente: CYPE 3D.....	135
Ilustración 23. Modelo 3D de la unión Tipo 12. Fuente: CYPE 3D.....	138
Ilustración 24. Modelo 3D de la unión Tipo 13. Fuente: CYPE 3D.....	142
Ilustración 25. Modelo 3D de la unión Tipo 14. Fuente: CYPE 3D.....	145
Ilustración 26. Modelo 3D de la unión Tipo 15. Fuente: CYPE 3D.....	150
Ilustración 27. Modelo 3D de la unión Tipo 16. Fuente: CYPE 3D.....	154
Ilustración 28. Modelo 3D de la unión Tipo 17. Fuente: CYPE 3D.....	159
Ilustración 29. Modelo 3D de la unión Tipo 18. Fuente: CYPE 3D.....	163
Ilustración 30. Modelo 3D de la unión Tipo 19. Fuente: CYPE 3D.....	171
Ilustración 31. Modelo 3D de la unión Tipo 20. Fuente: CYPE 3D.....	174
Ilustración 32. Modelo 3D de la unión Tipo 21. Fuente: CYPE 3D.....	177
Ilustración 33. Modelo 3D de la unión Tipo 22. Fuente: CYPE 3D.....	183

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presentan los distintos perfiles que constituyen la pasarela peatonal y la estructura del ascensor, la justificación de su elección, sus comprobaciones de Estados Límite Últimos y sus uniones.

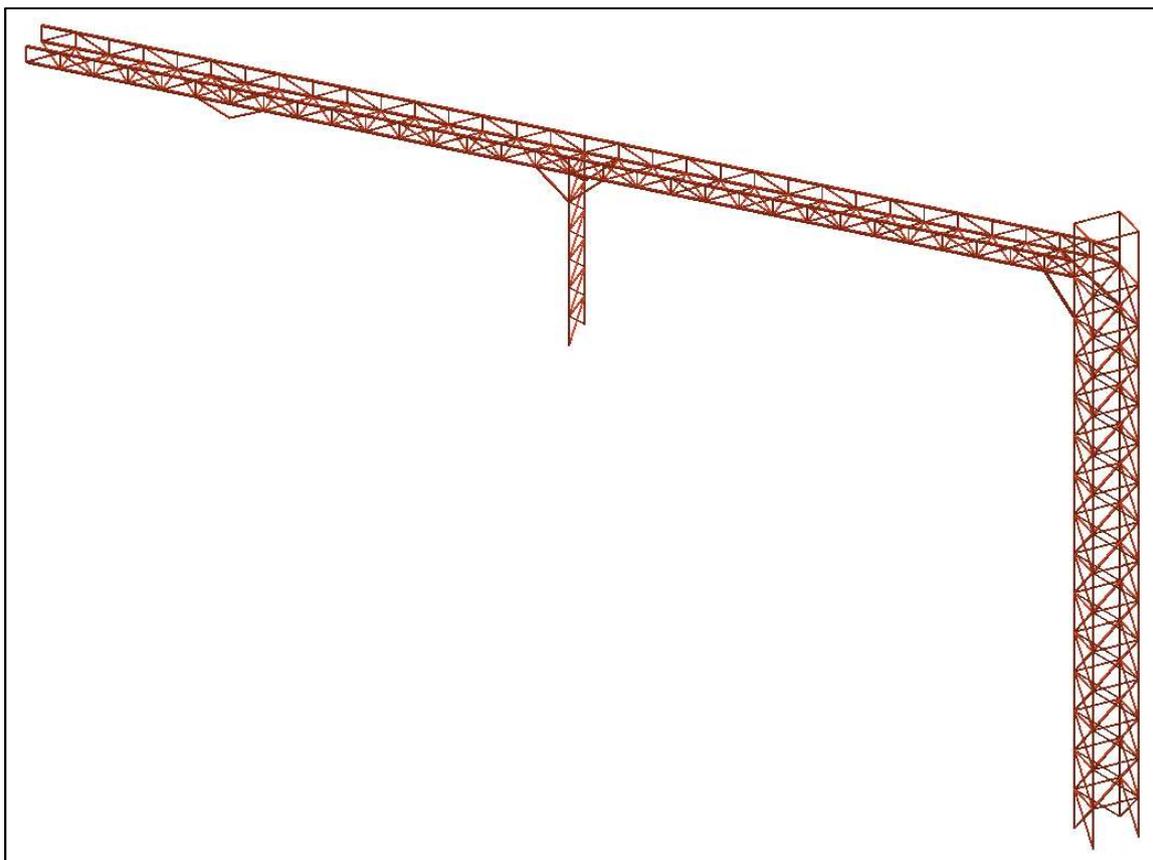


Ilustración 1. Estructura metálica. Fuente: CYPE 3D

2. ESTRUCTURA DE LA PASARELA

La estructura metálica de la pasarela peatonal que sostendrá el tablero será la que se defina a continuación. La disposición de la estructura es la que se representa en la siguiente ilustración, un modelo 3D generado mediante el software CYPE 3D 2017.d.

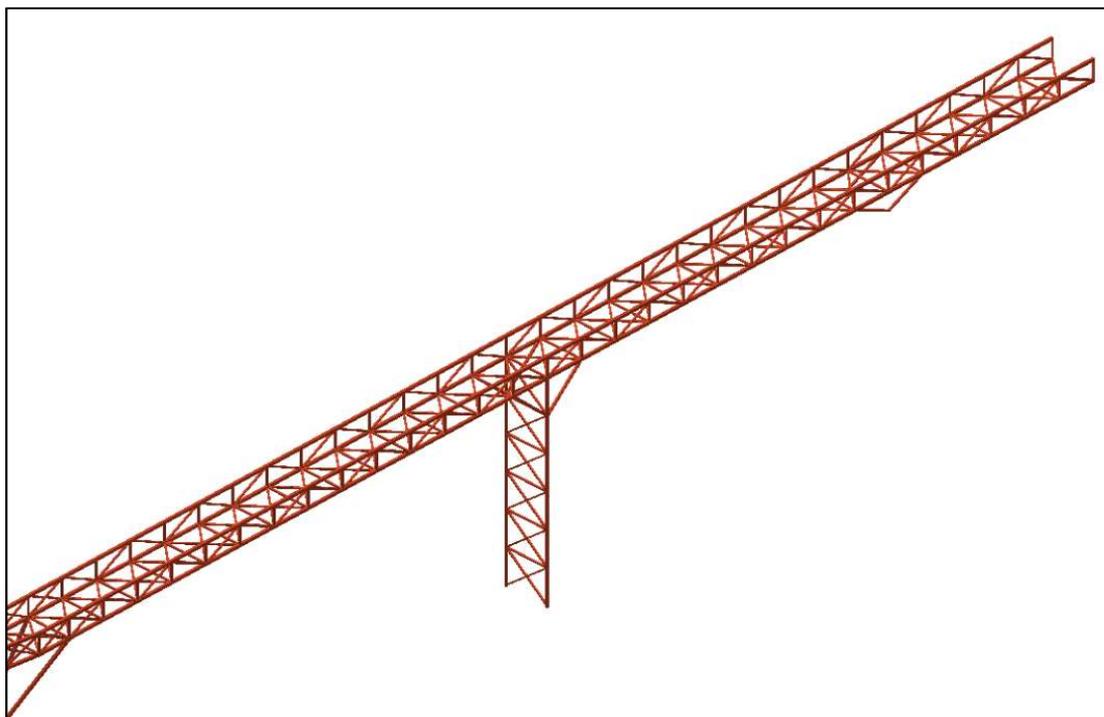


Ilustración 2. Estructura metálica de la pasarela. Fuente: CYPE 3D



Ilustración 3. Estructura 3D de la pasarela. Fuente: CYPE 3D

2.1. CONCEPCIÓN Y DISEÑO

Un primer paso en la concepción de la pasarela fue la disposición de dos vigas longitudinales de forma biapoyada en sus dos extremos, en su conexión con el Parque Etxebarria y con la estructura vertical del ascensor. Esta primera propuesta fallaba debido a la luz de 68 metros existente entre apoyos con todo tipo de perfiles.

Debido a ello, se dispuso un apoyo intermedio (apoyo 2) con dos pilares de 12 metros de altura aproximadamente en el centro de la pasarela. Dicho pilar incluía vigas transversales y cruces de San Andrés para evitar situaciones desfavorables. De esta forma las solicitaciones se vieron considerablemente reducidas, aunque la estructura seguía requiriendo perfiles con dimensiones elevadas.

Para reducir los esfuerzos en las luces entre apoyos, se colocaron barandillas longitudinales en celosía sobre ambas vigas del tablero de la pasarela. De esta forma, parte de los esfuerzos fueron absorbidos por esta nueva celosía. Además, a lo largo del tablero, se dispusieron vigas transversales y arriostramiento.

Una vez calculada la estructura mediante el software CYPE 3D 2017.d, los esfuerzos cortantes en las inmediaciones de los apoyos resultaron excesivos y los esfuerzos axiales entre los apoyos seguían siendo elevados. Por lo que, se añadieron vigas inclinadas tanto en el apoyo intermedio (apoyo 2) como en la conexión con la estructura vertical (apoyo 3), y se dispuso de un nuevo apoyo (apoyo 1) de 1 metro de altura entre la conexión con el Parque Etxebarria y el apoyo intermedio (apoyo 2). Este nuevo apoyo (apoyo 1) también se dispuso de forma inclinada por la misma razón que en el resto de apoyos, para evitar esfuerzos cortantes tan elevados.

Posteriormente, se indicaron las distintas acciones a las que la pasarela se verá sometida, estas son, peso propio, cargas muertas, sobrecarga de uso, viento longitudinal, viento transversal, viento vertical y nieve, a lo largo de toda la pasarela.

De esta forma, y una vez estudiados, calculados y comprobados todos los elementos estructurales de la pasarela, se llevó a cabo el diseño de la misma con los perfiles de dimensiones mínimas que indicaba el software. A continuación, se define la solución definitiva con los perfiles propuestos para llevar a cabo el Proyecto constructivo.

2.2. PERFILES UTILIZADOS

Los perfiles que se han propuesto para el presente Proyecto constructivo son los presentes en la siguiente tabla.

ZONA	PERFIL	UNIDADES	LONGITUD
PILARES	UPE 120	12	2,000 m
VIGAS DE PILARES	UPE 80	5	2,500 m
ARRIOSTRAMIENTO DE PILARES	UPE 80	12	3,202 m
VIGAS LONGITUDINALES TABLERO	UPE 160	60	2,150 m
		2	1,890 m
		1	2,040 m
VIGAS TRANSVERSALES TABLERO	UPE 80	31	2,500 m
ARRIOSTRAMIENTO TABLERO	UPE 80	60	3,297 m
		2	3,134 m
VIGAS LONGITUDINALES BARANDILLA	UPE 160	60	2,150 m
		2	1,890 m
		1	2,040 m
TIRANTES VERTICALES BARANDILLA	UPE 80	63	1,100 m
ARRIOSTRAMIENTO BARANDILLA	UPE 80	62	2,415 m
		4	2,187 m
		2	2,317 m
VIGAS INCLINADAS APOYO 1	UPE 100	4	2,371 m
VIGAS INCLINADAS APOYO 2	UPE 120	4	2,936 m
VIGAS INCLINADAS APOYO 3	UPE 160	1	3,420 m
		1	4,847 m

Tabla 1. Perfiles utilizados en la pasarela. Fuente: Autor

Por lo que, la estructura del ascensor estará formada únicamente por cuatro perfiles UPE. Para ello, se necesitará un total de 888,059 metros de perfiles de acero laminado, estos son, UPE 80 (564,924 m), UPE 100 (9,484 m), UPE 120 (35,744 m) y UPE 160 (277,907 m). Todos ellos se dispondrán de forma doble en cajón soldado con cordón de soldadura continuo tal y como se detalla en los apartados siguientes.

2.3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN

Como primera alternativa, se escogieron perfiles IPE para las vigas del tablero y perfiles HEB para los pilares de la pasarela. De esta forma, se disponía de un perfil aligerado con un coste relativamente bajo, que aportaba la estabilidad y rigidez necesaria, y que suplía satisfactoriamente sin un aumento notable de la sección las necesidades portantes y/o resistentes.

Una vez indicadas las distintas acciones a las que la pasarela se verá sometida, dichos perfiles necesitaban dimensiones muy elevadas para hacer frente a las nuevas solicitaciones, por lo que dicha disposición se consideró no apta.

Además, el arriostramiento inicialmente se configuró con tirantes de tipo L, por ser los más sencillos. Sin embargo, los esfuerzos en los tirantes verticales de las barandillas requerían de una sección desmesurada para poder soportar las cargas. Por lo tanto, se optó por una sección geoméricamente más resistente.

Se llegó a la conclusión que los perfiles UPE dispuestos de forma doble en cajón soldado con cordón de soldadura continuo, tal y como se detallan sus características en la siguiente ilustración, eran la mejor solución tanto para las vigas y pilares como para el arriostramiento de los mismos.

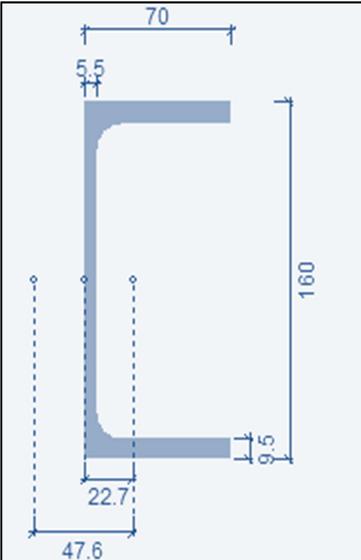
	Canto total:	160.0 mm
	Canto del ala:	70.0 mm
	Espesor del alma:	5.5 mm
	Espesor del ala:	9.5 mm
	Radio de acuerdo entre ala y alma:	12.0 mm
	Área sección:	21.70 cm ²
	Inercia flexión I _{yy} :	911.10 cm ⁴
	Módulo plástico Z _{yy} :	131.60 cm ³
	Inercia flexión I _{zz} :	106.80 cm ⁴
	Módulo plástico Z _{zz} :	41.49 cm ³
	Inercia a torsión:	5.20 cm ⁴
	Módulo de alabeo:	3960.00 cm ⁶
	Posición X del centro de gravedad:	22.7 mm
Distancia entre el centro de gravedad y el centro de esfuerzos cortantes:	47.6 mm	

Ilustración 4. Características de los perfiles UPE 160. Fuente: CYPE 3D

UPE es la denominación utilizada para definir los perfiles en U con alas paralelas, normalizados según la norma EN10365 con tolerancias de fabricación definidas por la norma EN10279:2000. Destacan por las siguientes características:

- **Rapidez y facilidad de montaje.** La serie UPE con alas paralelas simplifica las uniones en comparación con las alas inclinadas de los perfiles UPN. De esta manera no se requieren cuñas y otras medidas adicionales para compensar esta inclinación.
- **Características geométricas.** Estos perfiles de acero inoxidable son una alternativa muy interesante respecto de la serie UPN. Esto es debido a que los perfiles UPE tienen un alma más sutil, pero por otro lado tienen bridas ligeramente más grandes que los perfiles UPN. Sin embargo, sus valores estáticos son casi comparables.
- **Reducción de peso y coste.** Gracias a esta característica de los perfiles UPE, es posible reducir el peso del 9% calculado en el eje fuerte y hasta un 24% en el eje débil. Por lo tanto, el uso de perfiles UPE garantiza un ahorro de peso que puede alcanzar hasta el 30%, manteniendo las mismas condiciones estáticas.
- **Mayor resistencia.** El perfil UPE presenta una relación de capacidad resistente con respecto a su peso superior a la de los perfiles alternativos UPN. Estos aumentos de resistencia varían entre el 9% y el 34% según la aplicación.

Por lo tanto, esta disposición evita la necesidad de recurrir a perfiles de dimensiones considerablemente superiores ya que sus características geométricas presentan una mejor capacidad resistente frente a las acciones y sollicitaciones estudiadas. Sus características les hacen poseer unos momentos de inercia más equilibrados, lo que se traduce en una carga crítica sensiblemente superior. De esta forma, se aporta la estabilidad y rigidez necesaria en la orientación más desfavorable y, además, se mejora el comportamiento a torsión y pandeo, aunque el coste pasa a ser más elevado.

Cabe destacar el uso de los perfiles UPE 80 y UPE 160, los más habituales en la estructura metálica. Perfiles UPE 160 en las vigas longitudinales del tablero y en las vigas inclinadas del apoyo 3, ya que los tirantes, proyectados de forma que rebajen los esfuerzos a soportar por el tablero, se apoyan únicamente en dichas barras, siendo estas las que mayores esfuerzos soportan de la estructura.

2.4. COEFICIENTE DE PANDEO

Los coeficientes de pandeo de los distintos perfiles de la estructura metálica de la pasarela peatonal son los que se indican en la siguiente tabla.

ZONA	PLANO X-Y	PLANO X-Z
PILARES	0,70/1,00	0,70/1,00
VIGAS DE PILARES	0,70/1,00	0,70/1,00
ARRIOSTRAMIENTO DE PILARES	0,70/1,00	0,70/1,00
VIGAS LONGITUDINALES TABLERO	0,00/1,00	1,00/1,00
VIGAS TRANSVERSALES TABLERO	0,70/1,00	0,70/1,00
ARRIOSTRAMIENTO TABLERO	0,70/1,00	0,70/1,00
VIGAS LONGITUDINALES BARANDILLA	1,00/1,00	1,00/1,00
TIRANTES VERTICALES BARANDILLA	0,70/1,00	0,70/1,00
ARRIOSTRAMIENTO BARANDILLA	1,00/1,00	1,00/1,00
VIGAS INCLINADAS APOYO 1	1,00/1,00	1,00/1,00
VIGAS INCLINADAS APOYO 2	1,00/1,00	1,00/1,00
VIGAS INCLINADAS APOYO 3	1,00/1,00	1,00/1,00

Tabla 2. Coeficientes de pandeo de los perfiles utilizados en la pasarela. Fuente: Autor

La mayor parte de los perfiles se han considerado barras biapoyadas con el valor igual a la unidad, y barras apoyadas en un extremo y empotradas en el otro con un valor de 0,7.

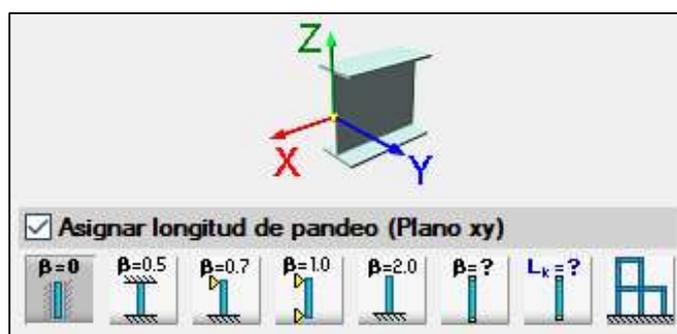


Ilustración 5. Coeficiente de pandeo en el plano X-Y de las vigas del tablero. Fuente: CYPE 3D

No se ha considerado el valor del coeficiente de pandeo en el plano X-Y en las vigas longitudinales del tablero debido al efecto del pavimento de madera que se dispondrá a lo largo de toda la pasarela, el cual cuenta con cierta rigidez.

2.5. COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES UTILIZADOS

A continuación, se adjuntan los listados de las comprobaciones realizadas por el software CYPE 3D 2017.d en los distintos perfiles propuestos para llevar a cabo la estructura metálica proyectada.

Cabe destacar que los listados corresponden a los perfiles con mayores solicitaciones, esto es, con las que presenta una mayor porcentaje de aprovechamiento por resistencia.

La estructura metálica de la pasarela está definida por cuatro tipos distintos de perfiles, por lo que, a continuación se indica la ubicación de las barras más solicitadas, sus características geométricas y sus comprobaciones de resistencia.

- **PERFIL UPE 80.** En el arriostramiento de la barandilla junto al apoyo intermedio.
- **PERFIL UPE 100.** En la viga inclinada del apoyo de menores dimensiones (apoyo 1).
- **PERFIL UPE 120.** En la viga inclinada del apoyo intermedio (apoyo 2).
- **PERFIL UPE 160.** En la viga inclinada del apoyo en conexión con la estructura vertical del ascensor (apoyo 3).

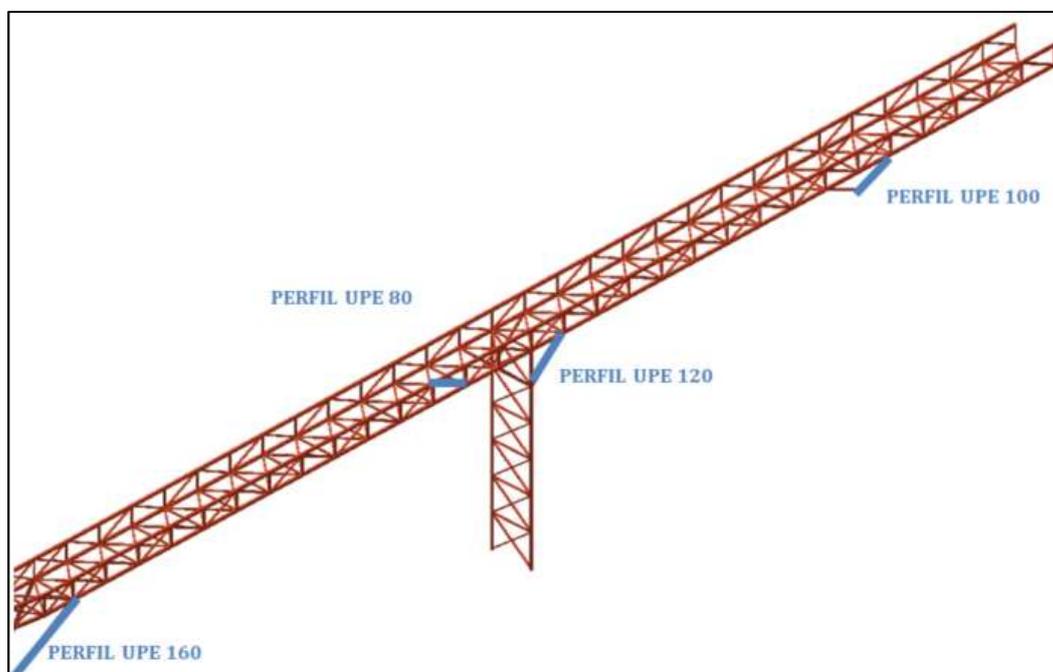


Ilustración 6. Perfiles con mayores solicitaciones en la pasarela. Fuente: CYPE 3D

2.5.1. PERFIL UPE 80

Perfil: UPE 80, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas			
	Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N119	N156	2.415	20.20	214.40	255.09	309.17
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	2.415	2.415	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N119/N156	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.237 m η = 4.3	x: 0.176 m η = 89.8	x: 2.239 m η = 2.9	x: 2.239 m η = 0.6	x: 2.239 m η = 0.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.239 m η = 94.5	η < 0.1	η = 0.2	x: 2.239 m η = 0.6	η < 0.1	CUMPLE η = 94.5
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.85** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 19.28 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 74.713 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}:** 74.713 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}:** 86.354 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}:** ∞

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y:** 206.25 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z:** 238.39 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t:** 309.17 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w:** 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E:** 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G:** 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}:** 2.415 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}:** 2.415 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}:** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀:** 4.80 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:** 3.27 cm

i_z: 3.52 cm

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀:** 0.00 mm

z₀: 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

16.50 ≤ 198.96 ✓

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 : 66.00 mm

t_w : 4.00 mm

A_w : 5.28 cm²

A_{fc,ef} : 7.00 cm²

k : 0.30

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.043 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.237 m del nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

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

N_{t,Ed} : 2.219 t

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

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

N_{t,Rd} : 51.473 t

Donde:

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

A : 19.28 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.566 ✓

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

η : 0.898 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.176 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V2+0.75·N1.

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

N_{c,Ed} : 29.127 t

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

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

N_{c,Rd} : 51.473 t

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 19.28 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

N_{b,Rd} : 32.454 t

Donde:

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

A : 19.28 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : \underline{0.63}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_y : \underline{1.02}$$

$$\phi_z : \underline{0.96}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{0.85}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.79}$$

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

$$N_{cr} : \underline{74.713} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{74.713} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{86.354} \text{ t}$$

$N_{cr,T}$: 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.029} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.239 m del nudo N119, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.05 \cdot Q1 + 1.5 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.046} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{1.597} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y} : \underline{59.81} \text{ cm}^3$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : \underline{0.006}$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.239 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.05·Q1+1.5·V1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : \underline{0.009} \text{ t}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{vd} \quad M_{c,Rd} : \underline{1.611} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z} : \underline{60.34} \text{ cm}^3$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.239 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.066 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 8.139 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 5.28 cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

d : 66.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

16.50 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 16.50

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

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

V_{Ed} : 0.006 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 21.580 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 14.00 cm²

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 19.28 cm²

d : Altura del alma.

d : 66.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

14.29 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 14.29

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 $V_{c,Rd}$.

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

0.028 t ≤ 4.069 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.028 t

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

$V_{c,Rd}$: 8.139 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 $V_{c,Rd}$.

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

0.006 t ≤ 10.790 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.006 t

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

$V_{c,Rd}$: 21.580 t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.597} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.945} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.879} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.239 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>29.053</u> t
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : <u>0.046</u> t·m
	M_{z,Ed} : <u>0.007</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>51.473</u> 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} : <u>1.597</u> t·m
	M_{pl,Rd,z} : <u>1.611</u> t·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : <u>19.28</u> cm ²
W_{pl,y} , W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>59.81</u> cm ³
	W_{pl,z} : <u>60.34</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.58}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.50}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$
	$C_{m,z} : \underline{1.00}$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \underline{0.63}$
	$\chi_z : \underline{0.67}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \underline{0.85}$
	$\bar{\lambda}_z : \underline{0.79}$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : \underline{0.60}$
	$\alpha_z : \underline{0.60}$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.028 \text{ t} \leq 4.065 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{0.028} \text{ t}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{8.131} \text{ t}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed} : \underline{0.002} \text{ t}\cdot\text{m}$
--	---

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : \underline{0.864} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : \underline{56.06} \text{ cm}^3$
--	--

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

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

$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{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:

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

$\eta : \underline{0.006} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.239 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V3+0.75·N1.

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

$V_{Ed} : \underline{0.053} \text{ t}$

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

$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd} / \sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd} : \underline{8.125} \text{ t}$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{8.139} \text{ t}$

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{2.53} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{56.06} \text{ cm}^3$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

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

$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < \underline{0.001} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V3 + 0.75 \cdot N1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.005} \text{ t}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.001} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{21.559} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{21.580} \text{ t}$
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{1.44} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{98.11} \text{ cm}^3$
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

2.5.2. PERFIL UPE 100

Perfil: UPE 100, Doble en cajón soldado (Cordón continuo)						
Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N193	N104	2.371	25.00	413.80	398.62	552.77
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	
L _K	2.371	2.371	2.371	0.000	0.000	
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_{wv}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N193/N104	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \text{máx}}$ Cumple	x: 2.179 m η = 2.8	x: 0 m η = 50.4	x: 0 m η = 8.3	x: 2.181 m η = 21.2	x: 0 m η = 1.6	η = 1.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.181 m η = 81.6	η < 0.1	η = 9.1	x: 0 m η = 1.6	η = 1.2	CUMPLE η = 81.6
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_{wv} : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.69** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 24.15 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 142.555 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}:** 150.224 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}:** 142.555 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}:** ∞

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y:** 399.78 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z:** 379.37 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t:** 552.77 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w:** 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E:** 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G:** 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}:** 2.371 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}:** 2.371 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}:** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀:** 5.68 cm

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

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y:** 4.07 cm

i_z: 3.96 cm

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀:** 0.00 mm

z₀: 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

18.89 ≤ 220.60 ✓

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 : 85.00 mm

t_w : 4.50 mm

A_w : 7.65 cm²

A_{fc,ef} : 8.25 cm²

k : 0.30

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.028 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.179 m del nudo N193, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

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

N_{t,Ed} : 1.775 t

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

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

N_{t,Rd} : 64.475 t

Donde:

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

A : 24.15 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.369 ✓

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

η : 0.504 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N193, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

$N_{c,Ed}$: 23.772 t

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

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

$N_{c,Rd}$: 64.475 t

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 24.15 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

$N_{b,Rd}$: 47.158 t

Donde:

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

A : 24.15 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : \underline{0.74}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_y : \underline{0.84}$$

$$\phi_z : \underline{0.86}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{0.67}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.69}$$

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

$$N_{cr} : \underline{142.555} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{150.224} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{142.555} \text{ t}$$

$N_{cr,T}$: 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:

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

$$\eta : \underline{0.083} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N193, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V3$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.008} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N193, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V2 + 0.75 \cdot N1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.204} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{2.471} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$:** 92.57 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.212 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.181 m del nudo N193, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+ :** 0.062 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.181 m del nudo N193, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^- :** 0.485 t·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad \mathbf{M_{c,Rd} : } \underline{2.289} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$:** 85.73 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N193, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V2+0.75·N1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.194 t

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \qquad V_{c,Rd} : \underline{11.792} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 7.65 cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma. d : 85.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 4.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \qquad \underline{18.89} < \underline{64.71} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 18.89

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.014 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

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

V_{Ed} : 0.359 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 25.433 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 16.50 cm²

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 24.15 cm²

d : Altura del alma.

d : 85.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

14.67 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 14.67

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 $V_{c,Rd}$.

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

0.194 t ≤ 5.896 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V2+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.194 t

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

$V_{c,Rd}$: 11.792 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 $V_{c,Rd}$.

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

0.359 t ≤ 12.717 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.359 t

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

$V_{c,Rd}$: 25.433 t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.645} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.735} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.816} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.181 m del nudo N193, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>23.747</u> t
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}⁺ : <u>0.160</u> t·m
	M_{z,Ed}⁻ : <u>0.485</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>64.475</u> 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} : <u>2.471</u> t·m
	M_{pl,Rd,z} : <u>2.289</u> t·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : <u>24.15</u> cm ²
W_{pl,y} , W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>92.57</u> cm ³
	W_{pl,z} : <u>85.73</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.23}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.25}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : 1.00$
	$C_{m,z} : 1.00$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : 0.74$
	$\chi_z : 0.73$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : 0.67$
	$\bar{\lambda}_z : 0.69$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : 0.60$
	$\alpha_z : 0.60$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V2 + 0.75 \cdot N1$.

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

$$0.194 \text{ t} \leq 5.613 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : 0.194 \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : 11.225 \text{ t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.091 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$.

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

$$M_{T,Ed} : 0.124 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{T,Rd} : 1.354 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 87.83 \text{ cm}^3$$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77}$ kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26}$ kp/cm²

γ_{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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.016} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N193, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V3+0.75·N1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.173}$ t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.108}$ t·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd} / \sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{10.848} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{11.792}$ t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{123.39}$ kp/cm²

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{87.83}$ cm³

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77}$ kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26}$ kp/cm²

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.012} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V3 + 0.75 \cdot N1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.282} \text{ t}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.108} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{24.211} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{25.433} \text{ t}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{74.03} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{146.38} \text{ cm}^3$

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) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

2.5.3. PERFIL UPE 120

Perfil: UPE 120, Doble en cajón soldado (Cordón continuo)						
Material: Acero (S275)						
Inicial	Final	Longitud (m)	Características mecánicas			
			Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N70	N121	2.936	30.80	727.00	608.54	905.86
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _k	2.936	2.936	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_{wv}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N70/N121	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 2.816 m η = 2.9	x: 0.082 m η = 55.6	x: 2.818 m η = 15.3	x: 2.818 m η = 18.5	x: 2.818 m η = 2.3	η = 1.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.818 m η = 90.9	η < 0.1	η = 6.1	x: 2.818 m η = 2.1	η = 0.9	CUMPLE η = 90.9
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_{wv} : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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.

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

$\bar{\lambda}$: 0.77 ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 29.60 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 140.761 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}:** 170.754 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}:** 140.761 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}:** ∞

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y:** 696.87 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z:** 574.47 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t:** 905.86 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w:** 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E:** 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G:** 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}:** 2.936 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}:** 2.936 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}:** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀:** 6.55 cm

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

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y:** 4.85 cm
i_z: 4.41 cm

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀:** 0.00 mm
z₀: 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

20.80 ≤ 238.45 ✓

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 : 104.00 mm

t_w : 5.00 mm

A_w : 10.40 cm²

A_{fc,ef} : 9.60 cm²

k : 0.30

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.029 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.816 m del nudo N70, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

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

N_{t,Ed} : 2.261 t

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

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

N_{t,Rd} : 79.025 t

Donde:

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

A : 29.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.379} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.556} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.082 m del nudo N70, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{29.984} \text{ t}$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \quad N_{c,Rd} : \underline{79.025} \text{ t}$$

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 29.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \quad N_{b,Rd} : \underline{53.926} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 29.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : \underline{0.73}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_y : \underline{0.86}$$

$$\phi_z : \underline{0.93}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{0.70}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.77}$$

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

$$N_{cr} : \underline{140.761} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{170.754} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{140.761} \text{ t}$$

$N_{cr,T}$: 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.153} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.818 m del nudo N70, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.031} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.818 m del nudo N70, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.549} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{3.592} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,y} :** 134.56 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.185 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.818 m del nudo N70, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁺ :** 0.578 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.818 m del nudo N70, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}⁻ :** 0.073 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} : 3.134 t·m

Donde:

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

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **W_{pl,z} :** 117.40 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_v : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.023 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.818 m del nudo N70, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.367 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 16.031 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 10.40 cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

d : 104.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

20.80 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 20.80

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.311 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 29.595 t

Donde:

A_v : rea transversal a cortante. A_v : 19.20 cm²

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A : rea de la sección bruta. A : 29.60 cm²

d : Altura del alma. d : 104.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 5.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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

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

$$\frac{b}{t_r} < 70 \cdot \varepsilon \quad 15.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{15.00}$$

$$\lambda_w = \frac{b}{t_r}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.297 \text{ t} \leq 8.015 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.297} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{16.031} \text{ t}$$

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 $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.311 \text{ t} \leq 14.797 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.311} \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{29.595} \text{ t}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.714} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.856} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.909} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.818 m del nudo N70, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{29.746} \text{ t}$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{v,Ed}^- : \underline{0.549} \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.578} \text{ t}\cdot\text{m}$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd} : \underline{79.025} \text{ t}$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y} : \underline{3.592} \text{ t}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{3.134} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

A: Área de la sección bruta. **A** : 29.60 cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y} : \underline{134.56} \text{ cm}^3$

$W_{pl,z} : \underline{117.40} \text{ cm}^3$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.26}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.31}$$

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.73}$$

$$\chi_z : \underline{0.68}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.70}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.77}$$

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.297 \text{ t} \leq 7.760 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{0.297 \text{ t}}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{15.520 \text{ t}}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.061} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.122 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : \underline{1.985} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{128.80} \text{ cm}^3$
 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) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.021} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.818 m del nudo N70, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V3 + 0.75 \cdot N1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.313} \text{ t}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.101} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{15.214} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{16.031} \text{ t}$
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{78.49} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{128.80} \text{ cm}^3$
 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) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.009 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V3+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.260 t

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

$M_{T,Ed}$: 0.101 t·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: 28.653 t

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 29.595 t

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

$\tau_{T,Ed}$: 49.05 kp/cm²

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 206.08 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

2.5.4. PERFIL UPE 160

Perfil: UPE 160, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _v ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N31	N199	4.847	43.40	1822.20	1184.58	1980.69
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	4.847	4.847	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N31/N199	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 4.708 m η = 3.1	x: 0.095 m η = 81.7	x: 0.095 m η = 6.6	x: 4.71 m η = 8.7	x: 0.095 m η = 0.6	η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.71 m η = 97.7	η < 0.1	η = 3.6	x: 0.095 m η = 0.6	η = 0.3	CUMPLE η = 97.7
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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.

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

$\bar{\lambda}$: **1.07** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 42.11 cm²

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v:** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 102.202 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}:** 158.767 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}:** 102.202 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}:** ∞

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y:** 1765.20 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z:** 1136.31 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t:** 1980.69 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w:** 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E:** 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G:** 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}:** 4.847 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}:** 4.847 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}:** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀:** 8.30 cm

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

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y:** 6.47 cm

i_z: 5.19 cm

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀:** 0.00 mm

z₀: 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

25.64 ≤ 247.39 ✓

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: 141.00 mm

t_w: 5.50 mm

A_w: 15.51 cm²

A_{fc,ef}: 13.30 cm²

k: 0.30

E: 2140673 kp/cm²

f_{yf}: 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η: 0.031 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.708 m del nudo N31, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

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

N_{t,Ed}: 3.437 t

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

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

N_{t,Rd}: 112.424 t

Donde:

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

A: 42.11 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}: 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y: 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0}: 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : \underline{0.407}$ ✓

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

$\eta : \underline{0.817}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.095 m del nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

N_{c,Ed} : 45.734 t

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

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

N_{c,Rd} : 112.424 t

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 42.11 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

N_{b,Rd} : 55.972 t

Donde:

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

A : 42.11 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : \underline{0.62}$$

$\chi_z : \underline{0.50}$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_y : \underline{1.03}$$

$\phi_z : \underline{1.29}$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : \underline{0.49}$

$\alpha_z : \underline{0.49}$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{0.86}$$

$\bar{\lambda}_z : \underline{1.07}$

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

$N_{cr} : \underline{102.202} \text{ t}$

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

$N_{cr,y} : \underline{158.767} \text{ t}$

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

$N_{cr,z} : \underline{102.202} \text{ t}$

$N_{cr,T}$: 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.066} \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.095 m del nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V2+0.75·N1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : \underline{0.451} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{6.804} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,y} : 254.84 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : 0.087$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.710 m del nudo N31, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : 0.459 \text{ t}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.710 m del nudo N31, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot V3$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : 0.063 \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : 5.270 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z} : 197.40 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : 1.05$

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.006 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.095 m del nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.154 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 23.907 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 15.51 cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

d : 141.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

25.64 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 25.64

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$.

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

V_{Ed} : 0.119 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 41.001 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 26.60 cm²

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 42.11 cm²

d : Altura del alma.

d : 141.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

14.74 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 14.74

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 $V_{c,Rd}$.

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

0.154 t ≤ 11.954 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.154 t

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

$V_{c,Rd}$: 23.907 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 $V_{c,Rd}$.

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

0.119 t ≤ 20.501 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.119 t

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

$V_{c,Rd}$: 41.001 t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.518} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.772} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.977} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.710 m del nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>45.378</u> t
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} : <u>0.183</u> t·m
	M_{z,Ed} : <u>0.459</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>112.424</u> 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} : <u>6.804</u> t·m
	M_{pl,Rd,z} : <u>5.270</u> t·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : <u>42.11</u> cm ²
W_{pl,y} , W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>254.84</u> cm ³
	W_{pl,z} : <u>197.40</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.43}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.65}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : 1.00$
	$C_{m,z} : 1.00$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : 0.62$
	$\chi_z : 0.50$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : 0.86$
	$\bar{\lambda}_z : 1.07$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : 0.60$
	$\alpha_z : 0.60$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 0.154 \text{ t} \leq 11.737 \text{ t} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : 0.154 \text{ t}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : 23.475 \text{ t}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : 0.036 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed} : 0.123 \text{ t} \cdot \text{m}$
--	---

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : 3.432 \text{ t} \cdot \text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : 222.66 \text{ cm}^3$
--	-----------------------------

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

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

$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{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:

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

$\eta : \underline{0.006} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.095 m del nudo N31, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V3 + 0.75 \cdot N1$.

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

$V_{Ed} : \underline{0.138} \text{ t}$

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

$M_{T,Ed} : \underline{0.107} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd} / \sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd} : \underline{23.160} \text{ t}$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{23.907} \text{ t}$

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{48.15} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{222.66} \text{ cm}^3$

f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

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

$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V3 + 0.75 \cdot N1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.105} \text{ t}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.107} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{40.260} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{41.001} \text{ t}$
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{27.88} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{384.60} \text{ cm}^3$
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

3. ESTRUCTURA DEL ASCENSOR

La estructura vertical que integrará el ascensor será la que se defina a continuación. La disposición de la estructura es la que se representa en la siguiente ilustración, un modelo 3D generado mediante el software CYPE 3D 2017.d.

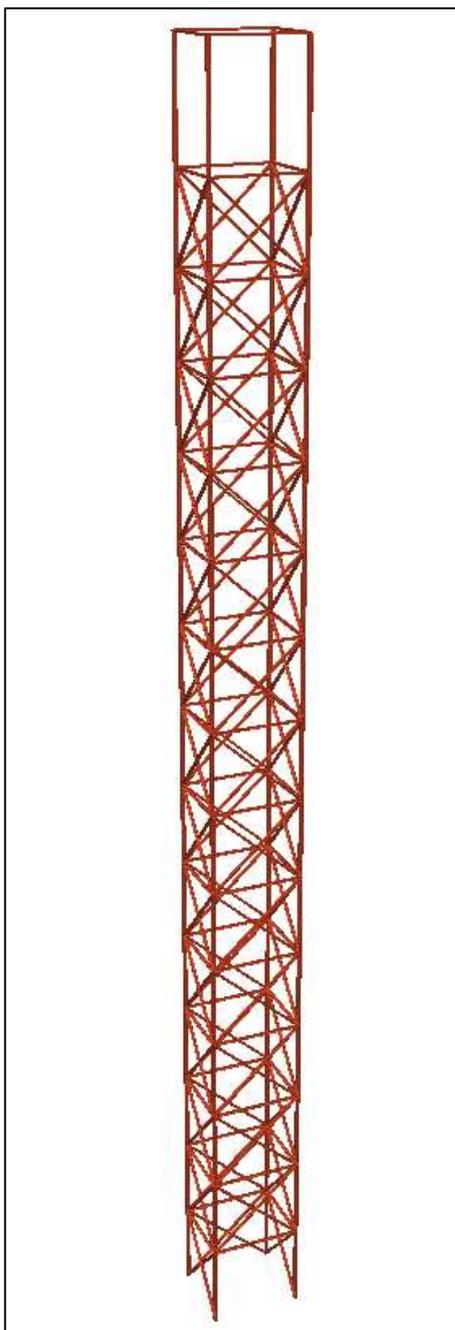


Ilustración 7. Estructura metálica del ascensor. Fuente: CYPE 3D

3.1. CONCEPCIÓN Y DISEÑO

Un primer paso en la concepción de la estructura del ascensor fue la disposición de cuatro pilares. Lógicamente, esta primera propuesta fallaba, por lo que se dispuso de varias vigas perimetrales y secuenciales que aportasen la unión necesaria en los pilares y así evitar el pandeo de los mismos.

Posteriormente, se indicaron las distintas acciones a las que la estructura vertical se verá sometida, estas son, peso propio, cargas muertas, viento longitudinal, viento transversal, viento vertical y nieve, tanto en la superficie superior como en las cuatro superficies laterales. Además, para aportar el arriostramiento necesario, se diseñaron cruces de San Andrés a lo largo de la estructura.

De esta forma, y una vez estudiados, calculados y comprobados todos los elementos estructurales, se llevó a cabo el diseño de la misma con los perfiles de dimensiones mínimas que indicaba el software. A continuación, se define la solución definitiva con los perfiles propuestos para llevar a cabo el Proyecto constructivo.

Señalar que tanto la disposición de los perfiles como de la celosía ha sido resultado de la continuidad deseada entre la estructura vertical del ascensor y la pasarela peatonal. Esta continuidad del diseño ha sido requerimiento indispensable durante la realización de la concepción y dimensionamiento de la estructura metálica.

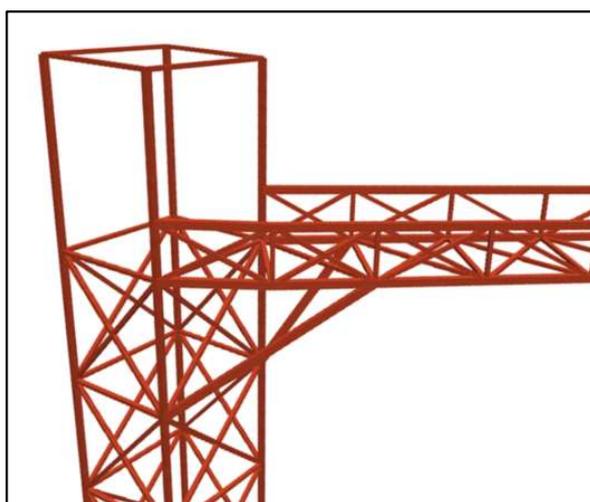


Ilustración 8. Continuidad de la estructura metálica proyectada. Fuente: CYPE 3D

3.2. PERFILES UTILIZADOS

Los perfiles que se han propuesto para el presente Proyecto constructivo son los presentes en la siguiente tabla.

ZONA	PERFIL	UNIDADES	LONGITUD
PILARES	UPE 120	52	2,750 m
		4	2,850 m
		4	3,720 m
VIGAS	UPE 80	30	3,000 m
		30	2,500 m
ARRIOSTRAMIENTO	UPE 80	50	4,070 m
		52	3,717 m
		4	4,138 m
		4	3,791 m

Tabla 3. Perfiles utilizados en la estructura vertical. Fuente: Autor

Al igual que en la pasarela peatonal, la estructura del ascensor estará formada por perfiles UPE. Para ello, se necesitará un total de 762,780 metros de únicamente dos perfiles de acero laminado, estos son, UPE 80 (593,500 m) y UPE 120 (169,280 m). Todos ellos se dispondrán de forma doble en cajón soldado con cordón de soldadura continuo tal y como se detalla en los apartados siguientes.

3.3. JUSTIFICACIÓN DE LA ELECCIÓN

Los perfiles UPE utilizados en la estructura vertical se han escogido para dar estabilidad y rigidez en la orientación más desfavorable del viento y para mantener la continuidad estética global de la estructura, factor fundamental durante la concepción y diseño de la estructura metálica.

Como en el caso de la pasarela peatonal, se llegó a la conclusión que los perfiles UPE dispuestos de forma doble en cajón soldado con cordón de soldadura continuo eran la mejor solución tanto para las vigas y pilares como para el arriostramiento.

Esta disposición evita la necesidad de recurrir a perfiles de dimensiones considerablemente superiores ya que sus características geométricas presentan una mejor capacidad resistente frente a las acciones y solicitaciones estudiadas.

Sus características les hacen poseer unos momentos de inercia más equilibrados, lo que se traduce en una carga crítica sensiblemente superior.

De esta forma, se aporta la estabilidad y rigidez necesaria en la orientación más desfavorable y, además, se mejora el comportamiento a torsión y pandeo, aunque el coste pasa a ser relativamente algo más elevado.

3.4. COEFICIENTES DE PANDEO

Los coeficientes de pandeo de los distintos perfiles de la estructura metálica del ascensor son los que se indican en la siguiente tabla.

ZONA	PLANO X-Y	PLANO X-Z
PILARES	0,70/1,00	0,70/1,00
VIGAS	0,70/1,00	0,70/1,00
ARRIOSTRAMIENTO	0,70/1,00	0,70/1,00

Tabla 4. Coeficientes de pandeo de los perfiles utilizados en la estructura vertical. Fuente: Autor

Todos los perfiles se han considerado barras apoyadas en un extremo y empotradas en el otro con un valor de 0,7 tanto en el plano X-Y como en el plano X-Z.

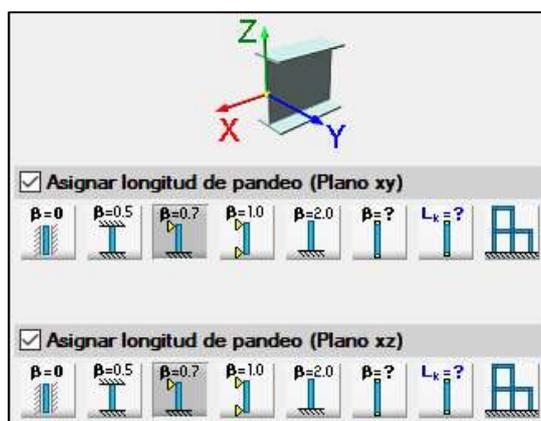


Ilustración 9. Coeficiente de pandeo en la estructura vertical. Fuente: CYPE 3D

3.5. COMPROBACIÓN DE LOS PERFILES UTILIZADOS

A continuación, se adjuntan los listados de las comprobaciones realizadas por el software CYPE 3D 2017.d en los distintos perfiles propuestos para llevar a cabo la estructura metálica proyectada.

Cabe destacar que los listados corresponden a los perfiles con mayores solicitaciones, esto es, con las que presenta una mayor porcentaje de aprovechamiento por resistencia.

La estructura metálica de la estructura vertical está definida por dos tipos distintos de perfiles, por lo que, a continuación se indica la ubicación de las barras más solicitadas, sus características geométricas y sus comprobaciones de resistencia.

- **PERFIL UPE 80.** En las vigas y los arriostramientos de toda la estructura vertical.
- **PERFIL UPE 120.** En los pilares de toda la estructura vertical.

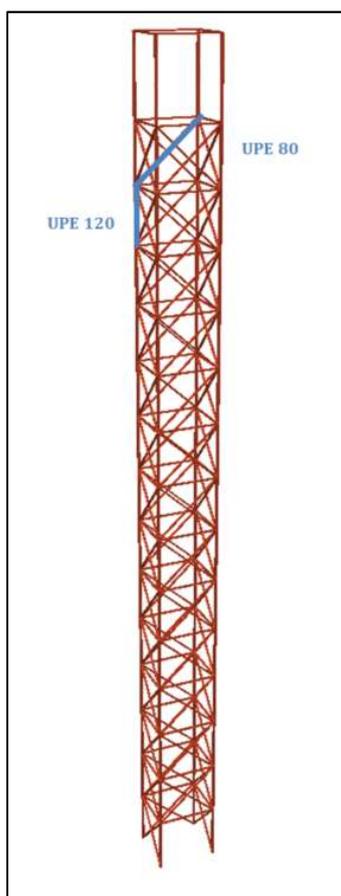
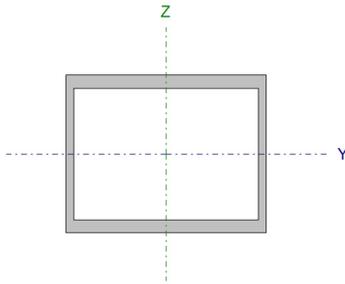


Ilustración 10. Perfiles con mayores solicitaciones en la estructura vertical. Fuente: CYPE 3D

3.5.1. PERFIL UPE 80

Perfil: UPE 80, Doble en cajón soldado (Cordón continuo)						
Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N30	N3	4.138	20.20	214.40	255.09	309.17
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	0.00	0.00		
L _K	2.897	2.897	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						



Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N30/N3	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.019 m η = 3.2	x: 0.102 m η = 84.0	x: 0.102 m η = 7.0	x: 4.021 m η = 3.9	x: 0.102 m η = 1.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.102 m η = 96.2	η < 0.1	η = 1.3	x: 0.102 m η = 1.3	η < 0.1	CUMPLE η = 96.2
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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.

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

$\bar{\lambda}$: 1.02 ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 19.28 cm²

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v:** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 51.938 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}:** 51.938 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}:** 60.031 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}:** ∞

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y:** 206.25 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z:** 238.39 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t:** 309.17 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w:** 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E:** 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G:** 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}:** 2.897 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}:** 2.897 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}:** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀:** 4.80 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:** 3.27 cm
i_z: 3.52 cm

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀:** 0.00 mm
z₀: 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

16.50 ≤ 198.96 ✓

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 : 66.00 mm

t_w : 4.00 mm

A_w : 5.28 cm²

A_{fc,ef} : 7.00 cm²

k : 0.30

E : 2140673 kp/cm²

f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.032 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.019 m del nudo N30, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

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

N_{t,Ed} : 1.669 t

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

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

N_{t,Rd} : 51.473 t

Donde:

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

A : 19.28 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta : \underline{0.444}$ ✓

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

$\eta : \underline{0.840}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.102 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

N_{c,Ed} : 22.854 t

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

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

N_{c,Rd} : 51.473 t

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 19.28 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

N_{b,Rd} : 27.197 t

Donde:

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

A : 19.28 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : \underline{0.53}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_y : \underline{1.22}$$

$$\phi_z : \underline{1.13}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_y : \underline{0.49}$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{1.02}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.95}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $N_{cr} : \underline{51.938} \text{ t}$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y} : \underline{51.938} \text{ t}$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z} : \underline{60.031} \text{ t}$

$N_{cr,T}$: 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.070} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.102 m del nudo N30, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : \underline{0.006} \text{ t}\cdot\text{m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.102 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : \underline{0.112} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{1.597} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$:** 59.81 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.021 m del nudo N30, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·V1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+ :** 0.063 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.021 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·Q1+0.9·V3.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^- :** 0.006 t·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd} \qquad M_{c,Rd} : \underline{1.611} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$:** 60.34 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.102 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.110 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 8.139 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 5.28 cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

d : 66.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

16.50 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 16.50

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

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

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

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

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{\text{ref}} : \underline{2395.51 \text{ kp/cm}^2}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.001} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·V1.

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

$$V_{\text{Ed}} : \underline{0.021 \text{ t}}$$

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

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

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{21.580 \text{ t}}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{14.00 \text{ cm}^2}$$

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{19.28 \text{ cm}^2}$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{66.00 \text{ mm}}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.00 \text{ mm}}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{\text{yd}} : \underline{2669.77 \text{ kp/cm}^2}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

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

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

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:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$14.29 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.29}$$

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

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

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51 \text{ kp/cm}^2}$$

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

$$f_y : \underline{2803.26 \text{ kp/cm}^2}$$

Resistencia a 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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.110 \text{ t} \leq 4.069 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.110 \text{ t}}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{8.139 \text{ t}}$$

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 $V_{c,Rd}$.

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

$$0.021 \text{ t} \leq 10.790 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·V1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.021} \text{ t}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{21.580} \text{ t}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.519} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.962} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.856} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.102 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{22.841} \text{ t}$
 $M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed} : \underline{0.112} \text{ t}\cdot\text{m}$
 $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.008} \text{ t}\cdot\text{m}$
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd} : \underline{51.473} \text{ t}$
 $M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y} : \underline{1.597} \text{ t}\cdot\text{m}$
 $M_{pl,Rd,z} : \underline{1.611} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

A: Área de la sección bruta. $A : \underline{19.28} \text{ cm}^2$
 $W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y} : \underline{59.81} \text{ cm}^3$
 $W_{pl,z} : \underline{60.34} \text{ cm}^3$
 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) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.67}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.58}$$

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

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

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

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

$$\chi_y : \underline{0.53}$$

$$\chi_z : \underline{0.57}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.02}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.95}$$

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

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

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.75 \cdot N1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.110 \text{ t} \leq 4.059 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{0.110 \text{ t}}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{8.118 \text{ t}}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.05 \cdot Q1 + 1.5 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.011 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : \underline{0.864} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{56.06} \text{ cm}^3$

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) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.013} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.102 m del nudo N30, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V3+0.75·N1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.104} \text{ t}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{8.103} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{8.139} \text{ t}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{6.68} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{56.06} \text{ cm}^3$

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) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V3+0.75·N1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.003} \text{ t}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.004} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{21.526} \text{ t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{21.580} \text{ t}$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{3.81} \text{ kp/cm}^2$$

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{98.11} \text{ cm}^3$$

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)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

3.5.2. PERFIL UPE 120

Perfil: UPE 120, Doble en cajón soldado (Cordón continuo) Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N17	N30	2.750	30.80	727.00	608.54	905.86
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	0.00	0.00		
L _K	1.925	1.925	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_{w}	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N17/N30	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{w} \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 2.604 m η = 4.8	x: 0.06 m η = 87.9	x: 2.605 m η = 8.1	x: 0.06 m η = 2.3	η = 0.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.605 m η = 94.9	η < 0.1	η = 1.4	η = 0.6	η < 0.1	CUMPLE η = 94.9
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.50** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A:** 29.60 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y:** 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}:** 327.532 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}:** 397.323 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}:** 327.532 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}:** ∞

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y:** 696.87 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z:** 574.47 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t:** 905.86 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w:** 0.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad. **E:** 2140673 kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal. **G:** 825688 kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}:** 1.925 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}:** 1.925 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}:** 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀:** 6.55 cm

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

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y:** 4.85 cm
i_z: 4.41 cm

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀:** 0.00 mm
z₀: 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$20.80 \leq 238.45 \checkmark$$

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:

$$f_{yf} = f_y$$

$$h_w : \underline{104.00} \text{ mm}$$

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{10.40} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{9.60} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

$$E : \underline{2140673} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.048} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.604 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{3.832} \text{ t}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : \underline{79.025} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{29.60} \text{ cm}^2$$

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)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.739 ✓

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

η : 0.879 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.75·N1.

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

N_{c,Ed} : 58.439 t

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

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

N_{c,Rd} : 79.025 t

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 29.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

N_{b,Rd} : 66.470 t

Donde:

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

A : 29.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$\chi_y : \underline{0.87}$

$\chi_z : \underline{0.84}$

Siendo:

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

$\phi_y : \underline{0.67}$

$\phi_z : \underline{0.70}$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : \underline{0.49}$

$\alpha_z : \underline{0.49}$

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

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

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

$\bar{\lambda}_z : \underline{0.50}$

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

$N_{cr} : \underline{327.532} \text{ t}$

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

$N_{cr,y} : \underline{397.323} \text{ t}$

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

$N_{cr,z} : \underline{327.532} \text{ t}$

$N_{cr,T}$: 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:

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

$\eta : \underline{0.081} \checkmark$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.605 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

$M_{Ed}^+ : \underline{0.291} \text{ t·m}$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.605 m del nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·V3.

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

$M_{Ed}^- : \underline{0.040} \text{ t·m}$

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

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

$M_{c,Rd} : \underline{3.592} \text{ t·m}$

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. **Clase :** 1

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$:** 134.56 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.023 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.060 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+ :** 0.072 t·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^- :** 0.000 t·m

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

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

$M_{c,Rd}$: 3.134 t·m

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$:** 117.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0} :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.008 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.131 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 16.031 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 10.40 cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d : Altura del alma.

d : 104.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

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

20.80 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 20.80

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·V1.

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

V_{Ed} : 0.039 t

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

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

$V_{c,Rd}$: 29.595 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 19.20 cm²

$$A_v = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 29.60 cm²

d : Altura del alma.

d : 104.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

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

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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

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

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

15.00 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 15.00

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε : Factor de reducción.

ε : 0.92

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

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 $V_{c,Rd}$.

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

0.131 t ≤ 8.015 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1+1.5·Q1+0.9·V1+0.75·N1.

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

V_{Ed} : 0.131 t

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

$V_{c,Rd}$: 16.031 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 $V_{c,Rd}$.

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

0.039 t ≤ 14.797 t ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·V1.

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

V_{Ed} : 0.039 t

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

$V_{c,Rd}$: 29.595 t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.822} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.949} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.943} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.605 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V2+0.75·N1.

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} : <u>58.176</u> t
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} ⁺ : <u>0.273</u> t·m
	M_{z,Ed} ⁺ : <u>0.029</u> t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>79.025</u> 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} : <u>3.592</u> t·m
	M_{pl,Rd,z} : <u>3.134</u> t·m

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

A : Área de la sección bruta.	A : <u>29.60</u> cm ²
W_{pl,y} , W_{pl,z} : Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>134.56</u> cm ³
	W_{pl,z} : <u>117.40</u> cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>2669.77</u> kp/cm ²
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>2803.26</u> kp/cm ²
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>

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

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.22}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.27}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y} : \underline{1.00}$
	$C_{m,z} : \underline{1.00}$
χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$\chi_y : \underline{0.87}$
	$\chi_z : \underline{0.84}$
$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y : \underline{0.46}$
	$\bar{\lambda}_z : \underline{0.50}$
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	$\alpha_y : \underline{0.60}$
	$\alpha_z : \underline{0.60}$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 0.8 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V1 + 0.75 \cdot N1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.131 \text{ t} \leq 7.960 \text{ t}} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{0.131 \text{ t}}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{15.919 \text{ t}}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V2 + 0.75 \cdot N1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed} : \underline{0.027 \text{ t}\cdot\text{m}}$
--	---

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \quad M_{T,Rd} : \underline{1.985 \text{ t}\cdot\text{m}}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	$W_T : \underline{128.80 \text{ cm}^3}$
--	---

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)

$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{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:

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

$\eta : \underline{0.006} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Q1+0.9·V3+0.75·N1.

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

$V_{Ed} : \underline{0.095} \text{ t}$

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

$M_{T,Ed} : \underline{0.022} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd}$

$V_{pl,T,Rd} : \underline{15.852} \text{ t}$

Donde:

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

$V_{pl,Rd} : \underline{16.031} \text{ t}$

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

$\tau_{T,Ed} : \underline{17.13} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{128.80} \text{ cm}^3$

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)

$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < \underline{0.001} \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.35 \cdot CM1 + 1.5 \cdot Q1 + 0.9 \cdot V3 + 0.75 \cdot N1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.006} \text{ t}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{0.022} \text{ t}\cdot\text{m}$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}} \right] \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{29.389} \text{ t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{29.595} \text{ t}$
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{10.70} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{206.08} \text{ cm}^3$
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{vd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

4. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

A continuación, para definir y conocer en detalle los perfiles utilizados se adjuntan cuatro tablas con sus características mecánicas, material utilizado, resumen de mediciones y medición de superficies.

En primer lugar, se definen las características mecánicas de los perfiles utilizados.

Características mecánicas								
Acero Laminado - S275	Ref.	Descripción	A (cm ²)	Avy (cm ²)	Avz (cm ²)	Iyy (cm ⁴)	Izz (cm ⁴)	It (cm ⁴)
	1	UPE 80, Doble en cajón soldado, (UPE) Cordón continuo	20.20	10.50	4.75	214.40	255.09	309.17
	2	UPE 160, Doble en cajón soldado, (UPE) Cordón continuo	43.40	19.95	13.96	1822.20	1184.58	1980.69
	3	UPE 120, Doble en cajón soldado, (UPE) Cordón continuo	30.80	14.40	9.36	727.00	608.54	905.86
	4	UPE 100, Doble en cajón soldado, (UPE) Cordón continuo	25.00	12.38	6.89	413.80	398.62	552.77

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

Tabla 5. Características mecánicas. Fuente: CYPE

Señalar, además, que el material utilizado en toda la estructura del Proyecto constructivo es el que describe la siguiente tabla:

Material utilizado							
Material		E (kp/cm ²)	ν	G (kp/cm ²)	f _v (kp/cm ²)	α _t (m/m°C)	γ (t/m ³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	2140672.8	0.300	825688.1	2803.3	0.000012	7.850

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_v: Límite elástico
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

Tabla 6. Material utilizado. Fuente: CYPE

La estructura metálica, contará con un total de 619 barras del perfil UPE. En concreto, 411 barras corresponderán con el perfil UPE 80, 4 barras con el perfil UPE 100, 76 barras con el perfil UPE 120 y 128 barras con el perfil UPE 160. Todas ellas de forma doble en cajón soldado con cordón de soldadura continuo.

Resumen de medición										
Acero laminado - S275	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
		Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m ³)	Serie (m ³)	Material (m ³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
	UPE 80	1158.402			2.340			18368.79		
	UPE 160	277.906			1.206			9467.97		
	UPE 120	205.026			0.631			4957.11		
	UPE 100	9.485			0.024			186.14		
			1650.818			4.201			32980.00	
				1650.818			4.201			32980.00

Tabla 7. Resumen de medición. Fuente: CYPE

La superficie total de la estructura metálica, necesaria para conocer los metros cuadrados que se pintarán, se resume en la siguiente tabla:

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria (m ² /m)	Longitud (m)	Superficie (m ²)
UPE	UPE 80, Doble en cajón soldado	0.360	1158.402	417.025
	UPE 160, Doble en cajón soldado	0.600	277.906	166.743
	UPE 120, Doble en cajón soldado	0.480	205.026	98.412
	UPE 100, Doble en cajón soldado	0.420	9.485	3.984
Total				686.164

Tabla 8. Medición de las superficies a pintar. Fuente: CYPE

5. ESTUDIO DE LAS UNIONES

Mediante el software CYPE 3D 2017.d se han calculado y generado todas las uniones que ensamblan las distintas barras de la estructura metálica proyectada. Tanto para la estructura de la pasarela peatonal como para la estructura vertical que albergará el ascensor, se propone realizar uniones soldadas.

Las uniones se han agrupado en tipos, esto es debido a que la disposición constructiva es notablemente repetitiva a lo largo de toda la estructura metálica. Esta actuación simplifica y facilita los procesos constructivos.

El programa no dispone de alguna de las uniones objeto del presente Proyecto ya que su biblioteca actual se encuentra relativamente limitada. Debido a ello, para estas uniones especiales se han realizado el cálculo y la comprobación de forma manual.

A continuación, se muestran las comprobaciones y resultados de los distintos tipos de uniones que se han estudiado y calculado mediante el software CYPE 3D 2017.d o manualmente.

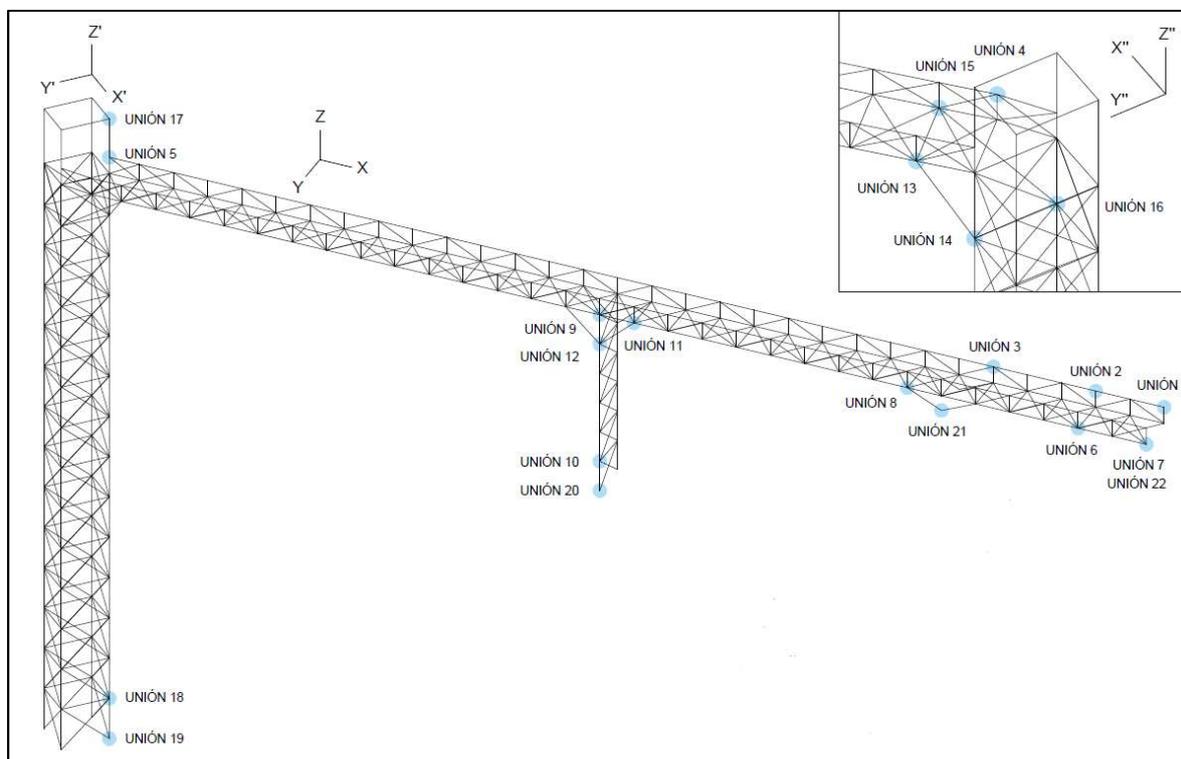


Ilustración 11. Tipo de uniones existentes en la estructura metálica. Fuente: Autor

5.1. COMPROBACIÓN DE LAS UNIONES

5.1.1. UNIÓN TIPO 1

La unión Tipo 1 corresponde con la unión soldada entre el final de la viga longitudinal del pasamanos (UPE 160) y el primer tirante vertical de la barandilla (UPE 80). Además, describe la soldadura a realizar mediante una chapa al final de la barandilla.

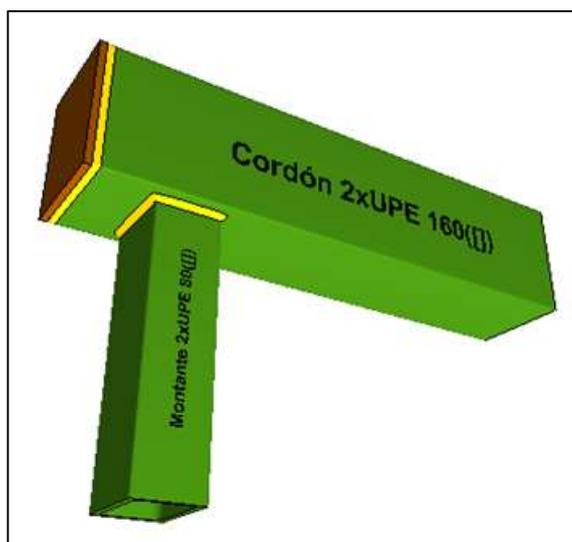
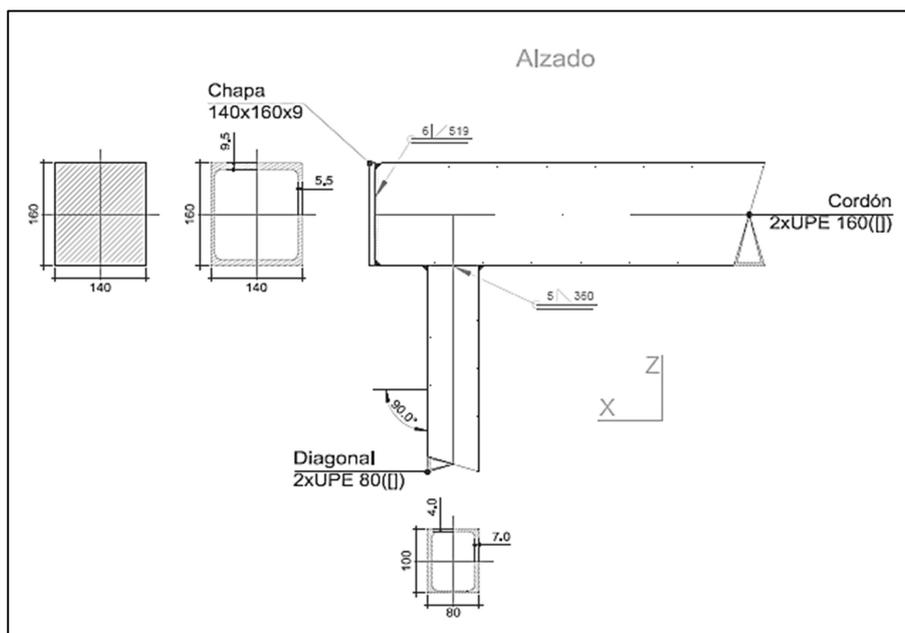
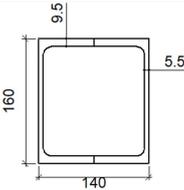
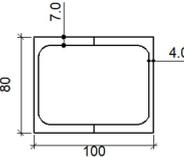


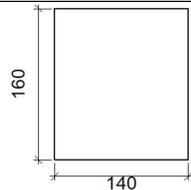
Ilustración 12. Modelo 3D de la unión Tipo 1. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 80([])		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa		140	160	9	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_0}/t_0$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_0/b_0	--	1.14	0.50	2.00
b_0/t_0	--	14.74	--	35.00
h_0/t_0	--	29.09	--	35.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo				Preparación de bordes (mm)			l (mm)	
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple				6			519	
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

2) Montante 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	0.71	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.225	29.052	0.77
Interacción axil y momentos	--	--	--	8.01

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo				a (mm)		l (mm)		
Soldadura en ángulo	En ángulo				5		360		
<i>a: Espesor garganta</i>									
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	360
		A tope en bisel simple	6	519

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	140x160x9	1.58
				Total

5.1.2. UNIÓN TIPO 2

La unión Tipo 2 corresponde con la unión soldada entre la viga longitudinal del pasamanos (UPE 160) y el tirante vertical de la barandilla (UPE 80). Esta unión se encuentra numerosamente repetida a lo largo de la pasarela peatonal.

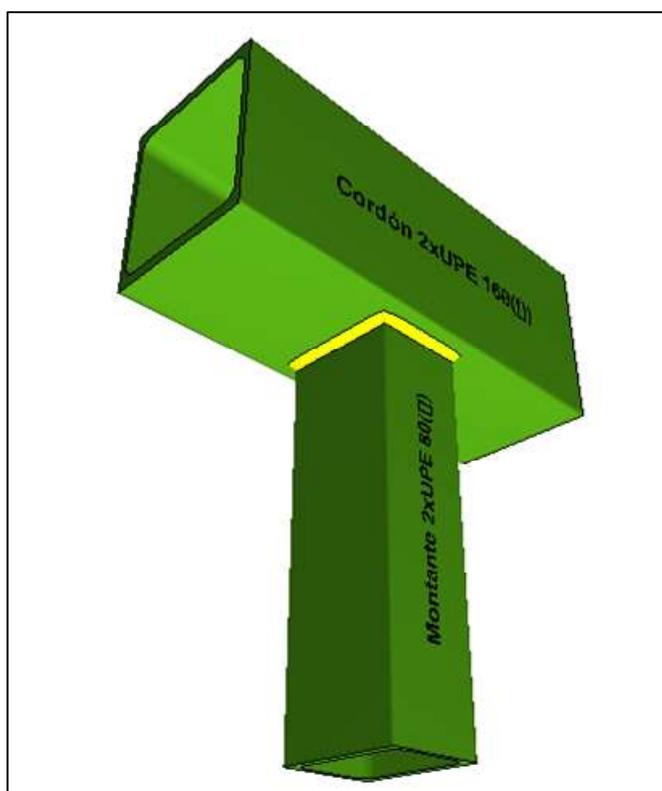
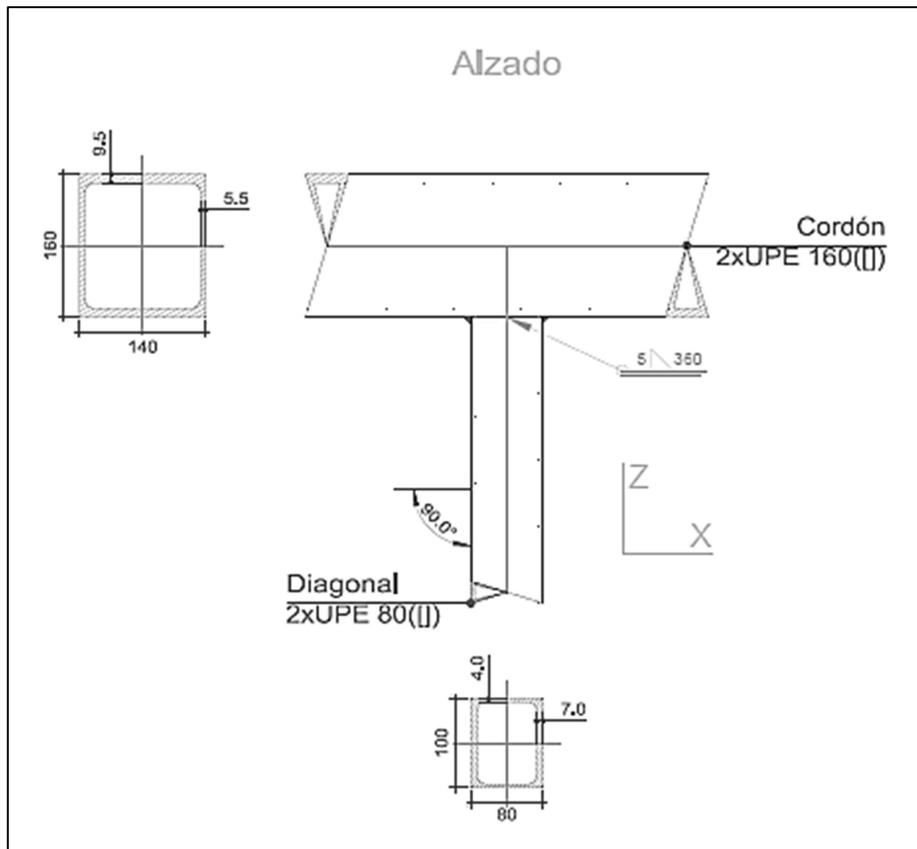


Ilustración 13. Modelo 3D de la unión Tipo 2. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160(I)		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 80(I)		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_o/t_o})	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h _o /b _o	--	1.14	0.50	2.00
b _o /t _o	--	14.74	--	35.00
h _o /t _o	--	29.09	--	35.00

2) Montante 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_i/t_i})	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b _i /b _o	--	0.71	0.25	1.00
h _i /b _i	--	0.80	0.50	2.00
b _i /t _i	--	14.29	--	35.00
h _i /t _i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.582	29.052	2.00
Interacción axil y momentos	--	--	--	2.94

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)					
Soldadura en ángulo	En ángulo		5	360					
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85	

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	360

5.1.3. UNIÓN TIPO 3

La unión Tipo 3 corresponde con la unión soldada en el plano X-Z entre la viga longitudinal del pasamanos (UPE 160), el tirante vertical de la barandilla (UPE 80) y los dos arriostramientos de la barandilla (UPE 80).

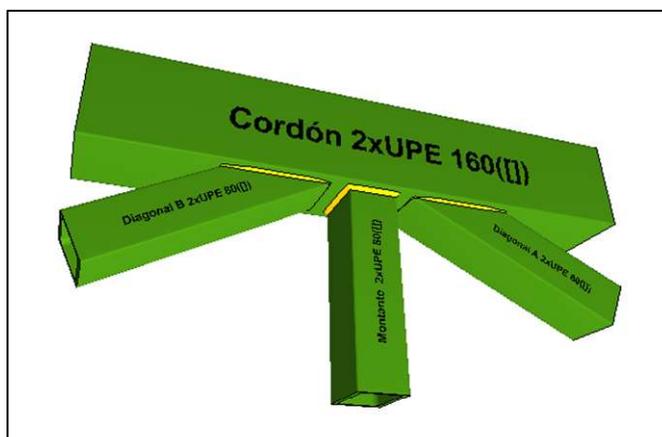
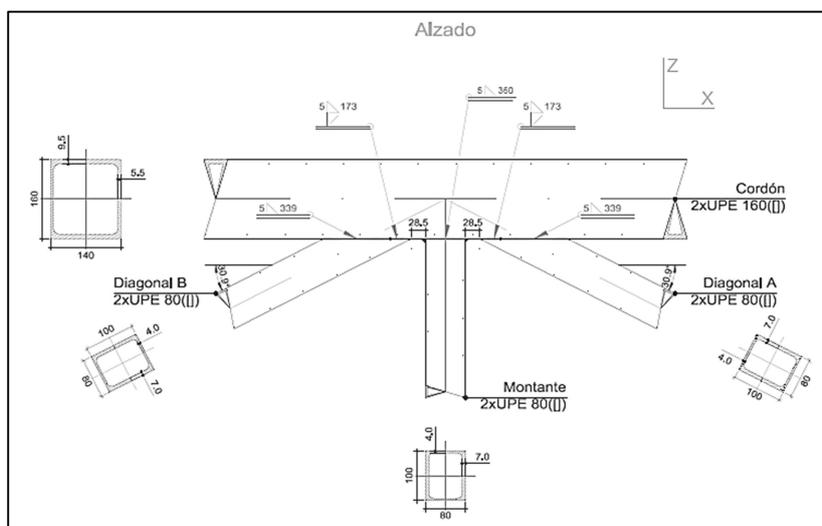
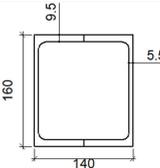
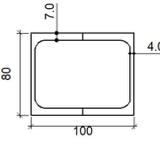


Ilustración 14. Modelo 3D de la unión Tipo 3. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Diagonal y Montante	2xUPE 80([])		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.14	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.74	--	35.00
h_o/t_o	--	29.09	--	35.00

2) Diagonal A 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	30.89	30.00	--
b_i/b_o	--	0.71	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	2.940	75.286	3.90
Interacción axil y momentos	--	--	--	5.39

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	5	4	173
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	339

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

3) Montante 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_i/t_i})	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	0.71	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	3.030	29.052	10.43
Interacción axil y momentos	--	--	--	16.09

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.		Tipo				a (mm)	l (mm)		
Soldadura en ángulo		En ángulo				5	360		
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

4) Diagonal B 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_i/t_i})	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	30.89	30.00	--
b_i/b_o	--	0.71	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	8.843	75.286	11.75
Interacción axil y momentos	--	--	--	15.04

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	5	4	173
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	339
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>				

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras Montante				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	360
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	5	365

Soldaduras Diagonales				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	339
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	5	173

5.1.4. UNIÓN TIPO 4

La unión Tipo 4 corresponde con la unión soldada entre dos vigas longitudinales de la barandilla (UPE 160). El ángulo entre los ejes de los dos perfiles es de 7,9° aproximadamente. No se han considerado las dos diagonales y el montante ya que su configuración está comprobada en el presente subanejo.

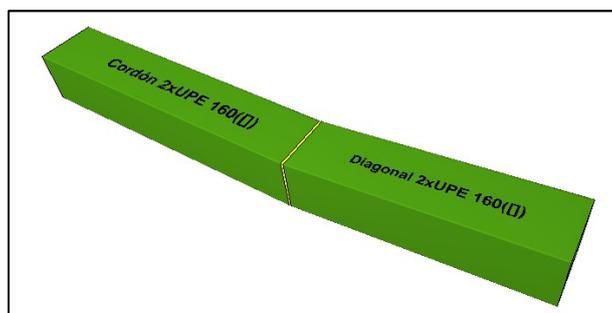
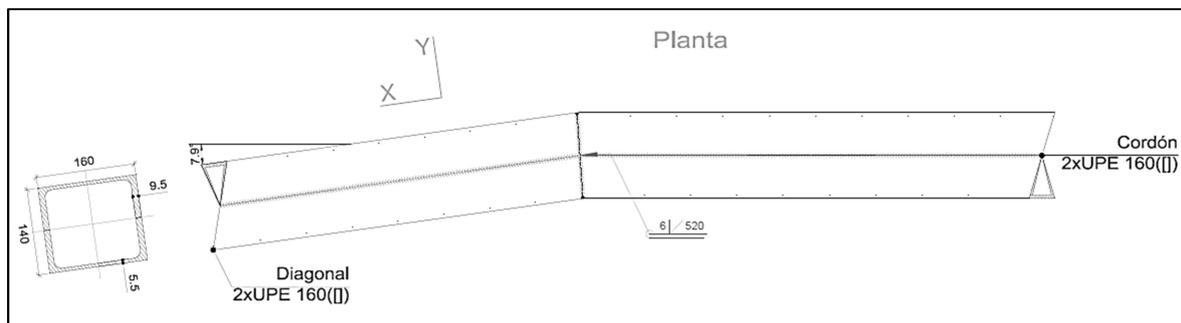
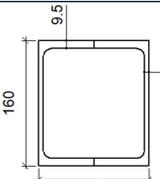


Ilustración 15. Modelo 3D de la unión Tipo 4. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón y Diagonal	2xUPE 160(I)		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160(I)

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_0}/t_0$)	--	25.64	--	35.13 (Clase 2)
Clase de sección (C_{ip_0}/t_0)	--	12.74	--	30.51 (Clase 1)
Clase de sección (C_{op_0}/t_0)	--	27.09	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	21.915	23.174	94.57
Interacción axil y momentos	--	0.33	0.94	35.57
Cortante de la sección transversal	t	0.658	20.501	3.21

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)					
Soldadura a tope en 'V' simple (con chaflán)	A tope en 'V' simple	6	520					
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura a tope en 'V' simple (con chaflán)	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85

2) Diagonal 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	25.64	--	35.13 (Clase 2)
Clase de sección (C_{ip_i}/t_i)	--	12.74	--	30.51 (Clase 1)
Clase de sección (C_{op_i}/t_i)	--	27.09	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	172.05	30.00	180.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	4.756	23.174	20.52
Interacción axil y momentos	--	0.23	0.94	24.10
Cortante de la sección transversal	t	3.029	20.501	14.77

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)					
Soldadura a tope en 'V' simple (con chaflán)	A tope en 'V' simple	6	520					
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura a tope en 'V' simple (con chaflán)	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	A tope en 'V' simple	6	520

5.1.5. UNIÓN TIPO 5

La unión Tipo 5 corresponde con la unión soldada entre el pilar de la estructura vertical del ascensor (UPE 120) y la viga longitudinal de la barandilla (UPE 160) en la conexión entre las dos estructuras metálicas. No se ha considerado la diagonal ya que su configuración está comprobada en otra de las uniones tipo.

La unión no se encuentra incluida en la biblioteca de uniones del software CYPE 3D 2017.d debido a sus características geométricas y a la disposición de los perfiles. Por ello, el cálculo y comprobación se llevará a cabo de forma manual.

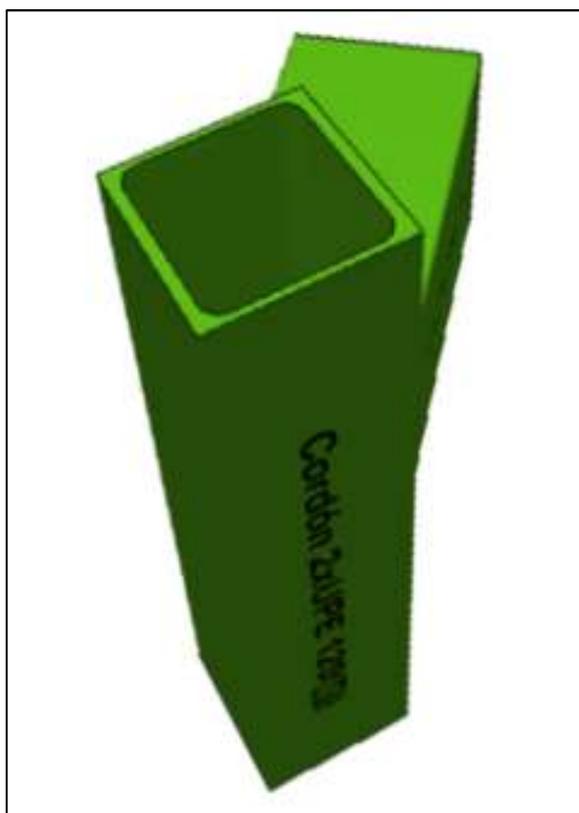
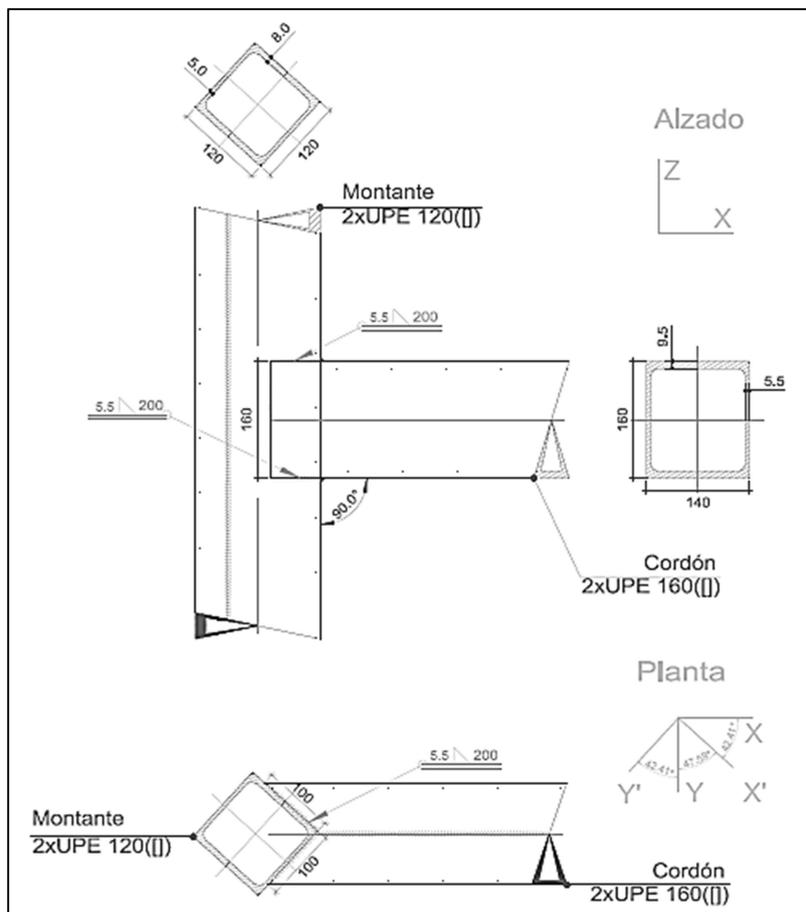
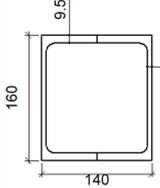
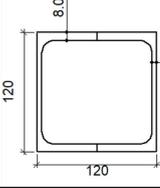


Ilustración 16. Modelo 3D de la unión Tipo 5. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160(II)		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 120(II)		120	120	8	5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

La soldadura dará lugar a una unión articulada, por lo que se soldará parte del perímetro del perfil UPE 160. La unión será perpendicular entre los ejes de los perfiles UPE 160 y UPE 120.

En el detalle constructivo anterior se muestran las dimensiones de la unión entre los dos perfiles. Sus características son particulares debido a la disposición de giro del perfil UPE 120 (42,41°), resultando en 6 posibles cordones de soldadura.

Los esfuerzos a considerar serán los resultantes de la combinación de hipótesis pésima, esto es, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Esfuerzos pésimos	
Nx	16,577 t
Vy	0,098 t
Vz	0,581 t
My	0,362 m·t
Mz	0,123 m·t

Siguiendo el CTE, por tratarse de una unión articulada, se dimensionará para resistir al menos la tercera parte de la resistencia de cada una de las piezas a unir. Las resistencias últimas a axil, cortante y flector del perfil UPE 160 son las siguientes:

$$\frac{N_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot f_{yd}}{3} = \frac{112,424 t}{3} = \mathbf{37,475 t} > 16,577 t$$

$$(y) \frac{V_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{3} = \frac{41,001 t}{3} = \mathbf{13,667 t} > 0,098 t$$

$$(z) \frac{V_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{3} = \frac{23,907 t}{3} = \mathbf{7,969 t} > 0,581 t$$

$$(y) \frac{M_{c,Rd}}{3} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{3} = \frac{6,804 t}{3} = \mathbf{2,268 m \cdot t} > 0,362 m \cdot t$$

$$(z) \frac{M_{c,Rd}}{3} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{3} = \frac{5,270 t}{3} = \mathbf{1,757 m \cdot t} > 0,123 m \cdot t$$

Como son mayores los esfuerzos calculados a los que se verán sometidos los perfiles, el dimensionamiento de la unión se seguirá con dichos valores resultantes.

La configuración de los cordones de soldadura se ha seguido según el detalle constructivo de la unión presentado.

- **Soldaduras verticales.** Como el ángulo entre los dos perfiles es mayor de 120° se considera que las soldaduras verticales no transmiten esfuerzos, por lo que no se calculan estas soldaduras.
- **Soldaduras horizontales.** La unión en T entre los dos perfiles es igual a 90° por lo que se tratará de una soldadura en ángulo y se calculará a continuación.

Dadas las características irregulares del espesor en la unión, se han tomado los valores más restrictivos. Por ello, el rango posible de espesores de garganta de los cordones de soldadura es el siguiente:

$$e_1 = e_{UPE\ 120} = 8\ mm \rightarrow a_{mín} = 3\ mm\ y\ a_{máx} = 5,5\ mm$$

$$e_2 = e_{UPE\ 160} = 9,5\ mm \rightarrow a_{mín} = 3,5\ mm\ y\ a_{máx} = 6,5\ mm$$

De esta forma, se tomará el valor $a = 5,5\ mm$ como espesor de garganta.

Espesor de la pieza (mm)	Garganta a		Espesor de la pieza (mm)	Garganta a	
	Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)		Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)
4,0-4,2	3	3	13,5-14,1	9,5	5
4,3-4,9	3	3	14,2-15,5	10	5
5,0-5,6	3,5	3	15,6-16,9	11	5,5
5,7-6,3	4	3	17,0-18,3	12	5,5
6,4-7,0	4,5	3	18,4-19,7	13	6
7,1-7,7	5	3	19,8-21,2	14	6
7,8-8,4	5,5	3	21,3-22,6	15	6,5
8,5-9,1	6	3,5	22,7-24,0	16	6,5
9,2-9,9	6,5	3,5	24,1-25,4	17	7
10,0-10,6	7	4	25,5-26,8	18	7
10,7-11,3	7,5	4	26,9-28,2	19	7,5
11,4-12,0	8	4	28,3-31,1	20	7,5
12,1-12,7	8,5	4,5	31,2-33,9	22	8
12,8-13,4	9	4,5	34,0-36,0	24	8

La longitud de los cordones quedará definida por la geometría del perfil, ocupando todo lo posible y descontando los radios de acuerdo.

$$\text{Longitud de los cordones horizontales} \rightarrow L = 100\ mm$$

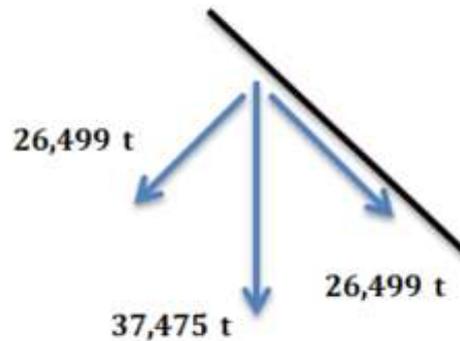
La norma indica que los cordones de soldadura deberán tener un espesor de garganta igual o superior a 3 mm. Además, el CTE dicta que la longitud de los cordones debe ser superior o igual a 40 mm y a 6 veces el espesor de garganta. Todos estos condicionantes cumplen con lo propuesto en el presente tipo de unión.

Para la comprobación de las soldaduras, previamente se calcula el área a soldar, tal y como se muestra a continuación.

$$A_{Soldadura} = 4 \cdot a \cdot L = 4 \cdot 5,5 \cdot 100 = 2.200 \text{ mm}^2$$

El cordón de soldadura se define en dos planos, el plano de garganta y el plano de abatimiento. Sobre dichos planos, se considera que las tensiones originadas por las acciones exteriores se distribuyen uniformemente a lo largo de su longitud efectiva.

Teniendo únicamente en cuenta el esfuerzo axial de compresión y despreciando los cortantes y momentos flectores por reducidos sus valores, es necesario realizar previamente la siguiente descomposición en el plano X'-Y':



Por lo tanto, las tensiones sobre el plano de abatimiento son:

$$t_{//} = \frac{259.866,42 \text{ N}}{2.200 \text{ mm}^2} = 118,12 \text{ N/mm}^2$$

$$n_{\perp} = \frac{259.866,42 \text{ N}}{2.200 \text{ mm}^2} = 118,12 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = 0 \text{ N/mm}^2$$

A partir de ellas se obtienen las siguientes tensiones sobre el plano de garganta:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 118,12 + 0 = 83,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} = 0 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 118,12 = -83,52 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{//} = t_{//} = 118,12 \text{ N/mm}^2$$

Se considera que la soldadura en ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo se cumplen las dos condiciones siguientes que establece el CTE:

$$\begin{aligned}
 \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{(83,52)^2 + 3 \cdot [(-83,52)^2 + (118,12)^2]} \\
 &\leq \frac{410}{0,85 \cdot 1,25} \rightarrow 264,12 \text{ N/mm}^2 \leq 385,88 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple}
 \end{aligned}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 83,52 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{410}{1,25} = 328 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Por todo ello, dado que todas las comprobaciones cumplen las condiciones establecidas por el CTE, se puede afirmar que las soldaduras propuestas son válidas y seguras.

5.1.6. UNIÓN TIPO 6

La unión Tipo 6 corresponde con la unión soldada entre:

- **Plano X-Z.** La viga longitudinal del tablero (UPE 160) y el tirante vertical de la barandilla (UPE 80). En caso de ser necesario, no se han considerado las diagonales ya que su configuración está comprobada en el presente subanejo.
- **Plano X-Y.** La viga longitudinal del tablero (UPE 160) y la viga transversal del tablero (UPE 80). No se ha considerado las diagonales ya que su configuración está comprobada en otra unión tipo.

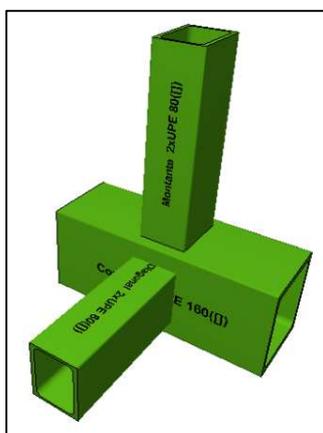
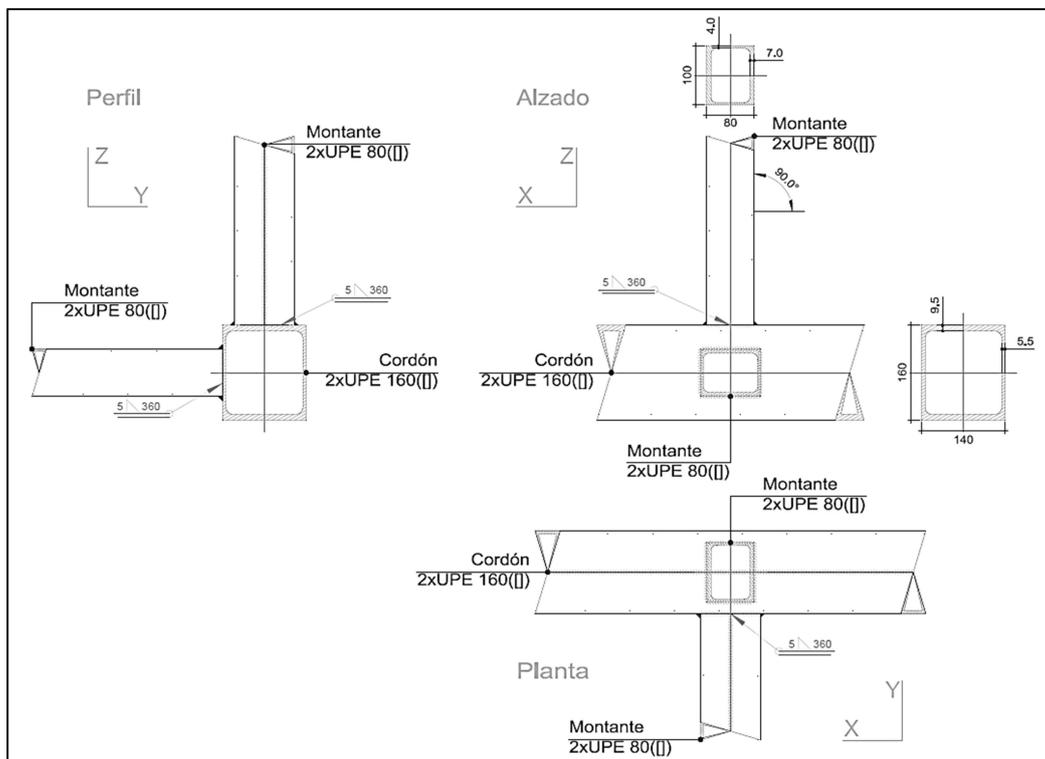
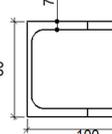
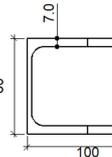


Ilustración 17. Modelo 3D de la unión Tipo 6. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160(I)		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Montante I	2xUPE 80(I)		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4
Montante II	2xUPE 80(I)		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_o/t_o})	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h _o /b _o	--	1.14	0.50	2.00
b _o /t _o	--	14.74	--	35.00
h _o /t _o	--	29.09	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.769	8.531	9.01
Interacción axil y momentos	--	--	--	36.08
Cortante en la cara del cordón	t	1.842	79.862	2.31

2) Montante I 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_i/t_i})	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b _i /b _o	--	0.71	0.25	1.00
h _i /b _i	--	0.80	0.50	2.00
b _i /t _i	--	14.29	--	35.00
h _i /t _i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	2.568	29.052	8.84
Interacción axil y momentos	--	--	--	16.70

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas			
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	360
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>			

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

3) Montante II 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (Cmáx _i /t _i)	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	4.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	40.70	30.00	--
b _i /b _o	--	0.50	0.35	1.00
h _i /b _i	--	1.25	0.50	2.00
b _i /t _i	--	20.00	--	35.00
h _i /t _i	--	14.29	--	35.00

Comprobaciones de resistencia					
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	t	0.626	13.184	4.75	
Interacción axil y momentos	--	--	--	22.52	

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)						
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	360						
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras Montantes I y II				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	360

5.1.7. UNIÓN TIPO 7

La unión Tipo 7 corresponde con la unión soldada en el plano X-Z entre la viga longitudinal del tablero (UPE 160), el tirante vertical de la barandilla (UPE 80) y el arriostramientos de la barandilla (UPE 80). Además, describe la soldadura a realizar mediante una chapa al final de la barandilla.

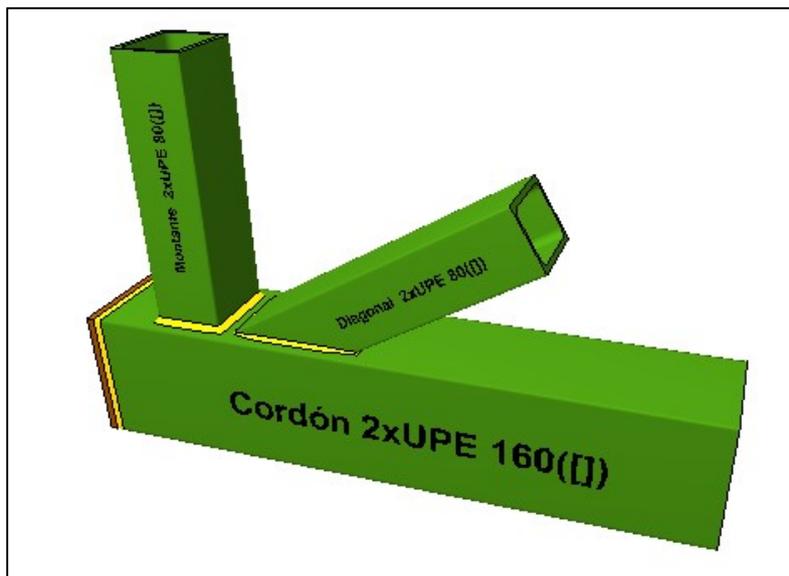
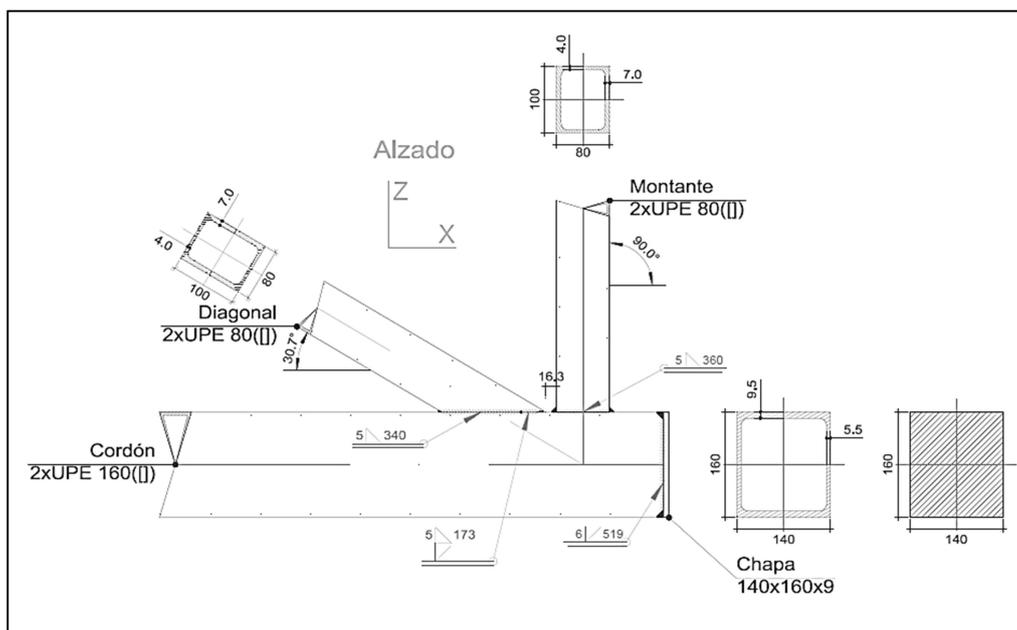
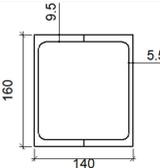
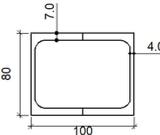


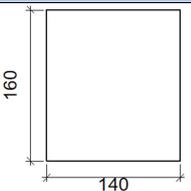
Ilustración 18. Modelo 3D de la unión Tipo 7. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Diagonal y Montante	2xUPE 80([])		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa		140	160	9	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.14	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.74	--	35.00
h_o/t_o	--	29.09	--	35.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo				Preparación de bordes (mm)			l (mm)	
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple				6			519	
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

2) Diagonal 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	30.74	30.00	--
b_i/b_o	--	0.71	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	1.966	75.788	2.59
Interacción axil y momentos	--	--	--	5.81

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	5	4	173
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	340
<i>a: Espesor garganta</i>				
<i>l: Longitud efectiva</i>				

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

3) Montante 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i/t_i}$)	--	16.50	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	0.71	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.262	29.052	0.90
Interacción axil y momentos	--	--	--	7.74

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	360	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	360
		A tope en bisel simple	6	519
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	5	173

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	140x160x9	1.58
				Total

5.1.8. UNIÓN TIPO 8

La unión Tipo 8 corresponde con la unión soldada en el plano X-Z entre la viga longitudinal de la barandilla (UPE 160) y la viga inclinada del Apoyo 1 (UPE 100).

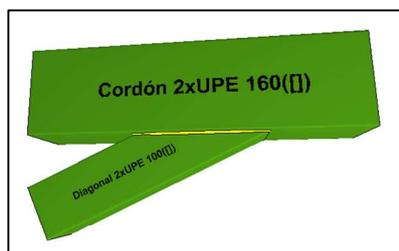
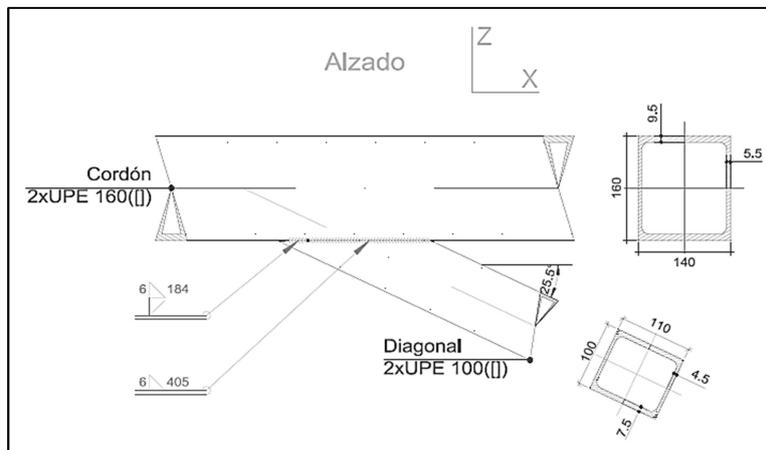
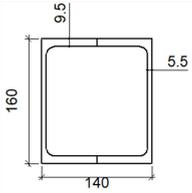
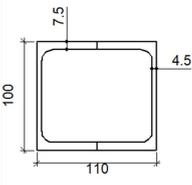


Ilustración 19. Modelo 3D de la unión Tipo 8. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 100([])		100	110	7.5	4.5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.14	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.74	--	35.00
h_o/t_o	--	29.09	--	35.00

2) Diagonal 2xUPE 100([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	32.83	30.00	--
b_i/b_o	--	0.79	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.91	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.67	--	35.00
h_i/t_i	--	22.22	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	97.712	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	6	5	184
Soldadura en ángulo	En ángulo	6	--	405

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	6	405
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	6	184

5.1.9. UNIÓN TIPO 9

La unión Tipo 9 corresponde con la unión soldada únicamente en el plano X-Z entre el pilar del Apoyo 2 (UPE 120), el tirante vertical de la barandilla (UPN 80) y la viga longitudinal del tablero (UPE 160).

No se ha considerado la viga transversal del tablero ni el arriostramiento del Apoyo 2 ya que su configuración está comprobada en otras uniones tipo desarrolladas y estudiadas en el presente subanejo.

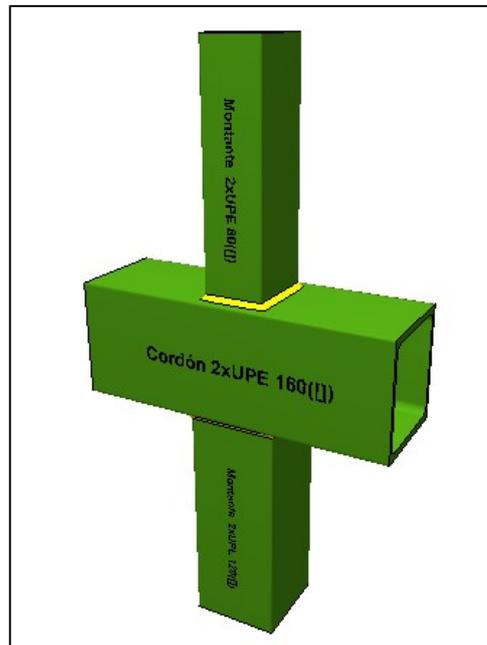
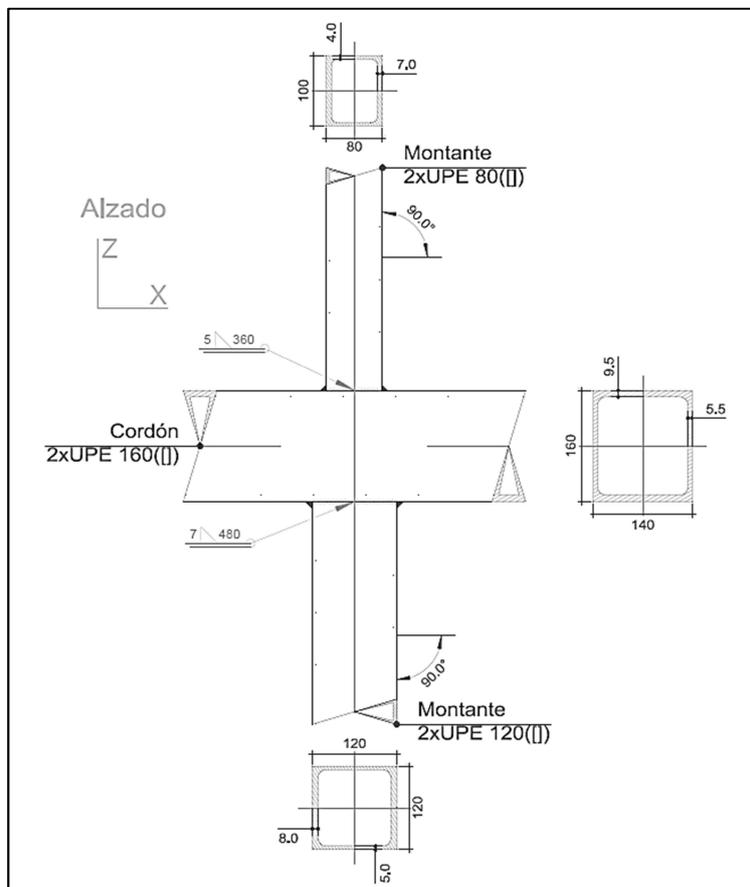
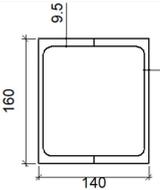
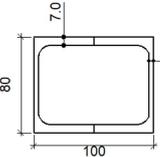
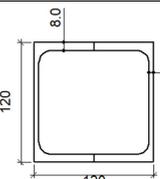


Ilustración 20. Modelo 3D de la unión Tipo 9. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 80([])		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 120([])		120	120	8	5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx}/t_0$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_0/b_0	--	1.14	0.50	2.00
b_0/t_0	--	14.74	--	35.00
h_0/t_0	--	29.09	--	35.00

2) Montante 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	0.71	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	29.052	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo		a (mm)	l (mm)				
Soldadura en ángulo	En ángulo		5	360				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85

3) Montante 2xUPE 120([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	0.86	0.25	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	15.00	--	35.00
h_i/t_i	--	24.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Punzonamiento por esfuerzo cortante	t	0.000	61.941	0.00
Resistencia interpolada entre plastificación y rotura de la pared lateral del cordón	t	0.000	54.881	0.00
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	t	0.000	72.524	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo					a (mm)	l (mm)		
Soldadura en ángulo	En ángulo					7	480		
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	360
			7	480

5.1.10. UNIÓN TIPO 10

La unión Tipo 10 corresponde con la unión soldada en el plano Y-Z entre el pilar de la estructura vertical del ascensor (UPE 120), la viga del Apoyo 2 (UPE 80) y el arriostramiento del Apoyo 2 (UPE 80).

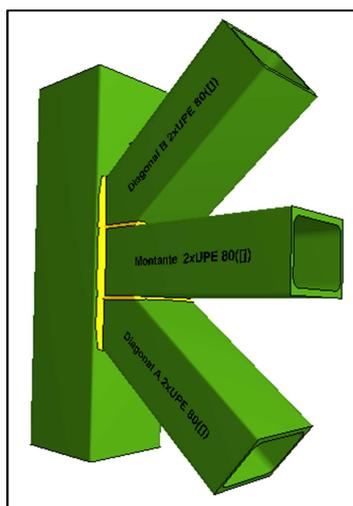
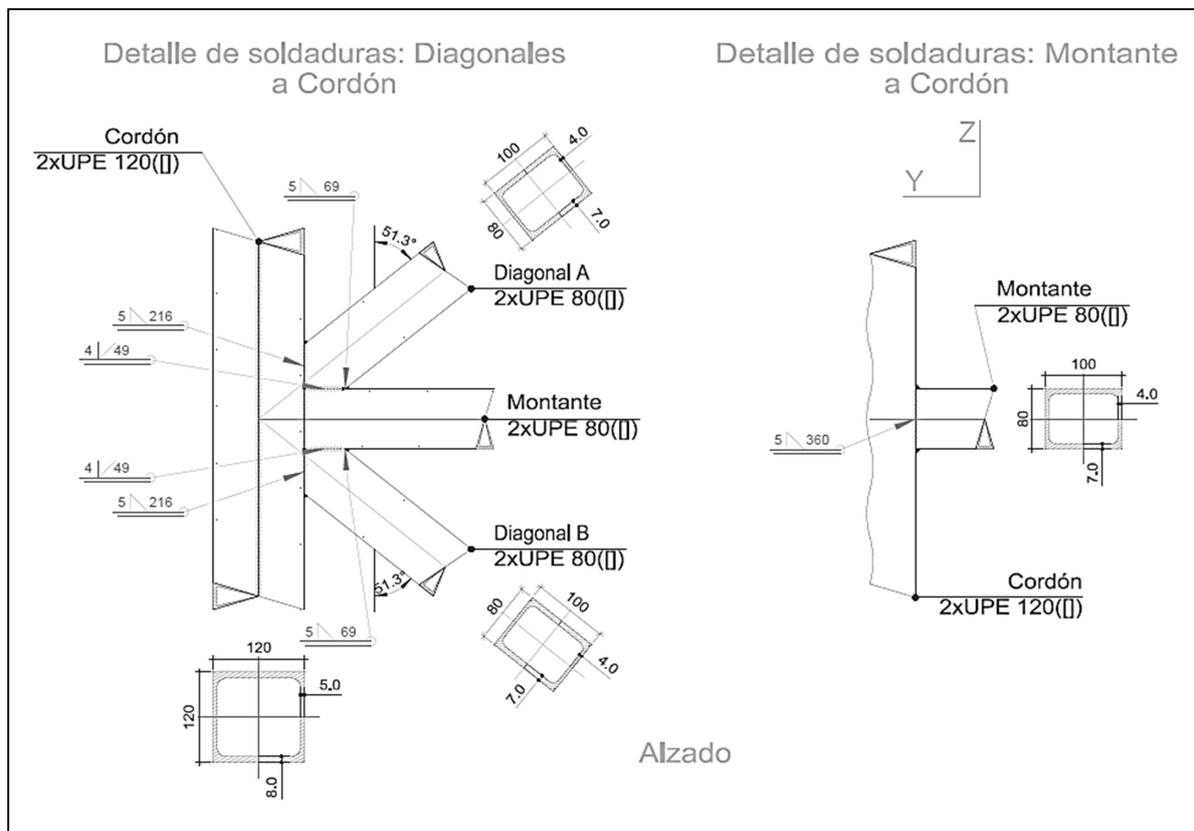
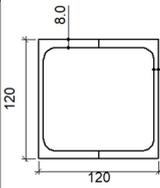
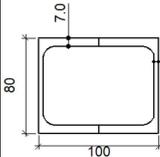


Ilustración 21. Modelo 3D de la unión Tipo 10. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 120(□)		120	120	8	5	S275	2803.3	4179.4
Montante y Diagonal	2xUPE 80(□)		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 120([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_o} /t _o)	--	20.80	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Espesor	mm	5.0	2.5	25.0
h _o /b _o	--	1.00	0.50	2.00
b _o /t _o	--	24.00	--	35.00
h _o /t _o	--	15.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante en la cara del cordón	t	0.000	46.733	0.00

2) Diagonal A 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	38.66	30.00	--
Solapamiento	%	42.19	25.00	100.00
b _i /b _o	--	0.83	0.35	1.00
h _i /b _i	--	0.80	0.50	2.00
b _i /t _i	--	14.29	--	35.00
h _i /t _i	--	20.00	--	35.00
b _i /b _i	--	1.00	0.75	--

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	49
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	69
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	49
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	216

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

3) Montante 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	38.66	30.00	--
b_i/b_o	--	0.83	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	12.473	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)						
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	360						
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

4) Diagonal B 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	38.66	30.00	--
Solapamiento	%	42.19	25.00	100.00
b_i/b_o	--	0.83	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00
b_i/b_i	--	1.00	0.75	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	17.988	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	49
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	69
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	49
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	216

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	931
		A tope en bisel simple	4	197

5.1.11. UNIÓN TIPO 11

La unión Tipo 11 corresponde con la unión soldada en el plano X-Z entre la viga longitudinal del tablero (UPE 160) y la viga inclinada del Apoyo 2 (UPE 120). No se ha considerado la viga transversal del tablero ni el arriostramiento del mismo ya que su configuración está comprobada en el presente subanejo.

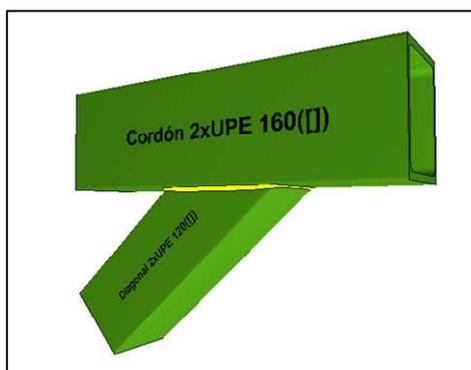
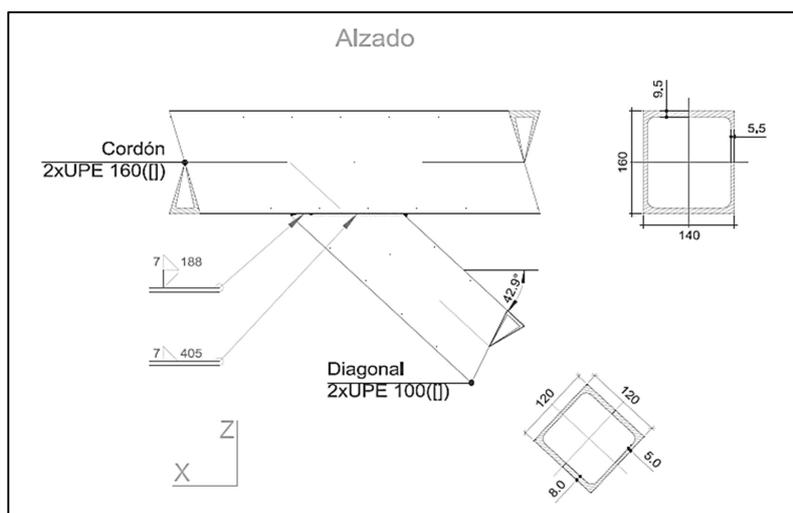
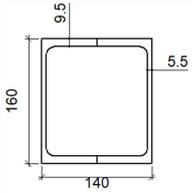
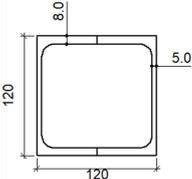


Ilustración 22. Modelo 3D de la unión Tipo 11. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 120([])		120	120	8	5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.14	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.74	--	35.00
h_o/t_o	--	29.09	--	35.00

2) Diagonal 2xUPE 120([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	20.80	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	42.93	30.00	--
b_i/b_o	--	0.86	0.25	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	15.00	--	35.00
h_i/t_i	--	24.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Punzonamiento por esfuerzo cortante	t	28.676	116.308	24.65
Resistencia interpolada entre plastificación y rotura de la pared lateral del cordón	t	28.525	95.610	29.83
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	t	28.676	72.524	39.54
Interacción axil y momentos	--	--	--	85.39

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	7	5	188
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	405

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	7	405
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	7	188

5.1.12. UNIÓN TIPO 12

La unión Tipo 12 corresponde con la unión soldada entre el pilar del Apoyo 2 (UPE 120) y las vigas inclinadas del Apoyo 2 (UPE 120).

No se ha considerado la viga del pilar ni el arriostramiento del mismo ya que su configuración está comprobada en otro apartado del presente subanejo.

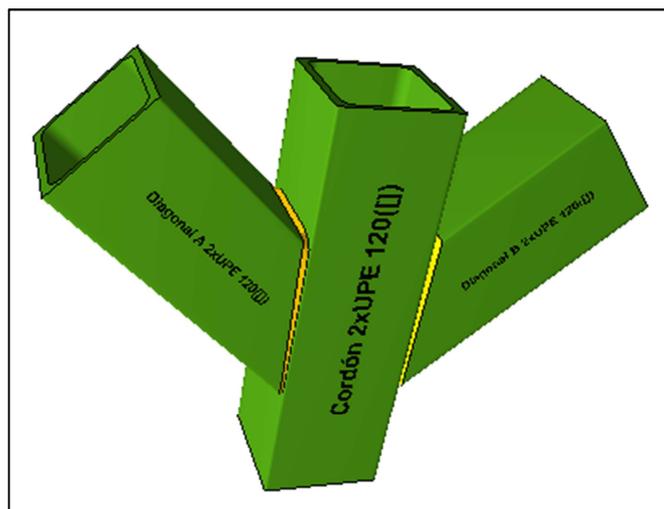
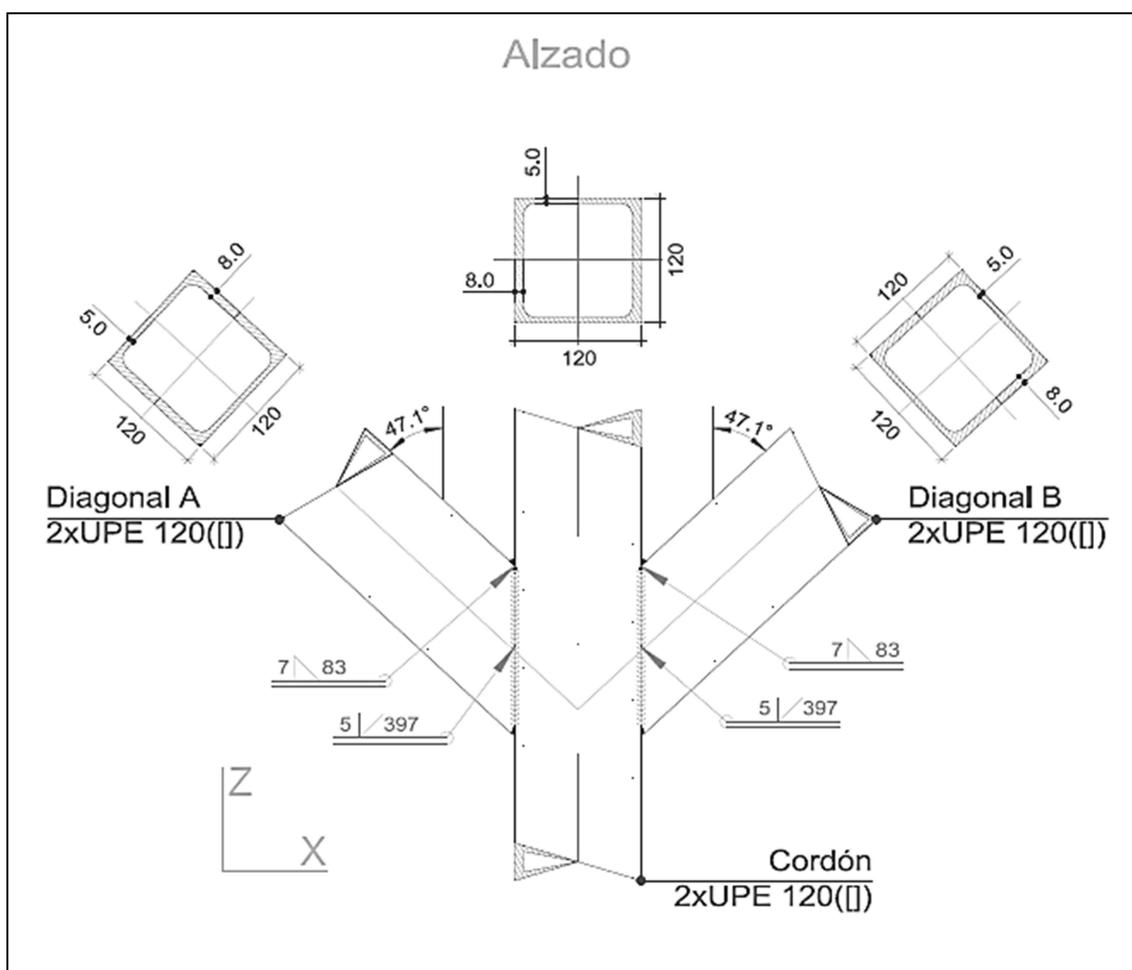
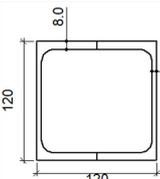
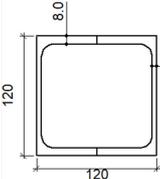


Ilustración 23. Modelo 3D de la unión Tipo 12. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 120(□)		120	120	8	5	S275	2803.3	4179.4
Diagonales	2xUPE 120(□)		120	120	8	5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 120(□)

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	20.80	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Espesor	mm	5.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	15.00	--	35.00
h_o/t_o	--	24.00	--	35.00

2) Diagonal I 2xUPE 120(□)

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	20.80	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	47.07	30.00	--
b_i/b_o	--	1.00	0.25	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	15.00	--	35.00
h_i/t_i	--	24.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rotura de la pared lateral del cordón	t	30.258	41.041	73.73
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	t	30.258	65.036	46.53
Interacción axil y momentos	--	--	--	93.07

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	5	397	
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--	83	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85

2) Diagonal II 2xUPE 120([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	20.80	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	47.07	30.00	--
b_i/b_o	--	1.00	0.25	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	15.00	--	35.00
h_i/t_i	--	24.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rotura de la pared lateral del cordón	t	30.239	41.041	73.68
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	t	30.239	65.036	46.50
Interacción axil y momentos	--	--	--	95.73

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)				l (mm)		
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	5				397		
Soldadura en ángulo	En ángulo	7	--				83		
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85	
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85	

Medición:

Soldaduras Diagonal I				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	7	83
		A tope en bisel simple	5	397

Soldaduras Diagonal II				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	7	83
		A tope en bisel simple	5	397

5.1.13. UNIÓN TIPO 13

La unión Tipo 13 corresponde con la unión soldada en el plano X-Z entre la viga longitudinal del tablero (UPE 160) y la viga inclinada del Apoyo 3, esto es, en la conexión entre la pasarela peatonal y la estructura vertical del ascensor.

No se consideran el tirante vertical de la barandilla, la viga transversal del tablero ni los arriostramientos de ambos planos ya que sus configuraciones están comprobadas en repetidas ocasiones en otras uniones tipo.

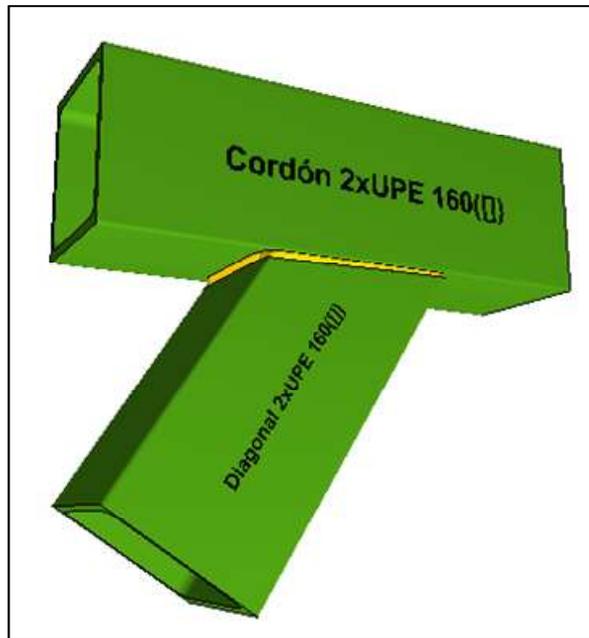
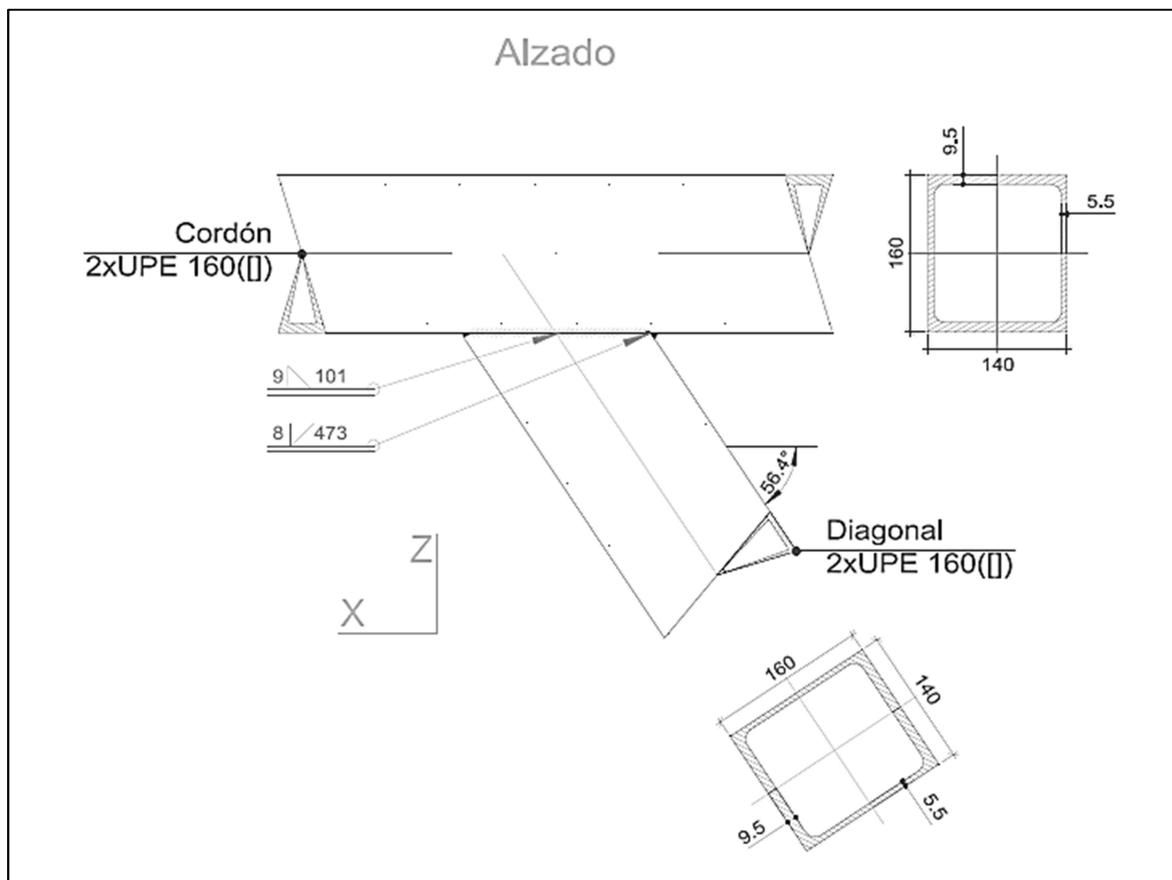
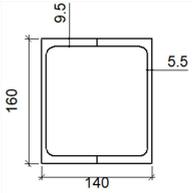


Ilustración 24. Modelo 3D de la unión Tipo 13. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón y Diagonal	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Espesor	mm	5.5	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.14	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.74	--	35.00
h_o/t_o	--	29.09	--	35.00

2) Diagonal 2xUPE 160([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$)	--	25.64	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	9.5	2.5	25.0
Ángulo	grados	56.45	30.00	--
b_i/b_o	--	1.00	0.25	1.00
h_i/b_i	--	1.14	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.74	--	35.00
h_i/t_i	--	29.09	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rotura de la pared lateral del cordón	t	46.918	39.175	91.77
Fallo de la diagonal por anchura eficaz	t	46.918	94.077	49.87
Interacción axil y momentos	--	--	--	82.48

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	8	473
Soldadura en ángulo	En ángulo	9	--	101

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	9	101
		A tope en bisel simple	8	473

5.1.14. UNIÓN TIPO 14

La unión Tipo 14 corresponde con la unión soldada entre el pilar de la estructura vertical del ascensor (UPE 120) y la viga inclinada del Apoyo 3 (UPE 160) en la conexión entre las dos estructuras metálicas.

La unión no se encuentra incluida en la biblioteca de uniones del software CYPE 3D 2017.d debido a sus características geométricas y a la disposición de los perfiles. Por ello, el cálculo y comprobación se llevará a cabo de forma manual.

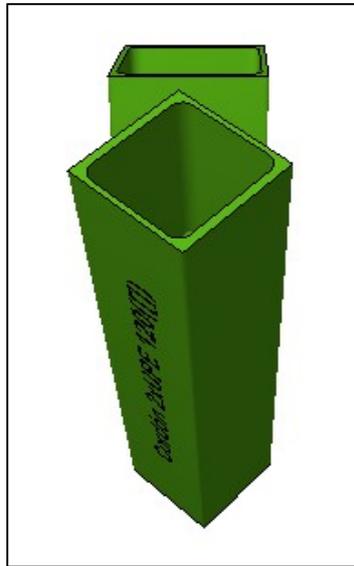
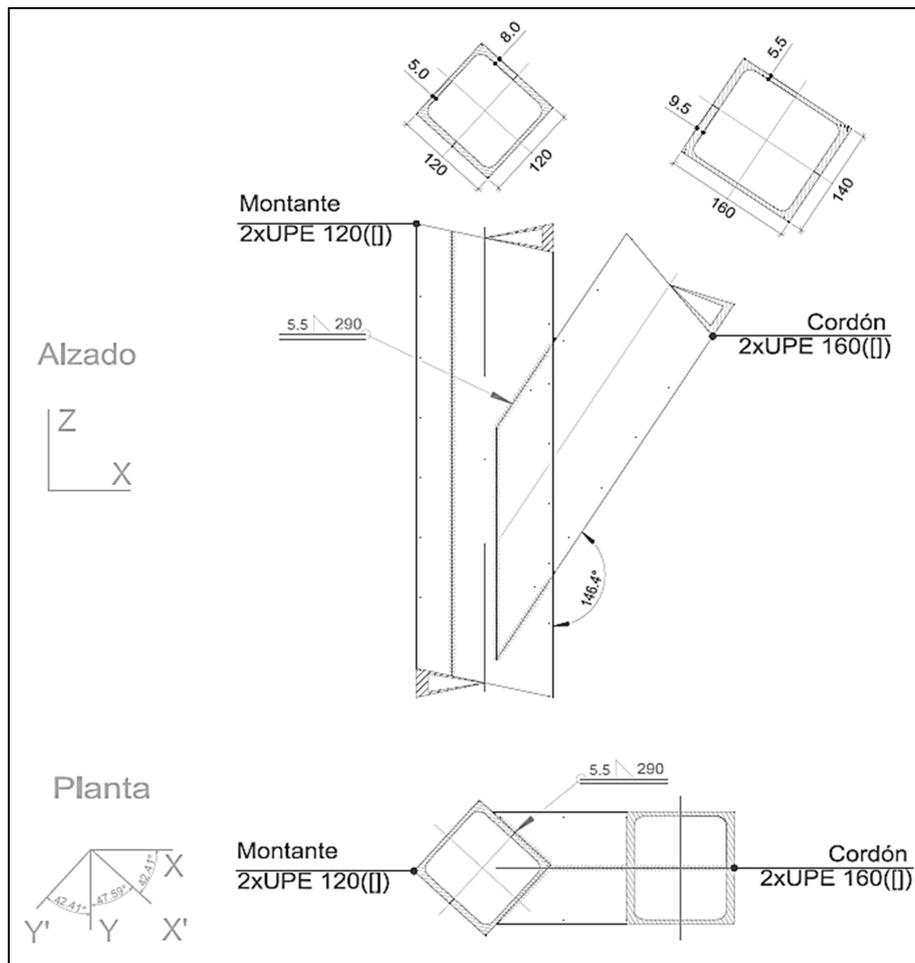
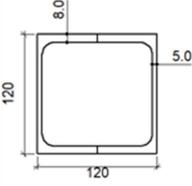
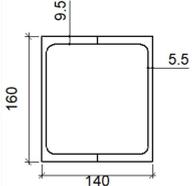


Ilustración 25. Modelo 3D de la unión Tipo 14. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 120([])		80	120	7	4	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

La soldadura dará lugar a una unión articulada, por lo que se soldará parte del perímetro del perfil UPE 160. La unión será inclinada entre los ejes de los perfiles UPE 160 y UPE 120, en concreto, tendrá un ángulo de 33,6°.

En el detalle constructivo anterior se muestran las dimensiones de la unión entre los dos perfiles. Además, sus características son particulares debido a la disposición de giro del perfil UPE 120 (42,41°), resultando en 6 posibles cordones de soldadura.

Los esfuerzos a considerar serán los resultantes de la combinación de hipótesis pésima, esto es, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Esfuerzos pésimos	
Nx	46,632 t
Vy	0,445 t
Vz	0,028 t
My	0,325 m·t
Mz	0,323 m·t

Siguiendo el CTE, por tratarse de una unión articulada, se dimensionará para resistir al menos la tercera parte de la resistencia de cada una de las piezas a unir. Las resistencias últimas a axil, cortante y flector del perfil UPE 160 son las siguientes:

$$\frac{N_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot f_{yd}}{3} = \frac{112,424 t}{3} = 37,475 t < \mathbf{46,632 t}$$

$$(y) \frac{V_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{3} = \frac{41,001 t}{3} = \mathbf{13,667 t} > 0,445 t$$

$$(z) \frac{V_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{3} = \frac{23,907 t}{3} = \mathbf{7,969 t} > 0,028 t$$

$$(y) \frac{M_{c,Rd}}{3} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{3} = \frac{6,804 t}{3} = \mathbf{2,268 m \cdot t} > 0,325 m \cdot t$$

$$(z) \frac{M_{c,Rd}}{3} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{3} = \frac{5,270 t}{3} = \mathbf{1,757 m \cdot t} > 0,323 m \cdot t$$

Como son mayores los esfuerzos calculados a los que se verán sometidos los perfiles, el dimensionamiento de la unión se seguirá con dichos valores resultantes.

La configuración de los cordones de soldadura se ha seguido según el detalle constructivo de la unión presentado.

- **Soldaduras verticales.** Como el ángulo entre los dos perfiles es mayor de 120° se considera que las soldaduras verticales no transmiten esfuerzos, también ocurre en las soldaduras horizontales inferiores, por lo que no se calcularán.
- **Soldaduras horizontales.** Como el ángulo es inferior a 60° en las soldaduras horizontales superiores. Se considerará soldadura a tope con penetración parcial.

Dadas las características irregulares del espesor en la unión, se han tomado los valores más restrictivos. Por ello, el rango posible de espesores de garganta de los cordones de soldadura es el siguiente:

$$e_1 = e_{UPE 12} = 8 mm \rightarrow a_{mín} = 3 mm \text{ y } a_{máx} = 5,5 mm$$

$$e_2 = e_{UPE 160} = 9,5 mm \rightarrow a_{mín} = 3,5 mm \text{ y } a_{máx} = 6,5 mm$$

De esta forma, se tomará el valor **$a = 5,5 mm$** como espesor de garganta.

Espesor de la pieza (mm)	Garganta a		Espesor de la pieza (mm)	Garganta a	
	Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)		Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)
4,0-4,2	3	3	13,5-14,1	9,5	5
4,3-4,9	3	3	14,2-15,5	10	5
5,0-5,6	3,5	3	15,6-16,9	11	5,5
5,7-6,3	4	3	17,0-18,3	12	5,5
6,4-7,0	4,5	3	18,4-19,7	13	6
7,1-7,7	5	3	19,8-21,2	14	6
7,8-8,4	5,5	3	21,3-22,6	15	6,5
8,5-9,1	6	3,5	22,7-24,0	16	6,5
9,2-9,9	6,5	3,5	24,1-25,4	17	7
10,0-10,6	7	4	25,5-26,8	18	7
10,7-11,3	7,5	4	26,9-28,2	19	7,5
11,4-12,0	8	4	28,3-31,1	20	7,5
12,1-12,7	8,5	4,5	31,2-33,9	22	8
12,8-13,4	9	4,5	34,0-36,0	24	8

La longitud de los cordones quedará definida por la geometría del perfil, ocupando todo lo posible y descontando los radios de acuerdo.

$$Longitud\ de\ los\ cordones\ horizontales \rightarrow L = 145\ mm$$

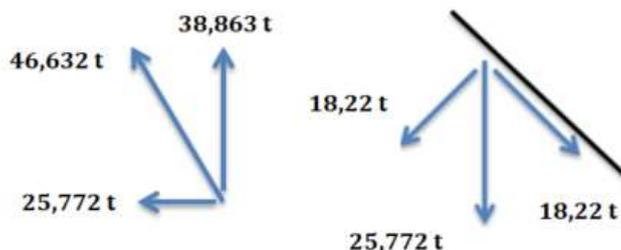
La norma indica que los cordones de soldadura deberán tener un espesor de garganta igual o superior a 3 mm. Además, el CTE dicta que la longitud de los cordones debe ser superior o igual a 40 mm y a 6 veces el espesor de garganta. Todos estos condicionantes cumplen con lo propuesto en el presente tipo de unión.

Para la comprobación de las soldaduras, previamente se calcula el área a soldar, tal y como se muestra a continuación.

$$A_{Soldadura} = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 5,5 \cdot 145 = 1.595\ mm^2$$

El cordón de soldadura se define en dos planos, el plano de garganta y el plano de abatimiento. Sobre dichos planos, se considera que las tensiones originadas por las acciones exteriores se distribuyen uniformemente a lo largo de su longitud efectiva.

Teniendo únicamente en cuenta el esfuerzo axial de compresión y despreciando los cortantes y momentos flectores por reducidos sus valores, es necesario realizar previamente la siguiente descomposición en el plano X-Z y en el plano X'-Y':



Por lo tanto, las tensiones sobre el plano de abatimiento son:

$$t_{//} = \frac{178.677,16 \text{ N}}{1.595 \text{ mm}^2} = 112,02 \text{ N/mm}^2$$

$$n_{\perp} = \frac{178.677,16 \text{ N}}{1.595 \text{ mm}^2} = 112,02 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \frac{381.115,84 \text{ N}}{1.595 \text{ mm}^2} = 238,94 \text{ N/mm}^2$$

A partir de ellas se obtienen las siguientes tensiones sobre el plano de garganta:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 112,02 + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 238,94 = 248,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 238,94 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 112,02 = 89,75 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{//} = t_{//} = 112,02 \text{ N/mm}^2$$

Se considera que la soldadura en ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo se cumplen las dos condiciones siguientes que establece el CTE:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{(248,17)^2 + 3 \cdot [(89,75)^2 + (112,02)^2]} \leq \frac{410}{0,85 \cdot 1,25}$$

$$\rightarrow 351,28 \text{ N/mm}^2 \leq 385,88 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 248,17 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{410}{1,25} = 328 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Por todo ello, dado que todas las comprobaciones cumplen las condiciones establecidas por el CTE, se puede afirmar que las soldaduras propuestas son válidas y seguras.

5.1.15. UNIÓN TIPO 15

La unión Tipo 15 corresponde con la unión soldada entre la viga longitudinal del tablero (UPE 160) y la viga inclinada del Apoyo 3 (UPE 160).

La unión no se encuentra incluida en la biblioteca de uniones del software CYPE 3D 2017.d por lo que el cálculo y comprobación se llevará a cabo de forma manual.

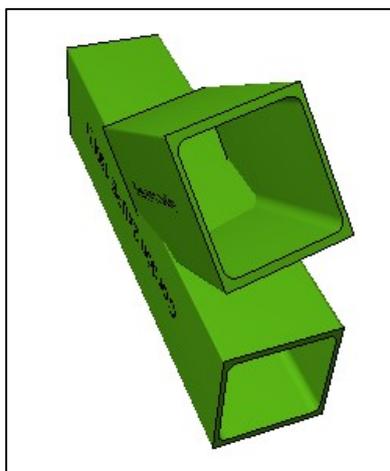
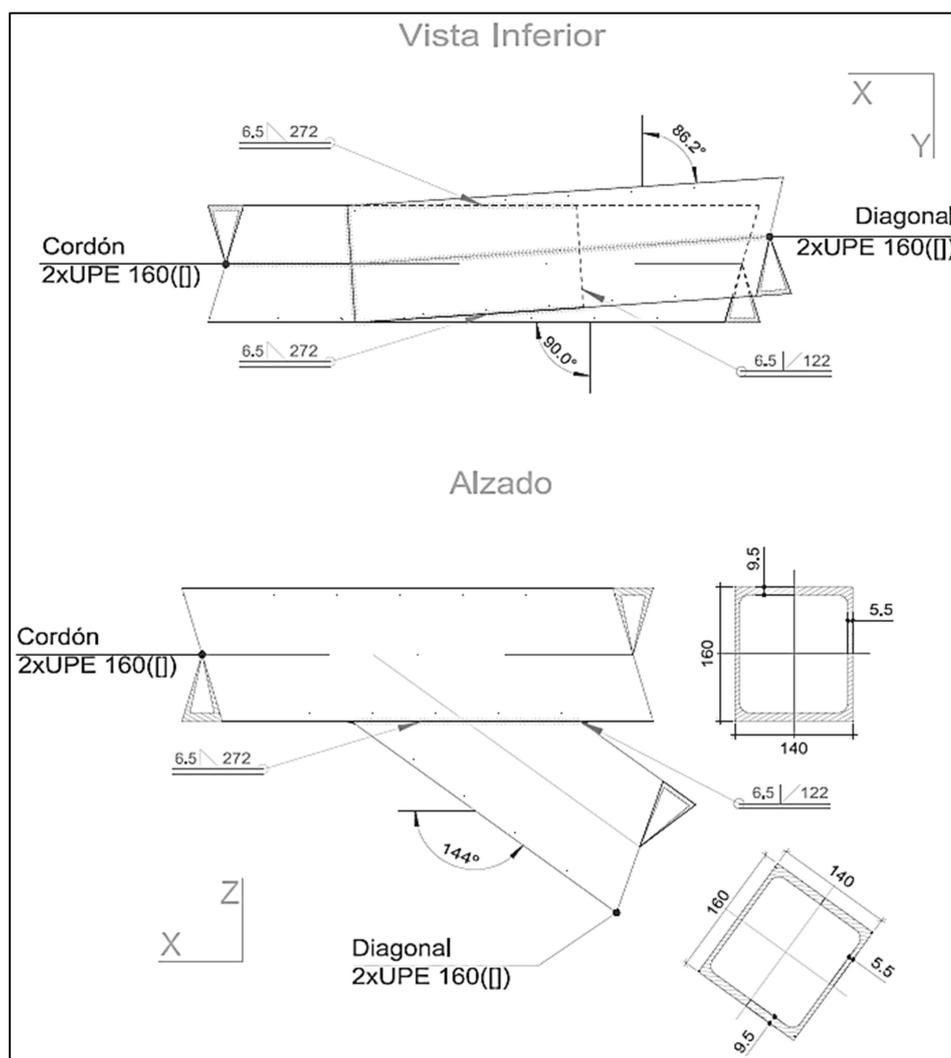
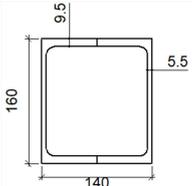


Ilustración 26. Modelo 3D de la unión Tipo 15. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón y Diagonal	2xUPE 160([])		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

La soldadura dará lugar a una unión articulada, por lo que se soldará parte del perímetro del perfil UPE 160. La unión será inclinada entre los ejes de los dos perfiles UPE 160 con un ángulo de 36° en el plano X-Z y con un ángulo de 3,8° en el plano X-Y.

En el detalle constructivo anterior se muestran las dimensiones de la unión entre los dos perfiles. Además, sus características son particulares debido a la disposición de giro del perfil vertical UPE 160 (42,41°), resultando en 6 posibles cordones de soldadura.

Los esfuerzos a considerar serán los resultantes de la combinación de hipótesis pésima, esto es, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Esfuerzos pésimos	
Nx	45,378 t
Vy	0,119 t
Vz	0,035 t
My	0,183 m·t
Mz	0,459 m·t

Siguiendo el CTE, por tratarse de una unión articulada, se dimensionará para resistir al menos la tercera parte de la resistencia de cada una de las piezas a unir. Las resistencias últimas a axil, cortante y flector del perfil inclinado UPE 160 son las siguientes:

$$\frac{N_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot f_{yd}}{3} = \frac{112,424 t}{3} = 37,475 t < 45,378 t$$

$$(y) \frac{V_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{3} = \frac{41,001 t}{3} = 13,667 t > 0,119 t$$

$$(z) \frac{V_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{3} = \frac{23,907 t}{3} = 7,969 t > 0,035 t$$

$$(y) \frac{M_{c,Rd}}{3} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{3} = \frac{6,804 t}{3} = 2,268 m \cdot t > 0,183 m \cdot t$$

$$(z) \frac{M_{c,Rd}}{3} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{3} = \frac{5,270 t}{3} = 1,757 m \cdot t > 0,459 m \cdot t$$

Como son mayores los esfuerzos calculados a los que se verán sometidos los perfiles, el dimensionamiento de la unión se seguirá con dichos valores resultantes.

La configuración de los cordones de soldadura se ha seguido según el detalle constructivo de la unión presentado.

- **Soldaduras longitudinales.** La unión entre los dos perfiles principalmente es igual a 90° por lo que se tratará de una soldadura en ángulo y se calculará a continuación.
- **Soldaduras transversales.** Como el ángulo es inferior a 60° en las soldaduras horizontales superiores, se considerará soldadura a tope con penetración parcial. En el lado opuesto, por el contrario es mayor de 120° y, por lo tanto, al igual que las longitudinales no se calcularán.

Dadas las características irregulares del espesor en la unión, se han tomado los valores correspondientes al espesor del perfil UPE 160. Por ello, el rango posible de espesores de garganta de los cordones de soldadura es el siguiente:

$$e_2 = e_{UPE 160} = 9,5 mm \rightarrow a_{\min} = 3,5 mm \text{ y } a_{\max} = 6,5 mm$$

De esta forma, se tomará el valor $a = 6,5 mm$ como espesor de garganta.

La longitud de los cordones quedará definida por la geometría del perfil, ocupando todo lo posible y descontando los radios de acuerdo.

$$\text{Longitud del cordón longitudinal} \rightarrow L_1 = 272 mm$$

$$\text{Longitud del cordón transversal} \rightarrow L_2 = 122 mm$$

La norma indica que los cordones de soldadura deberán tener un espesor de garganta igual o superior a 3 mm. Además, el CTE dicta que la longitud de los cordones debe ser superior o igual a 40 mm y a 6 veces el espesor de garganta. Todos estos condicionantes cumplen con lo propuesto en el presente tipo de unión.

Para la comprobación de las soldaduras, previamente se calcula el área a soldar, tal y como se muestra a continuación.

$$A_{\text{Soldadura}} = 2 \cdot a \cdot L_1 + a \cdot L_2 = 2 \cdot 6,5 \cdot 272 + 6,5 \cdot 122 = 4.329 \text{ mm}^2$$

Teniendo únicamente en cuenta el esfuerzo axial de compresión y despreciando los cortantes y momentos flectores por reducidos sus valores, es necesario realizar previamente la siguiente descomposición simétrica en el plano X-Z y en el plano X'-Y':



Por lo tanto, las tensiones sobre el plano de abatimiento son:

$$t_{\parallel} = \frac{254.502,18 \text{ N}}{4.329 \text{ mm}^2} = 58,79 \text{ N/mm}^2$$

$$n_{\perp} = \frac{254.502,18 \text{ N}}{4.329 \text{ mm}^2} = 58,79 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \frac{261.690,46 \text{ N}}{4.329 \text{ mm}^2} = 60,45 \text{ N/mm}^2$$

A partir de ellas se obtienen las siguientes tensiones sobre el plano de garganta:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 58,79 + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 60,45 = 84,32 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 60,45 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 58,79 = 1,17 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\parallel} = t_{\parallel} = 58,79 \text{ N/mm}^2$$

Se considera que la soldadura en ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo se cumplen las dos condiciones siguientes que establece el CTE:

$$\begin{aligned}
 \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{(84,32)^2 + 3 \cdot [(1,17)^2 + (58,79)^2]} \leq \frac{410}{0,85 \cdot 1,25} \\
 &\rightarrow 132,22 \text{ N/mm}^2 \leq 385,88 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple} \\
 \sigma_{\perp} &\leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 84,32 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{410}{1,25} = 328 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple}
 \end{aligned}$$

Por todo ello, dado que todas las comprobaciones cumplen las condiciones establecidas por el CTE, se puede afirmar que las soldaduras propuestas son válidas y seguras.

5.1.16. UNIÓN TIPO 16

La unión Tipo 16 corresponde con la unión soldada entre el pilar de la estructura vertical del ascensor (UPE 120) y la viga inclinada del Apoyo 3 (UPE 160) en la conexión entre las dos estructuras metálicas.

La unión no se encuentra incluida en la biblioteca de uniones del software CYPE 3D 2017.d debido a sus características geométricas y a la disposición de los perfiles. Por ello, el cálculo y comprobación se llevará a cabo de forma manual.

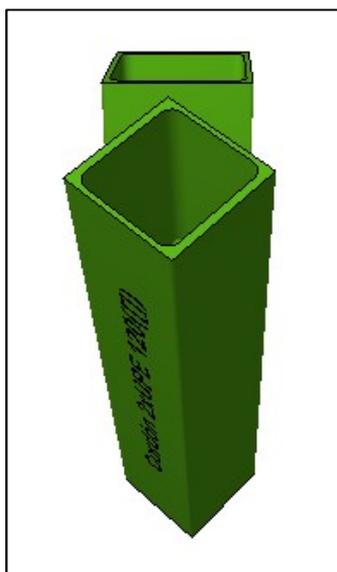
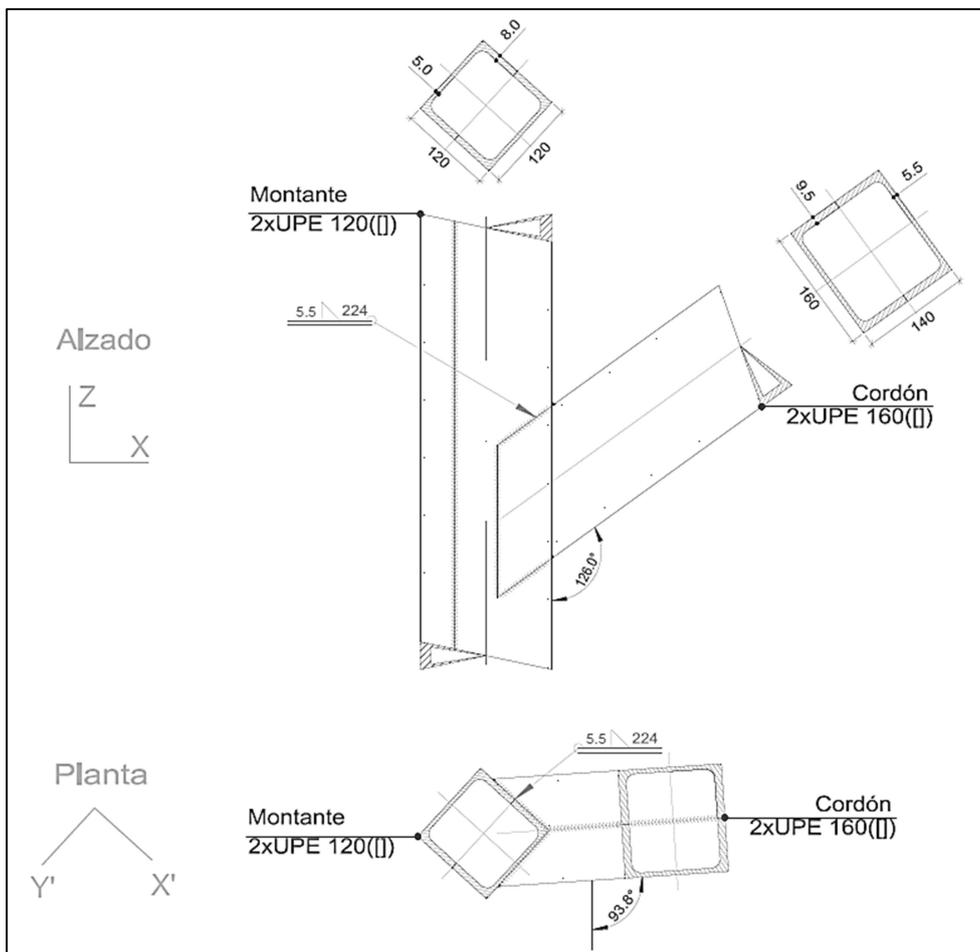
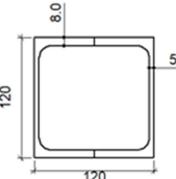
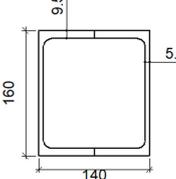


Ilustración 27. Modelo 3D de la unión Tipo 16. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría				Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 120(I)		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4
Diagonal	2xUPE 160(I)		160	140	9.5	5.5	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

La soldadura dará lugar a una unión articulada, por lo que se soldará parte del perímetro del perfil UPE 160. La unión será inclinada entre los ejes de los perfiles UPE 160 y UPE 120, en concreto, tendrá un ángulo de 54°.

En el detalle constructivo anterior se muestran las dimensiones de la unión entre los dos perfiles. Además, sus características son particulares debido a la disposición de giro del perfil UPE 120 (42,41°), resultando en 6 posibles cordones de soldadura.

Los esfuerzos a considerar serán los resultantes de la combinación de hipótesis pésima, esto es, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Esfuerzos pésimos	
Nx	45,503 t
Vy	0,119 t
Vz	0,145 t
My	0,440 m·t
Mz	0,091 m·t

Siguiendo el CTE, por tratarse de una unión articulada, se dimensionará para resistir al menos la tercera parte de la resistencia de cada una de las piezas a unir. Las resistencias últimas a axil, cortante y flector del perfil UPE 160 son las siguientes:

$$\frac{N_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot f_{yd}}{3} = \frac{112,424 t}{3} = 37,475 t < 45,503 t$$

$$(y) \frac{V_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{3} = \frac{41,001 t}{3} = 13,667 t > 0,119 t$$

$$(z) \frac{V_{c,Rd}}{3} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{3} = \frac{23,907 t}{3} = 7,969 t > 0,145 t$$

$$(y) \frac{M_{c,Rd}}{3} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{3} = \frac{6,804 t}{3} = 2,268 m \cdot t > 0,440 m \cdot t$$

$$(z) \frac{M_{c,Rd}}{3} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{3} = \frac{5,270 t}{3} = 1,757 m \cdot t > 0,091 m \cdot t$$

Como son mayores los esfuerzos calculados a los que se verán sometidos los perfiles, el dimensionamiento de la unión se seguirá con dichos valores resultantes.

La configuración de los cordones de soldadura se ha seguido según el detalle constructivo de la unión presentado.

- **Soldaduras verticales.** Como el ángulo entre los dos perfiles es mayor de 120° se considera que las soldaduras verticales no transmiten esfuerzos, también ocurre en las soldaduras horizontales inferiores, por lo que no se calcularán.
- **Soldaduras horizontales.** Como el ángulo es inferior a 60° en las soldaduras horizontales superiores. Se considerará soldadura a tope con penetración parcial.

Dadas las características irregulares del espesor en la unión, se han tomado los valores más restrictivos. Por ello, el rango posible de espesores de garganta de los cordones de soldadura es el siguiente:

$$e_1 = e_{UPE\ 120} = 8\ mm \rightarrow a_{mín} = 3\ mm\ y\ a_{máx} = 5,5\ mm$$

$$e_2 = e_{UPE\ 160} = 9,5\ mm \rightarrow a_{mín} = 3,5\ mm\ y\ a_{máx} = 6,5\ mm$$

De esta forma, se tomará el valor **$a = 5,5\ mm$** como espesor de garganta.

Espesor de la pieza (mm)	Garganta a		Espesor de la pieza (mm)	Garganta a	
	Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)		Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)
4,0-4,2	3	3	13,5-14,1	9,5	5
4,3-4,9	3	3	14,2-15,5	10	5
5,0-5,6	3,5	3	15,6-16,9	11	5,5
5,7-6,3	4	3	17,0-18,3	12	5,5
6,4-7,0	4,5	3	18,4-19,7	13	6
7,1-7,7	5	3	19,8-21,2	14	6
7,8-8,4	5,5	3	21,3-22,6	15	6,5
8,5-9,1	6	3,5	22,7-24,0	16	6,5
9,2-9,9	6,5	3,5	24,1-25,4	17	7
10,0-10,6	7	4	25,5-26,8	18	7
10,7-11,3	7,5	4	26,9-28,2	19	7,5
11,4-12,0	8	4	28,3-31,1	20	7,5
12,1-12,7	8,5	4,5	31,2-33,9	22	8
12,8-13,4	9	4,5	34,0-36,0	24	8

La longitud de los cordones quedará definida por la geometría del perfil, ocupando todo lo posible y descontando los radios de acuerdo.

$$\text{Longitud de los cordones horizontales} \rightarrow L = 112\ mm$$

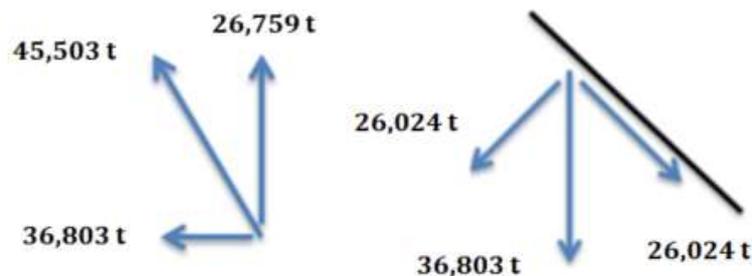
La norma indica que los cordones de soldadura deberán tener un espesor de garganta igual o superior a 3 mm. Además, el CTE dicta que la longitud de los cordones debe ser superior o igual a 40 mm y a 6 veces el espesor de garganta. Todos estos condicionantes cumplen con lo propuesto en el presente tipo de unión.

Para la comprobación de las soldaduras, previamente se calcula el área a soldar, tal y como se muestra a continuación.

$$A_{Soldadura} = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 5,5 \cdot 112 = 1.232 \text{ mm}^2$$

El cordón de soldadura se define en dos planos, el plano de garganta y el plano de abatimiento. Sobre dichos planos, se considera que las tensiones originadas por las acciones exteriores se distribuyen uniformemente a lo largo de su longitud efectiva.

Teniendo únicamente en cuenta el esfuerzo axial de compresión y despreciando los cortantes y momentos flectores por reducidos sus valores, es necesario realizar previamente la siguiente descomposición simétrica en el plano X-Z y en el plano X'-Y':



Por lo tanto, las tensiones sobre el plano de abatimiento son:

$$t_{//} = \frac{255.208,26 \text{ N}}{1.595 \text{ mm}^2} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$n_{\perp} = \frac{255.208,26 \text{ N}}{1.232 \text{ mm}^2} = 160 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = \frac{262.416,15 \text{ N}}{1.232 \text{ mm}^2} = 223 \text{ N/mm}^2$$

A partir de ellas se obtienen las siguientes tensiones sobre el plano de garganta:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 160 + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 223 = 270,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 223 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 160 = 44,55 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{//} = t_{//} = 160 \text{ N/mm}^2$$

Se considera que la soldadura en ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo se cumplen las dos condiciones siguientes que establece el CTE:

$$\begin{aligned}
 \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} &\leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{(270,82)^2 + 3 \cdot [(44,55)^2 + (160)^2]} \leq \frac{410}{0,85 \cdot 1,25} \\
 &\rightarrow 365,09 \text{ N/mm}^2 \leq 385,88 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple} \\
 \sigma_{\perp} &\leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 270,82 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{410}{1,25} = 328 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple}
 \end{aligned}$$

Por todo ello, dado que todas las comprobaciones cumplen las condiciones establecidas por el CTE, se puede afirmar que las soldaduras propuestas son válidas y seguras.

5.1.17. UNIÓN TIPO 17

La unión Tipo 17 corresponde con la unión soldada entre el pilar de la estructura vertical del ascensor (UPE 120) y las vigas transversales (UPE 80) en la parte superior o coronación de la estructura metálica vertical que contendrá el ascensor.

La biblioteca de uniones del software CYPE 3D 2017.d no contempla dicha unión en su totalidad, por lo que se estudiará, calculará y comprobará en los planos X'-Z' e Y'-Z'.

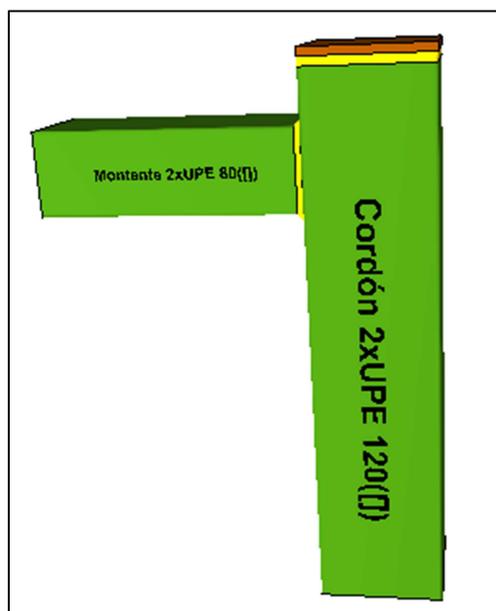
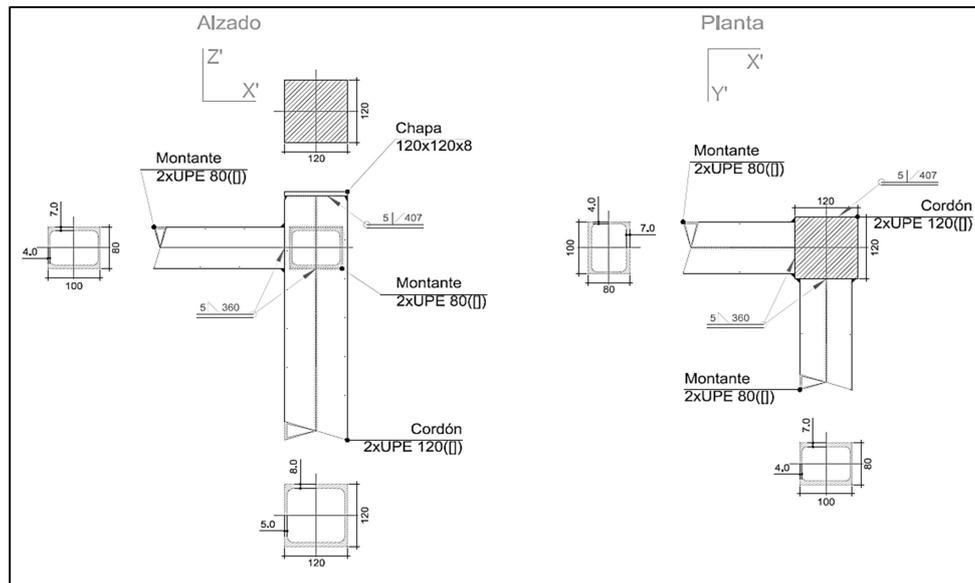
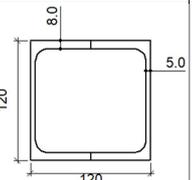
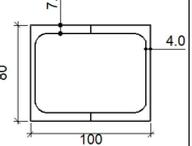


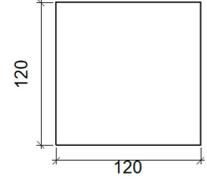
Ilustración 28. Modelo 3D de la unión Tipo 17. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 120(I)		120	120	8	5	S275	2803.3	4179.4
Montantes	2xUPE 80(I)		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa		120	120	8	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 120([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_o} /t _o)	--	20.80	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Espesor	mm	5.0	2.5	25.0
h _o /b _o	--	1.00	0.50	2.00
b _o /t _o	--	24.00	--	35.00
h _o /t _o	--	15.00	--	35.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)					
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	5	407					
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	τ _⊥ (N/mm ²)	τ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.				410.0	0.85		

2) Montante I 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b _i /b _o	--	0.83	0.25	1.00
h _i /b _i	--	0.80	0.50	2.00
b _i /t _i	--	14.29	--	35.00
h _i /t _i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	12.473	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas										
Ref.		Tipo				a (mm)	l (mm)			
Soldadura en ángulo		En ángulo				5	360			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w	
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85	

2) Montante II 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	90.00	30.00	--
b_i/b_o	--	0.83	0.25	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	31.931	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas										
Ref.		Tipo				a (mm)	l (mm)			
Soldadura en ángulo		En ángulo				5	360			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w	
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85	

Medición:

Soldaduras Montante I y II				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	360
		A tope en bisel simple	5	407

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	120x120x8	0.90
				Total

5.1.18. UNIÓN TIPO 18

La unión Tipo 18 corresponde con la unión soldada entre el pilar de la estructura vertical del ascensor (UPE 120) y los montantes y diagonales que se disponen en toda la altura de la estructura vertical del ascensor.

La biblioteca de uniones del software CYPE 3D 2017.d no contempla dicha unión en su totalidad, esto es, con los dos planos de forma conjunta, por lo que se estudiará, calculará y comprobará de forma separada en los planos X'-Z' e Y'-Z'.

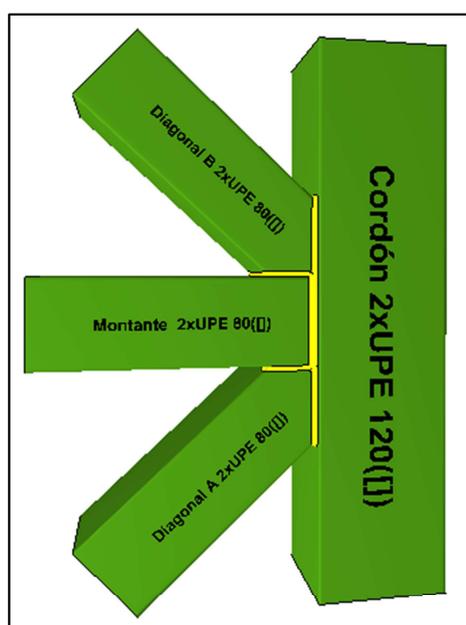
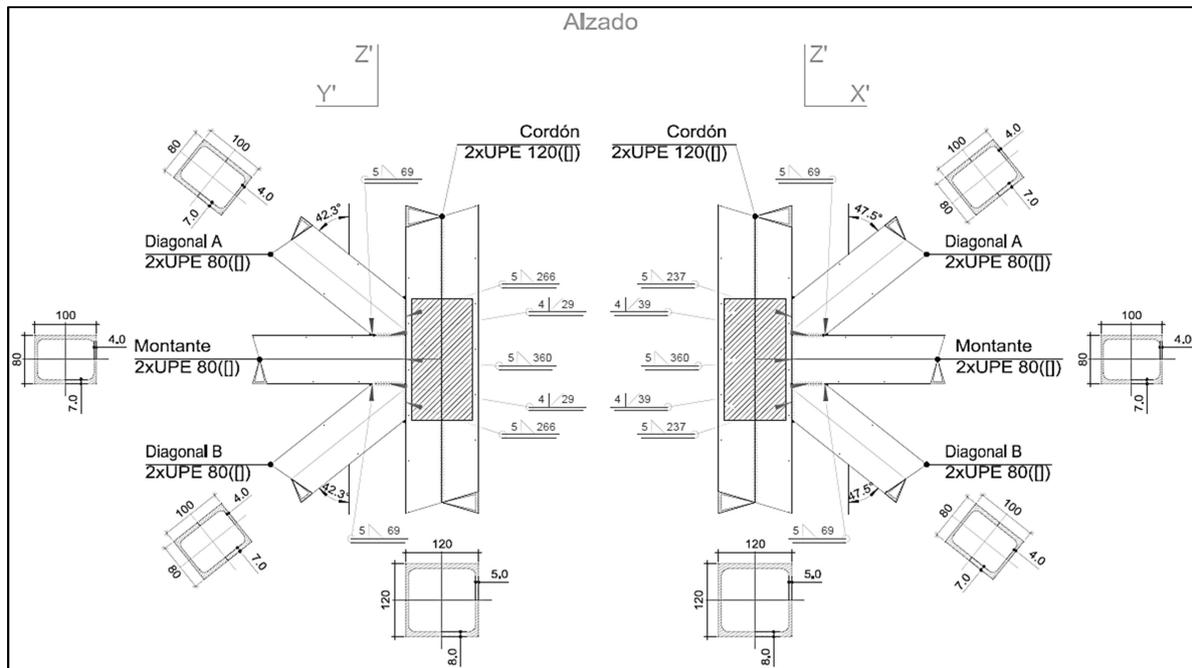


Ilustración 29. Modelo 3D de la unión Tipo 18. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Cordón	2xUPE 120(II)		120	120	8	5	S275	2803.3	4179.4
Diagonales y Tirantes	2xUPE 80(II)		80	100	7	4	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

1) Cordón 2xUPE 120([[]])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Clase de sección (C _{máx_o} /t _o)	--	20.80	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Espesor	mm	5.0	2.5	25.0
h _o /b _o	--	1.00	0.50	2.00
b _o /t _o	--	24.00	--	35.00
h _o /t _o	--	15.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia X-Z				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante en la cara del cordón	t	0.000	54.838	0.00

Comprobaciones de resistencia Y-Z				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante en la cara del cordón	t	0.000	74.929	0.00

2) Diagonal A (X-Z) 2xUPE 80([[]])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	42.27	30.00	--
Solapamiento	%	28.14	25.00	100.00
b _i /b _o	--	0.83	0.35	1.00
h _i /b _i	--	0.80	0.50	2.00
b _i /t _i	--	14.29	--	35.00
h _i /t _i	--	20.00	--	35.00
b _i /b _i	--	1.00	0.75	--

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	29
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	69
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	29
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	266

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

3) Montante (X-Z) 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	47.73	30.00	--
b_i/b_o	--	0.83	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	12.473	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)					
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	360					
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85

4) Diagonal B (X-Z) 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	42.27	30.00	--
Solapamiento	%	28.14	25.00	100.00
b_i/b_o	--	0.83	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00
b_i/b_i	--	1.00	0.75	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	22.598	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	29
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	69
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	29
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	266

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

5) Diagonal A (Y-Z) 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	42.51	30.00	--
Solapamiento	%	36.18	25.00	100.00
b_i/b_o	--	0.83	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00
b_i/b_i	--	1.00	0.75	--

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	39
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	69
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4	39
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--	237

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.					410.0	0.85		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.					410.0	0.85		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.					410.0	0.85		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.					410.0	0.85		

6) Montante (Y-Z) 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	42.51	30.00	--

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
b_i/b_o	--	0.83	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	31.931	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)					
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	360					
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.						410.0	0.85

7) Diagonal B (Y-Z) 2xUPE 80([])

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	kp/cm ²	2803.3	--	4689.1
Espesor	mm	7.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	42.51	30.00	--
Solapamiento	%	36.18	25.00	100.00
b_i/b_o	--	0.83	0.35	1.00
h_i/b_i	--	0.80	0.50	2.00
b_i/t_i	--	14.29	--	35.00
h_i/t_i	--	20.00	--	35.00
b_i/b_i	--	1.00	0.75	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	t	0.000	50.259	0.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)				l (mm)		
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4				39		
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--				69		
Soldadura a tope en bisel simple	A tope en bisel simple	--	4				39		
Soldadura en ángulo	En ángulo	5	--				237		
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\perp} (N/mm ²)	τ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura a tope en bisel simple	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición:

Soldaduras X-Z				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	1031
		A tope en bisel simple	4	118

Soldaduras Y-Z				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4179.4	En taller	En ángulo	5	973
		A tope en bisel simple	4	155

5.1.19. UNIÓN TIPO 19

La unión Tipo 19 corresponde con la unión entre el pilar de la estructura del ascensor (UPE 120) y la cimentación de la misma, que se trata de un muro sobre encepados y vigas centradoras sobre pilotes. No se han considerado su arriostramiento ya que su configuración está comprobada previamente en el presente subanejo.

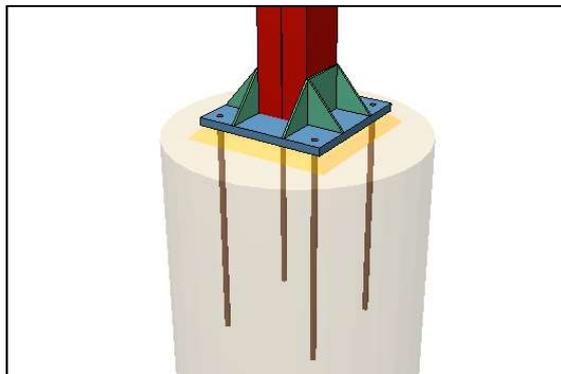
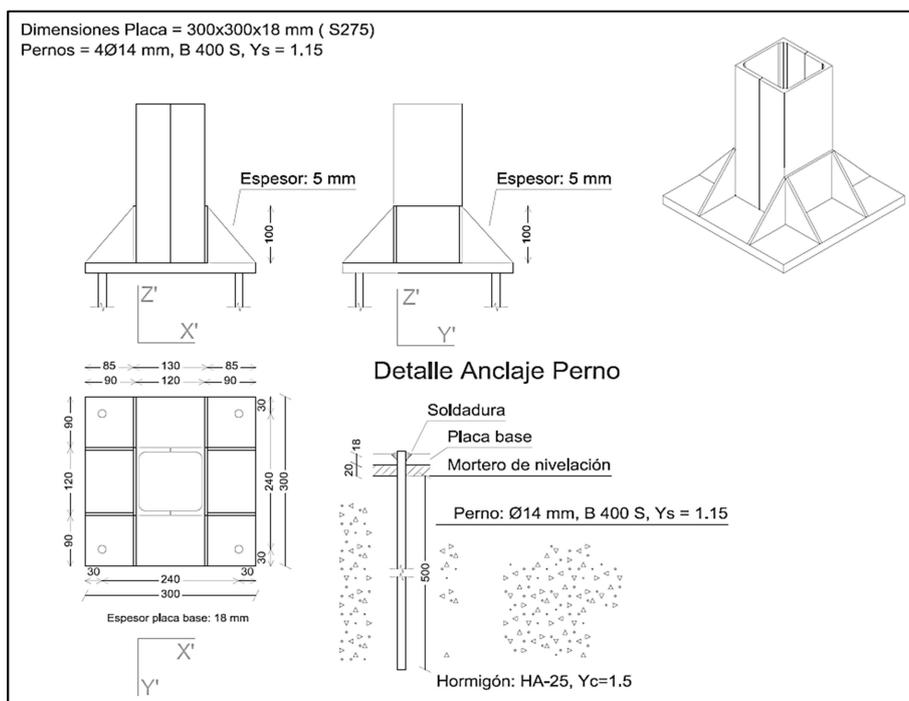
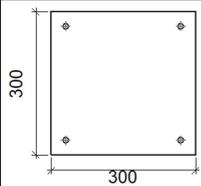


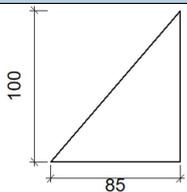
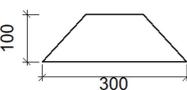
Ilustración 30. Modelo 3D de la unión Tipo 19. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		300	300	18	4	14	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		85	100	5	-	-	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		300	100	5	-	-	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

Placa de anclaje		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46.6 Calculado: 46.6	Cumple Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 6.099 t Calculado: 4.646 t Máximo: 4.269 t Calculado: 0.684 t Máximo: 6.099 t Calculado: 5.623 t	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 5.023 t Calculado: 4.593 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 2997.89 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 13.456 t Calculado: 0.604 t	Cumple

Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 919.902 kp/cm ² Calculado: 954.108 kp/cm ² Calculado: 1102.63 kp/cm ² Calculado: 1414.2 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 10539.9 Calculado: 10349.9 Calculado: 10181.9 Calculado: 6558.66	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 ² Calculado: 2543.28 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Medición:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x300x18	12.72
	Rigidizadores pasantes	2	300/120x100/0x5	1.65
	Rigidizadores no pasantes	4	85/0x100/0x5	0.67
	Total			15.03
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 14 - L = 552	2.67
	Total			2.67

5.1.20. UNIÓN TIPO 20

La unión Tipo 20 corresponde con la unión entre el pilar del Apoyo 2 (UPE 120) y la cimentación del mismo mediante una placa de anclaje. La cimentación de dicho apoyo es una zapata armada de disposición rectangular. No se han considerado su arriostramiento ya que su configuración está comprobada en el presente subanejo.

Además, las uniones entre pilares y cimentaciones estudiadas en el presente subanejo no presentan el cálculo y comprobación de sus soldaduras, ya sea en el propio pilar, rigidizadores, placas de anclaje, etc. Esto es debido a que CYPE y no lo considera estructuralmente necesario ya que por apoyo simple soporta sus solicitaciones.

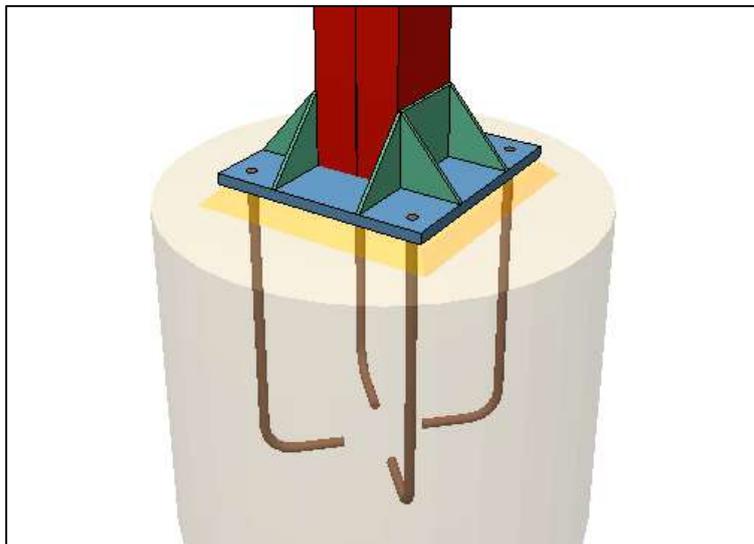
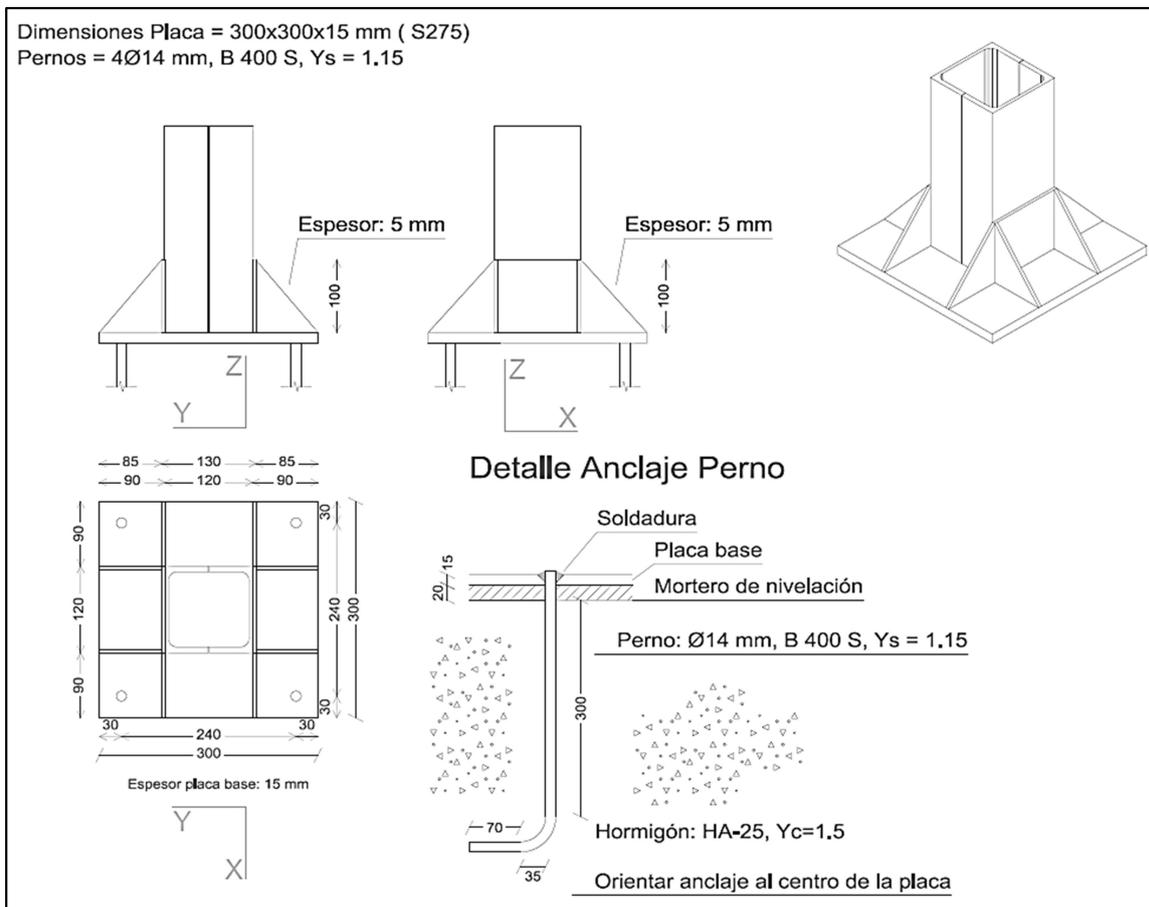
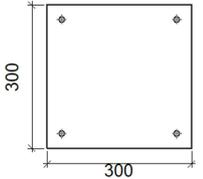
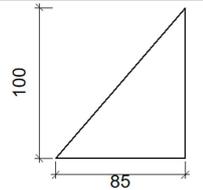
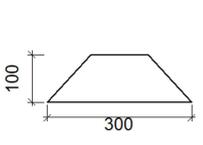


Ilustración 31. Modelo 3D de la unión Tipo 20. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		300	300	15	4	14	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		85	100	5	-	-	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		300	100	5	-	-	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

Placa de anclaje		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46.6 Calculado: 46.6	Cumple Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 4.757 t Calculado: 2.73 t Máximo: 3.33 t Calculado: 1.154 t Máximo: 4.757 t Calculado: 4.379 t	Cumple Cumple Cumple

Placa de anclaje		
Comprobación	Valores	Estado
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 5.023 t Calculado: 2.734 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 1805.8 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 11.213 t Calculado: 1.056 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	
- Derecha:	Calculado: 1161.75 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1247.83 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 1045.72 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1346.47 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 9324.89	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 9961.4	Cumple
- Arriba:	Calculado: 10872.6	Cumple
- Abajo:	Calculado: 8466.77	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 2179.54 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Medición:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x300x15	10.60
	Rigidizadores pasantes	2	300/120x100/0x5	1.65
	Rigidizadores no pasantes	4	85/0x100/0x5	0.67
	Total			12.91
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 14 - L = 349 + 136	2.34
	Total			2.34

5.1.21. UNIÓN TIPO 21

La unión Tipo 21 corresponde con la unión entre las dos vigas inclinadas 25,08° respecto de la horizontal del Apoyo 2 (UPE 100) y la zapata armada rectangular de la misma mediante su soldadura a una única placa de anclaje.

Debido a su simetría, únicamente se dimensionará, calculará y comprobará uno de sus lados y se aplicará la duplicidad correspondiente.

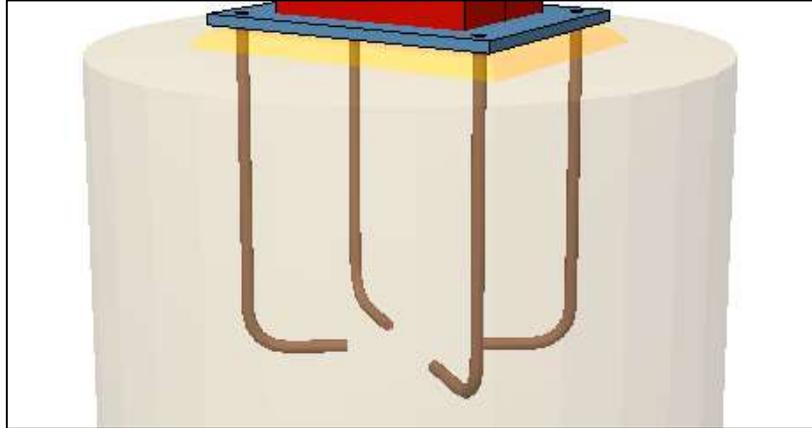
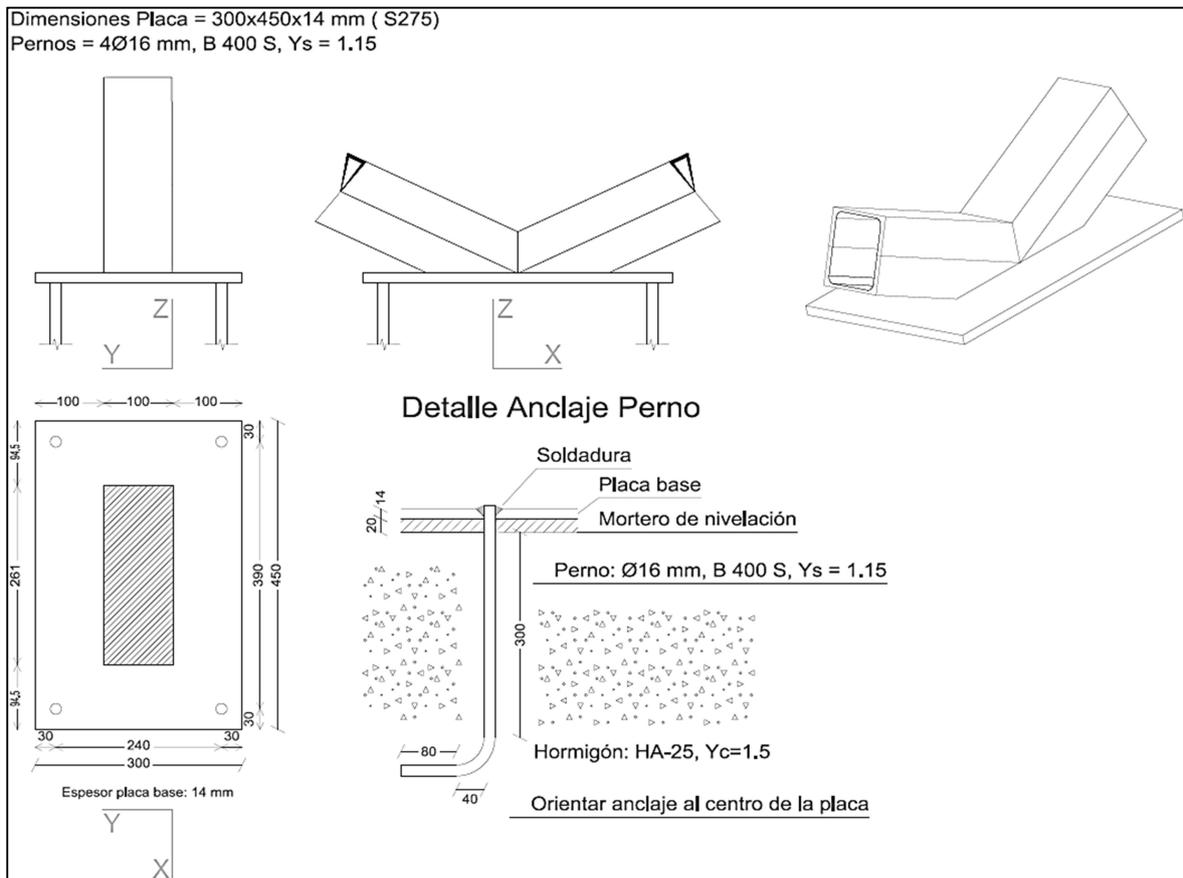
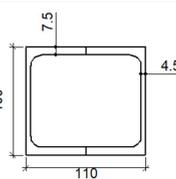


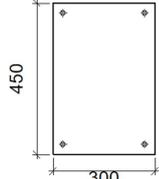
Ilustración 32. Modelo 3D de la unión Tipo 21. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Diagonal	2xUPE 100([])		100	110	7.5	4.5	S275	2803.3	4179.4

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		300	450	14	4	16	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

En el detalle constructivo anterior se muestran las dimensiones de la unión entre los dos perfiles UPE 100 y la placa de anclaje, mediante unión empotrada (apoyo 1).

Sus características son particulares debido a la disposición de inclinación de los dos perfiles UPE 100 a 25,08° respecto de la horizontal. Resultando 3 posibles cordones de soldadura entre los dos perfiles y 4 cordones entre los perfiles y la placa, 3 por cada perfil en el caso de su estudio por simetría.

Los esfuerzos a considerar serán los resultantes de la combinación de hipótesis pésima, esto es, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.

Esfuerzos pésimos	
Nx	23,747 t
Vy	0,359 t
Vz	0,135 t
My	0,160 m·t
Mz	0,485 m·t

Siguiendo el CTE, por tratarse de una unión empotrada, se dimensionará para resistir al menos la mitad de la resistencia de cada una de las piezas a unir. Las resistencias últimas a axil, cortante y flector del perfil UPE 100 son las siguientes:

$$\frac{N_{c,Rd}}{2} = \frac{A \cdot f_{yd}}{2} = \frac{64,475 t}{2} = \mathbf{32,238 t} > 23,747 t$$

$$(y) \frac{V_{c,Rd}}{2} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{2} = \frac{25,433 t}{2} = \mathbf{12,717 t} > 0,359 t$$

$$(z) \frac{V_{c,Rd}}{2} = \frac{A \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}}{2} = \frac{11,792 t}{2} = \mathbf{5,896 t} > 0,135 t$$

$$(y) \frac{M_{c,Rd}}{2} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_{yd}}{2} = \frac{2,471 t}{2} = \mathbf{1,236 m \cdot t} > 0,160 m \cdot t$$

$$(z) \frac{M_{c,Rd}}{2} = \frac{W_{pl,z} \cdot f_{yd}}{2} = \frac{2,289 t}{2} = \mathbf{1,145 m \cdot t} > 0,485 m \cdot t$$

Como son mayores los esfuerzos calculados a los que se verán sometidos los perfiles, el dimensionamiento de la unión se seguirá con dichos valores resultantes.

La configuración de los cordones de soldadura se ha seguido según el detalle constructivo de la unión presentado.

- **Soldaduras verticales.** Como el ángulo entre los dos perfiles es superior a 120° se considera que las soldaduras no transmiten esfuerzos, por lo que no se calcularán.
- **Soldaduras horizontales.** Se diferencian tres tipologías:
 - La unión en T entre los dos perfiles y la placa de anclaje es igual a 90°, por lo que se tratará de una soldadura en ángulo y se calculará a continuación.
 - La unión superior entre los dos perfiles tiene un ángulo de 129,84°, superior a 120°, por lo que no se transmitirán esfuerzos ni se calculará.
 - La unión inferior de cada perfil con la placa metálica tiene un ángulo inferior a 60°, en concreto 25,08°, por lo que se considerarán como soldadura a tope con penetración parcial y se calculará a continuación.

El espesor de la placa de anclaje es de 14 mm, el alma del perfil es de 4,5 mm y el ala del perfil es de 7,5 mm. Siguiendo el CTE, el rango de posibles espesores de garganta de los cordones de soldadura es el siguiente:

$$e_2 = e_{\text{placa de anclaje}} = 14 \text{ mm} \rightarrow a_{\text{mín}} = 5 \text{ mm y } a_{\text{máx}} = 9,5 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_{\text{alma UPE 100}} = 4,5 \text{ mm} \rightarrow a_{\text{mín}} = 3 \text{ mm y } a_{\text{máx}} = 3 \text{ mm}$$

$$e_1 = e_{\text{ala UPE 100}} = 7,5 \text{ mm} \rightarrow a_{\text{mín}} = 3 \text{ mm y } a_{\text{máx}} = 5 \text{ mm}$$

De esta forma, se tomará únicamente el valor $a = 5 \text{ mm}$ como espesor de garganta para la unión en T dado que el espesor de la unión con $25,08^\circ$ resulta en valores incompatibles.

Espesor de la pieza (mm)	Garganta a		Espesor de la pieza (mm)	Garganta a	
	Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)		Valor máx. (mm)	Valor mín. (mm)
4,0-4,2	3	3	13,5-14,1	9,5	5
4,3-4,9	3	3	14,2-15,5	10	5
5,0-5,6	3,5	3	15,6-16,9	11	5,5
5,7-6,3	4	3	17,0-18,3	12	5,5
6,4-7,0	4,5	3	18,4-19,7	13	6
7,1-7,7	5	3	19,8-21,2	14	6
7,8-8,4	5,5	3	21,3-22,6	15	6,5
8,5-9,1	6	3,5	22,7-24,0	16	6,5
9,2-9,9	6,5	3,5	24,1-25,4	17	7
10,0-10,6	7	4	25,5-26,8	18	7
10,7-11,3	7,5	4	26,9-28,2	19	7,5
11,4-12,0	8	4	28,3-31,1	20	7,5
12,1-12,7	8,5	4,5	31,2-33,9	22	8
12,8-13,4	9	4,5	34,0-36,0	24	8

La longitud de los cordones quedará definida por la geometría del perfil, ocupando todo lo posible y descontando los radios de acuerdo.

$$\text{Longitud de los cordones horizontales} \rightarrow L = 130,5 \text{ mm}$$

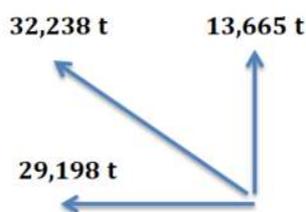
La norma indica que los cordones de soldadura deberán tener un espesor de garganta igual o superior a 3 mm. Además, el CTE dicta que la longitud de los cordones debe ser superior o igual a 40 mm y a 6 veces el espesor de garganta. Todos estos condicionantes cumplen con lo propuesto en el presente tipo de unión.

Para la comprobación de las soldaduras, previamente se calcula el área a soldar, tal y como se muestra a continuación.

$$A_{\text{Soldadura}} = 2 \cdot a \cdot L = 2 \cdot 5 \cdot 130,5 = 1.305 \text{ mm}^2$$

El cordón de soldadura se define en dos planos, el plano de garganta y el plano de abatimiento. Sobre dichos planos, se considera que las tensiones originadas por las acciones exteriores se distribuyen uniformemente a lo largo de su longitud efectiva.

Teniendo únicamente en cuenta el esfuerzo axial de compresión y despreciando los cortantes y momentos flectores por sus reducidos valores, es necesario realizar previamente la siguiente descomposición en el plano Y-Z:



Por lo tanto, las tensiones sobre el plano de abatimiento son:

$$t_{//} = \frac{286.334,57 \text{ N}}{1.305 \text{ mm}^2} = 219,41 \text{ N/mm}^2$$

$$n_{\perp} = \frac{134.007,87 \text{ N}}{1.305 \text{ mm}^2} = 102,69 \text{ N/mm}^2$$

$$t_{\perp} = 0 \text{ N/mm}^2$$

A partir de ellas se obtienen las siguientes tensiones sobre el plano de garganta:

$$\sigma_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 118,12 + 0 = 72,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\perp} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot t_{\perp} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot n_{\perp} = 0 - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 118,12 = -72,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{//} = t_{//} = 0 \text{ N/mm}^2$$

Se considera que la soldadura en ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo se cumplen las dos condiciones siguientes que establece el CTE:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_W \gamma_{M2}} \rightarrow \sqrt{(72,61)^2 + 3 \cdot [(-72,61)^2 + (0)^2]} \leq \frac{410}{0,85 \cdot 1,25}$$

$$\rightarrow 145,22 \text{ N/mm}^2 \leq 385,88 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \rightarrow 72,61 \text{ N/mm}^2 \leq \frac{410}{1,25} = 328 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{Cumple}$$

Por todo ello, dado que todas las comprobaciones cumplen las condiciones establecidas por el CTE, se puede afirmar que las soldaduras propuestas son válidas y seguras.

De esta forma, mediante su simetría se puede concluir en que bastarán dos soldaduras laterales en T de 5 mm de espesor de garganta y 261 mm de longitud a cada lado.

En el caso de la placa de anclaje, las comprobaciones son las siguientes:

Placa de anclaje		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 241 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 5.437 t Calculado: 0.303 t	Cumple
- Cortante:	Máximo: 3.806 t Calculado: 0.684 t	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 5.437 t Calculado: 1.28 t	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 6.557 t Calculado: 0.381 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 604.769 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 11.961 t Calculado: 0.632 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 2669.77 kp/cm ²	
- Derecha:	Calculado: 657.451 kp/cm ²	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 749.951 kp/cm ²	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2006.91 kp/cm ²	Cumple
- Abajo:	Calculado: 1722.62 kp/cm ²	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 2323.86	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2043.7	Cumple
- Arriba:	Calculado: 427.151	Cumple
- Abajo:	Calculado: 490.524	Cumple

Placa de anclaje		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 0 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Medición:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x450x14	14.84
				Total
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 350 + 155	3.19
				Total

5.1.22. UNIÓN TIPO 22

La unión Tipo 22 corresponde con la unión entre el pilar del extremo de la pasarela peatonal (UPE 80) y la zapata armada rectangular mediante una placa de anclaje.

Las dimensiones de los pernos de anclaje se han tenido en cuenta en el dimensionamiento de las zapatas y, en concreto, en el espesor de recubrimiento de las mismas.

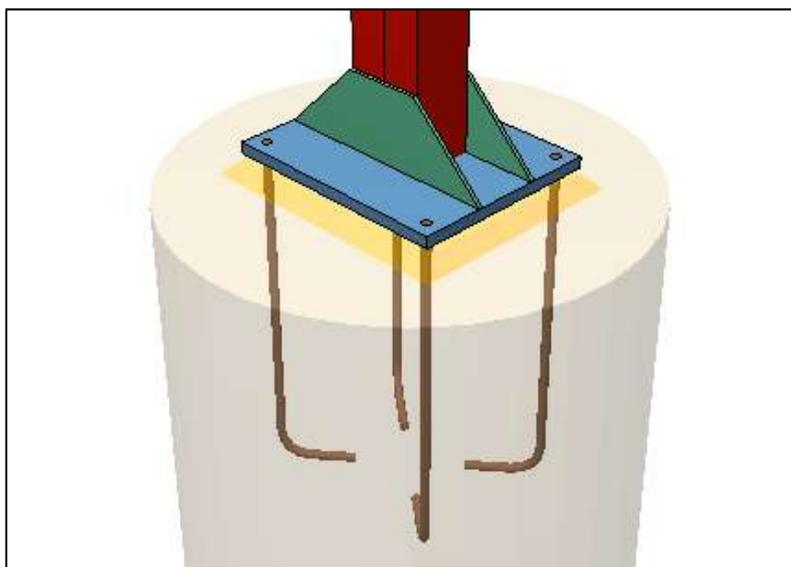
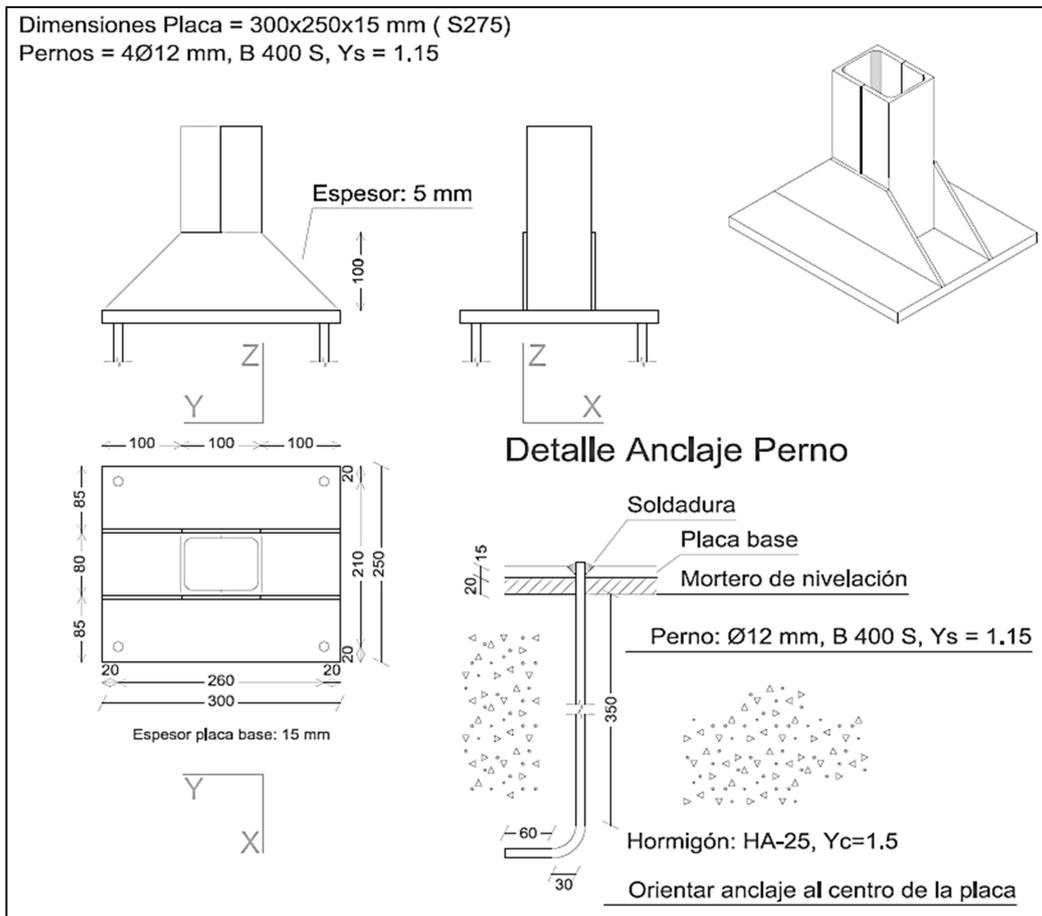
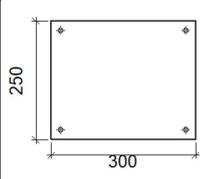
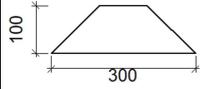


Ilustración 33. Modelo 3D de la unión Tipo 22. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Descripción de los componentes de la unión:

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		300	250	15	4	12	S275	2803.3	4179.4
Rigidizador		300	100	5	-	-	S275	2803.3	4179.4

Comprobaciones:

Placa de anclaje		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 36 mm Calculado: 210 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 18 mm Calculado: 20 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X:	Máximo: 50 Calculado: 49	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 4.757 t Calculado: 1.511 t Máximo: 3.33 t Calculado: 1.869 t Máximo: 4.757 t Calculado: 4.181 t	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 3.686 t Calculado: 1.392 t	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 3883.31 kp/cm ² Calculado: 2930.45 kp/cm ²	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 9.611 t Calculado: 1.72 t	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 2669.77 kp/cm ² Calculado: 816.236 kp/cm ² Calculado: 374.435 kp/cm ² Calculado: 2218.71 kp/cm ² Calculado: 1033.01 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 11716.4 Calculado: 19334 Calculado: 710.746 Calculado: 1332.03	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 ² Calculado: 0 kp/cm ²	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Medición:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x250x15	8.83
	Rigidizadores pasantes	2	300/100x100/0x5	1.57
	Total			10.40
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 12 - L = 397 + 117	1.82
	Total			1.82

5.2. CONCLUSIÓN DE LAS UNIONES

Una vez dimensionadas, calculadas y comprobadas todas las uniones de la estructura metálica, tanto de la pasarela peatonal como de la estructura vertical del ascensor, se puede concluir en que la estructura soportará las sollicitaciones a las que se verá sometida durante su vida útil.

Para ello, será necesario cumplir con los resultados del presente subanexo y de los planos adjuntos durante la ejecución del Proyecto constructivo para velar por la seguridad y la correcta disposición de la estructura.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

SUBANEXO 7.2. CIMENTACIÓN

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CIMENTACIÓN: ZAPATA 1.....	3
3. CIMENTACIÓN: ZAPATA 2.....	7
4. CIMENTACIÓN: ZAPATA 3.....	11
5. CIMENTACIÓN: PILOTES, ENCEPADOS Y MUROS.....	15
5.1. PILOTES.....	16
5.2. ENCEPADOS.....	20
5.3. VIGAS CENTRADORAS.....	24
5.4. MUROS DEL FOSO.....	36
6. MURO EN MÉNSULA DE HORMIGÓN ARMADO.....	40

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cimentación del Proyecto. Fuente: CYPE 3D.....	2
Ilustración 2. Modelo 3D de la zapata 1. Fuente: CYPE 3D.....	3
Ilustración 3. Modelo 3D de la zapata 2. Fuente: CYPE 3D.....	7
Ilustración 4. Modelo 3D de la zapata 3. Fuente: CYPE 3D.....	11
Ilustración 5. Tipología. Fuente: Generador de precios.....	16
Ilustración 6. Modelo 3D de los encepados. Fuente: CYPE 3D.....	20
Ilustración 7. Modelo 3D de las vigas centradoras. Fuente: CYPE 3D.....	25
Ilustración 8. Modelo 3D de los muros del foso. Fuente: CYPE 3D.....	36
Ilustración 9. Modelo 3D de los muros. Fuente: CYPE 3D.....	40

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se presenta la tipología y geometría de las distintas soluciones constructivas proyectadas tanto para la cimentación de la pasarela peatonal con ascensor como para las escaleras y muros incluidos en el presente Proyecto. Además, se detallan las comprobaciones frente a Estados Límite Últimos requeridas según la normativa de cada una de ellas.

A continuación, se muestra un esquema 3D ofrecido por el software CYPE 3D 2017.d de la disposición de la cimentación de la estructura metálica. Se trata de 3 zapatas para los apoyos de la pasarela peatonal y de pilotes con encepados atados mediante vigas para el apoyo de la estructura vertical del ascensor.

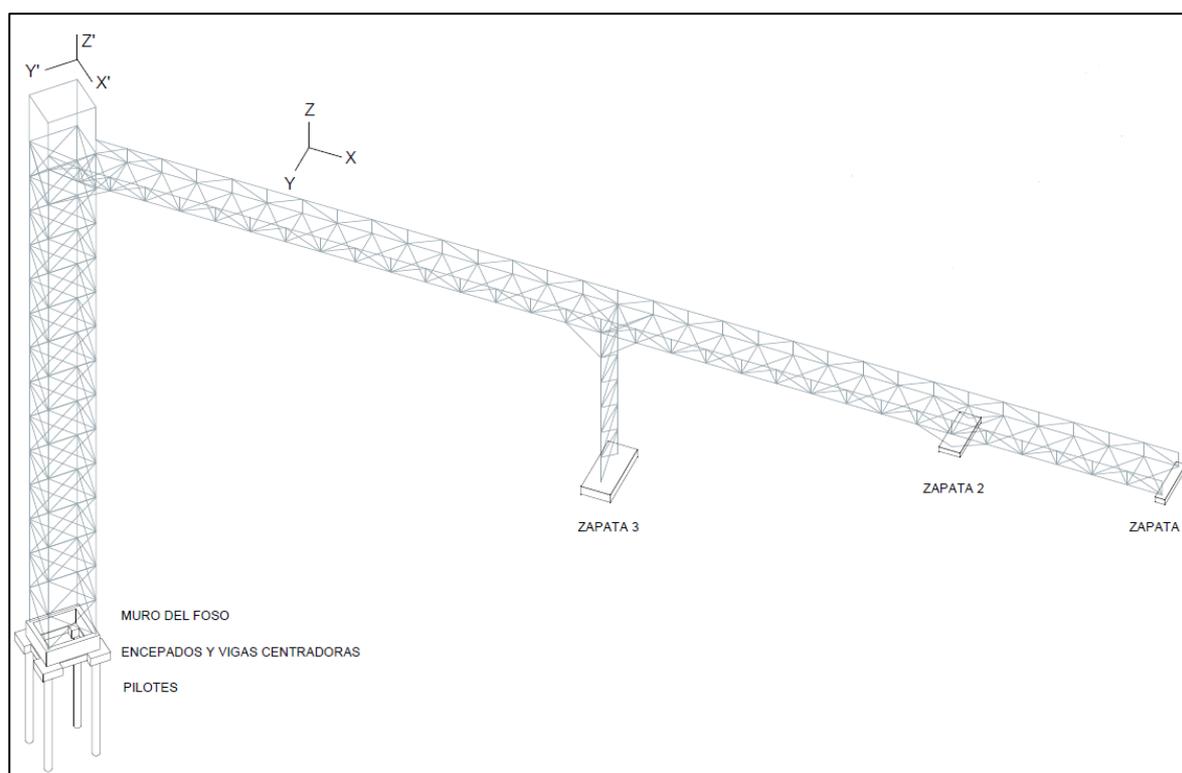


Ilustración 1. Cimentación del Proyecto. Fuente: CYPE 3D

2. CIMENTACIÓN: ZAPATA 1

El extremo de la pasarela peatonal en conexión con la calle Gas descansará sobre una zapata rectangular de dimensiones 3,1 metros de largo, 0,6 metros de ancho y 0,4 metros de canto. La disposición de la armadura, así como el dimensionamiento, los cálculos y las comprobaciones, se detallan a continuación.

Para el dimensionamiento de las zapatas se han tenido en cuenta las dimensiones de los pernos de anclaje y, en concreto, en el espesor de recubrimiento de las mismas. La disposición de la zapata 1 es la que se presenta en la siguiente ilustración.

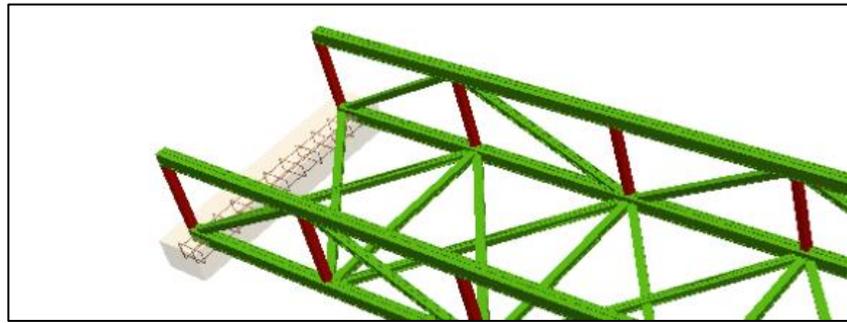
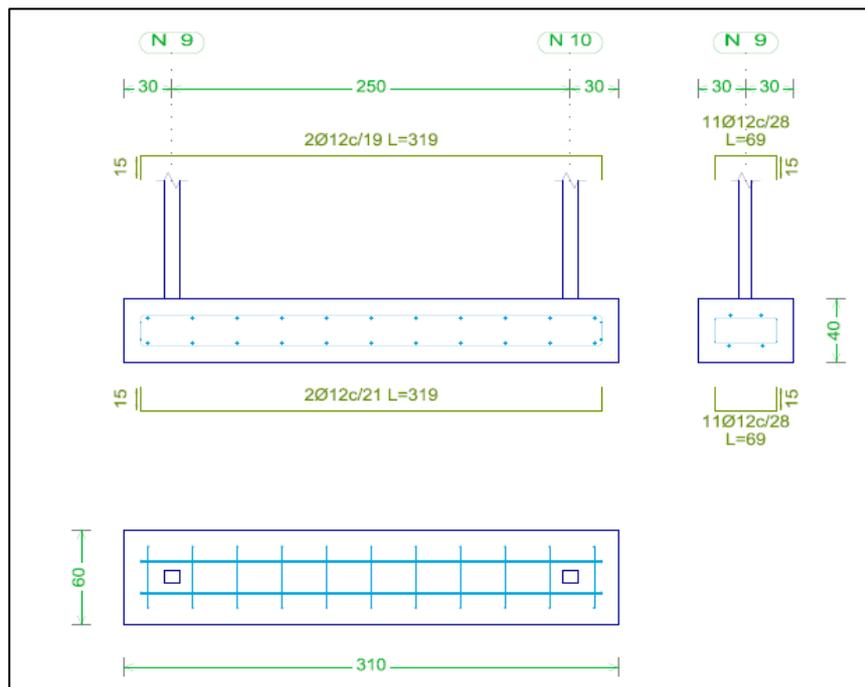


Ilustración 2. Modelo 3D de la zapata 1. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Armadura:

Como se puede obtener del detalle constructivo anterior, tanto la armadura superior como la inferior de la zapata está compuesta de barras corrugadas de acero B500S, con $Y_s = 1,15$ y hormigón HA-25, con $Y_c = 1,5$. El diámetro de las barras es $\varnothing = 12 \text{ mm}$.

Se colocará una cuantía de 2 barras en el sentido longitudinal tanto en la parrilla superior como en la inferior, y una cuantía de 11 barras en sentido transversal, también en la parrilla superior e inferior. Todas ellas dispondrán de patillas al inicio y final con una longitud de 15 cm, según indica la norma y las dimensiones mínimas comprobadas.

Comprobaciones:

Referencia: (N109 - N135)		
Dimensiones: 310 x 60 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/21 Yi:Ø12c/28 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2 kp/cm ² Calculado: 0.58 kp/cm ² Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.997 kp/cm ² Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 1.163 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 50742.7 % Reserva seguridad: 52.4 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: -1.75 t·m Momento: 1.48 t·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 3.89 t Cortante: 0.00 t	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 71.74 t/m ²	Cumple

Referencia: (N109 - N135)		
Dimensiones: 310 x 60 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/21 Yi:Ø12c/28 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 0 cm	
- N109:	Calculado: 28 cm	Cumple
- N135:	Calculado: 28 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0015	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0014 Calculado: 0.0014	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003 Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0015 Calculado: 0.0015	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple

Referencia: (N109 - N135)		
Dimensiones: 310 x 60 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/21 Yi:Ø12c/28 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
<i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 127 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 121 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3. CIMENTACIÓN: ZAPATA 2

A 12,9 metros de distancia del extremo de la pasarela peatonal en conexión con la calle Gas descansa la segunda zapata rectangular, de dimensiones 3,1 metros de largo, 1,3 metros de ancho y 0,35 metros de canto. La disposición de la armadura, así como el dimensionamiento, los cálculos y las comprobaciones, se detallan a continuación.

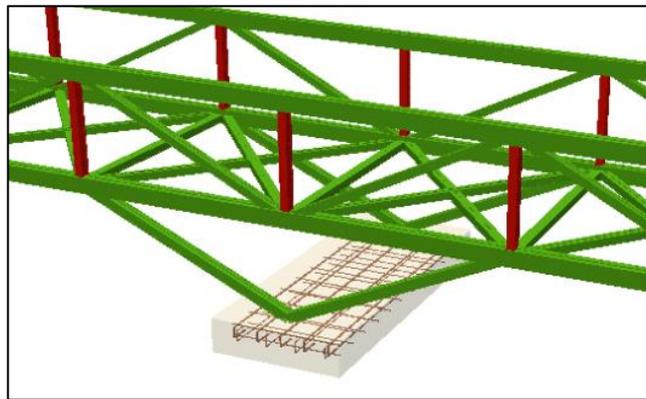
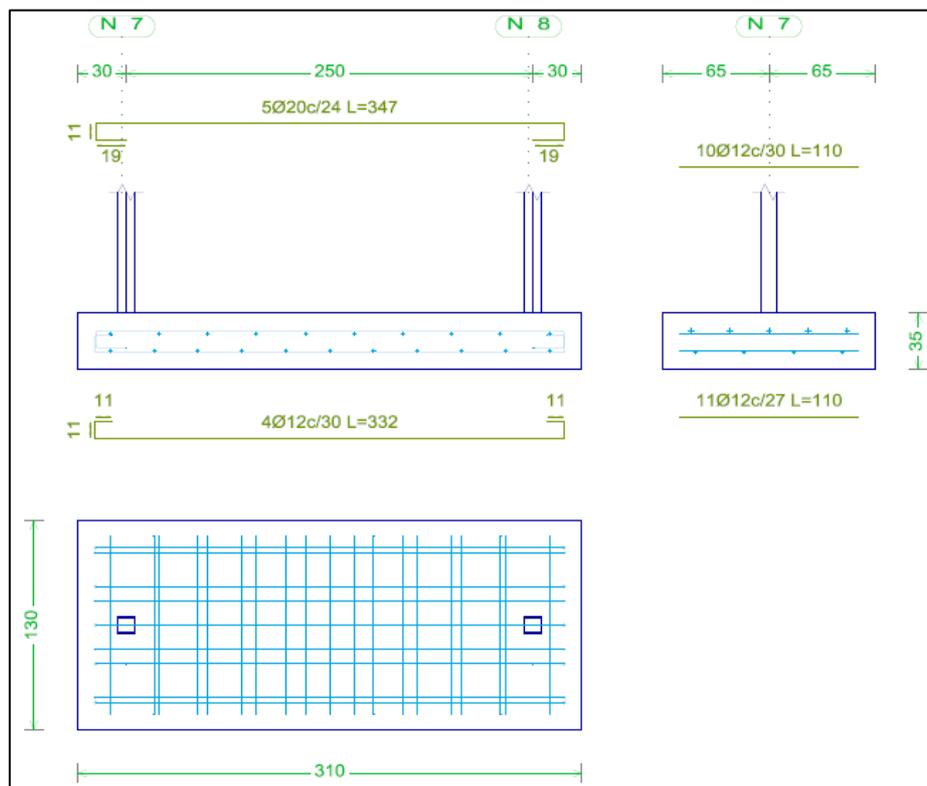


Ilustración 3. Modelo 3D de la zapata 2. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Armaduras:

Como se puede obtener del detalle constructivo anterior, tanto la armadura superior como la inferior de la zapata está compuesta de barras corrugadas de acero B500S, con $Y_s = 1,15$ y hormigón HA-25, con $Y_c = 1,5$. El diámetro de las barras es $\varnothing = 12 \text{ mm}$, excepto en el armado longitudinal de la parrilla superior, donde es $\varnothing = 20 \text{ mm}$.

Se colocará una cuantía de 5 barras en el sentido longitudinal en la parrilla superior y 4 barras en la inferior. Una cuantía de 10 barras en sentido transversal en la parrilla superior y 11 barras en la inferior.

Únicamente las armaduras longitudinales dispondrán de patillas al inicio y final con una longitud de 21 cm en la parrilla superior y 29 cm en la parrilla inferior, según indica la norma y las dimensiones mínimas comprobadas.

Comprobaciones:

Referencia: (N192 - N193)		
Dimensiones: 310 x 130 x 35		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2 kp/cm ² Calculado: 0.759 kp/cm ² Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.848 kp/cm ² Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 0.888 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 18077.6 % Reserva seguridad: 693.6 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: -10.33 t·m Momento: 6.89 t·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X:	Cortante: 13.21 t	Cumple

Referencia: (N192 - N193)		
Dimensiones: 310 x 130 x 35		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Cortante: 13.27 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 245.26 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N192: - N193:	Mínimo: 0 cm Calculado: 23 cm Calculado: 23 cm	Cumple Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.0011 Calculado: 0.0037 Calculado: 0.0012 Calculado: 0.0011	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0003 Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.0012 Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0038 Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0011	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i> - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm Calculado: 27 cm Calculado: 24 cm Calculado: 30 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: (N192 - N193)		
Dimensiones: 310 x 130 x 35		
Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø20c/24 Ys:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 138 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 138 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 18 cm Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 65 cm Calculado: 146 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 65 cm Calculado: 146 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 23 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 23 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 12 cm Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 12 cm Calculado: 21 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 20 cm Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 20 cm Calculado: 29 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

4. CIMENTACIÓN: ZAPATA 3

Aproximadamente a la mitad de la pasarela peatonal descansa el pilar de apoyo sobre la tercera zapata rectangular, de dimensiones 4,0 metros de largo, 1,8 metros de ancho y 0,6 metros de canto. La disposición de la armadura, así como el dimensionamiento, los cálculos y las comprobaciones, se detallan a continuación.

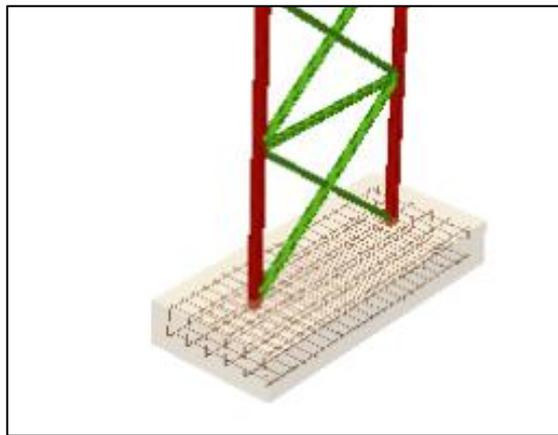
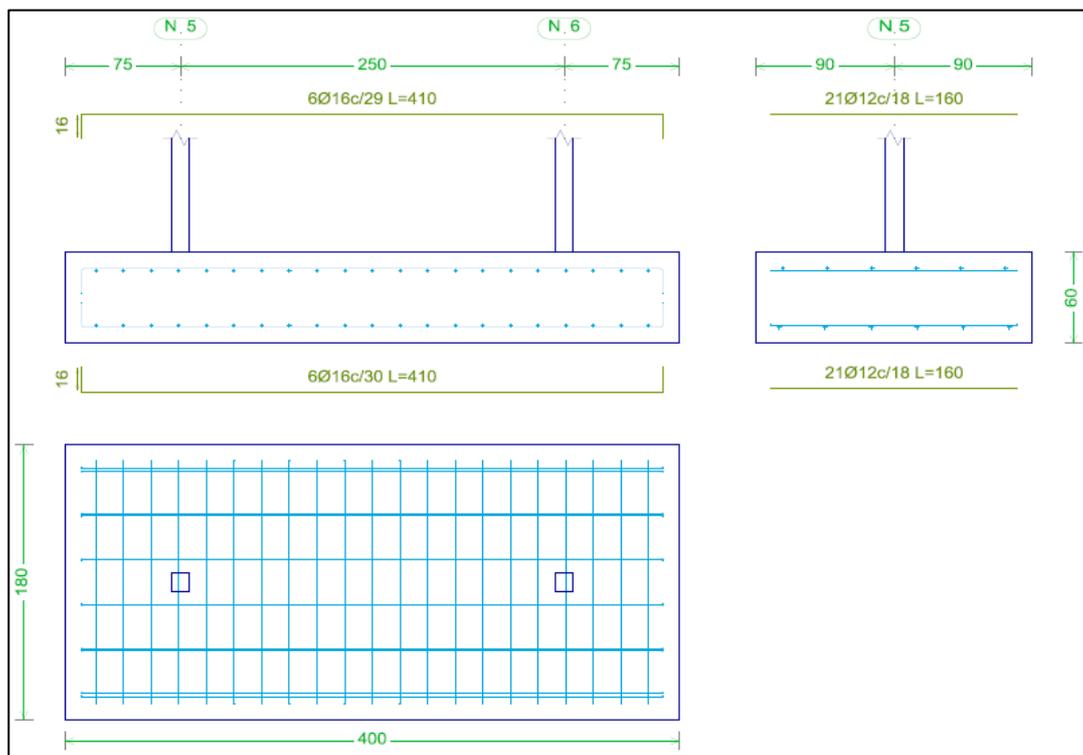


Ilustración 4. Modelo 3D de la zapata 3. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Armaduras:

Como se puede obtener del detalle constructivo anterior, tanto la armadura superior como la inferior de la zapata está compuesta de barras corrugadas de acero B500S, con $Y_s = 1,15$ y hormigón HA-25, con $Y_c = 1,5$. El diámetro de las barras longitudinales es $\varnothing = 16 \text{ mm}$ y el diámetro de las barras transversales es $\varnothing = 16 \text{ mm}$.

Se colocará una cuantía de 6 barras longitudinales en la parrilla superior e inferior de la zapata. Para la armadura transversal será necesario disponer de 21 barras tanto en la parte superior como en la inferior.

Únicamente las armaduras longitudinales dispondrán de patillas al inicio y final con una longitud de 16 cm tanto en la parrilla superior como en la inferior, según indica la norma y las dimensiones mínimas comprobadas.

Comprobaciones:

Referencia: (N75 - N82)		
Dimensiones: 400 x 180 x 60		
Armados: Xi:Ø16c/30 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø16c/29 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 2 kp/cm ² Calculado: 0.873 kp/cm ² Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 1.108 kp/cm ² Máximo: 2.5 kp/cm ² Calculado: 1.634 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 6.7 % Reserva seguridad: 12028.3 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: -13.39 t·m Momento: 17.06 t·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X:	Cortante: 17.40 t	Cumple

Referencia: (N75 - N82)		
Dimensiones: 400 x 180 x 60		
Armados: Xi:Ø16c/30 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø16c/29 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Cortante: 16.51 t	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 278 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N75: - N82:	Mínimo: 0 cm Calculado: 48 cm Calculado: 48 cm	Cumple Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0012	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0011 Calculado: 0.0012	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0007 Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.0012	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001 Calculado: 0.0011	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple

Referencia: (N75 - N82)		
Dimensiones: 400 x 180 x 60		
Armados: Xi:Ø16c/30 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø16c/29 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 29 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 28 cm Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 36 cm Calculado: 157 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 36 cm Calculado: 157 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 27 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

5. CIMENTACIÓN: PILOTES, ENCEPADOS Y MUROS

La estructura vertical del ascensor descansa sobre suelos de escasas características resistentes, por lo tanto, y siguiendo las conclusiones del *Anexo 3. Estudio Geológico*, se ha optado por realizar una cimentación profunda. Además, también se ha tenido en cuenta que el nivel freático se encuentra entre los 6 y 7 metros de profundidad desde la cota del suelo a pavimentar.

La cimentación profunda se realizará mediante cuatro pilotes, serán de tipo “in situ” de extracción con entubación recuperable sobre la roca sana definida como lutitas margosas o margas. Esto es debido a que la resistencia a compresión simple de la roca en el ensayo SM 10 es superior a $72,8 \text{ Kg/cm}^2$ cuando se encuentra a más de 10 metros de profundidad y que la roca sana se presenta a partir de los 7 metros de profundidad.

Se emplea cimentación profunda en la estructura vertical del ascensor debido a que la ejecución de una cimentación superficial no es técnicamente viable. Por ello, se considera una cimentación profunda ya que su extremo está a una profundidad superior a 8 veces su diámetro o ancho.

Para recoger los esfuerzos de los cuatro pilares y transmitirlos a las cabezas de los pilotes, para que posteriormente sean transmitidas adecuadamente al terreno, se dispone de cuatro encepados cuadrados de 1,25 metros de lado y 0,6 metros de canto.

Los encepados se han unido perimetralmente mediante vigas centradoras para reducir los efectos estructurales de la excentricidad de las cimentaciones respecto de los pilares. Sus dimensiones serán las mismas, un ancho de 0,4 metros y un canto de 0,5 metros entre los cuatro encepados.

Sobre los encepados y las vigas se apoyará un muro perimetral de 1,15 metros de altura y 0,3 metros de ancho que conformará el foso del ascensor. Su coronación se situará al nivel del pavimento del acceso inferior y dará soporte a los pilares metálicos de la estructura vertical.

5.1. PILOTES

Como se ha introducido previamente, la cimentación profunda se realizará mediante cuatro pilotes “in situ” de extracción con entubación recuperable sobre la roca sana definida como lutitas margosas o margas.

Debido a que el software CYPE 3D 2017.d no dimensiona los pilotes, aunque sus características son decisivas en el dimensionamiento y comprobación de los encepados, a continuación se comprobarán manualmente los cuatro pilotes proyectados.

Las características principales de los cuatro pilotes son las siguientes:

- **Pilotes “in situ” de extracción con entubación recuperable.** Se ejecuta excavando el terreno y utilizando una camisa recuperable, un tubo metálico a modo de encofrado, evitando que se derrumbe la excavación. Tras el vaciado, armado y durante el hormigonando el pilote, se va retirando gradualmente la camisa para ser reutilizada. Generalmente se usa en pilotes de poca profundidad trabajando por punta, esto es, apoyado en la roca, como el presente caso.
- **Estudio geotécnico.** La resistencia a compresión simple del suelo es superior a $0,734 \text{ Kg/cm}^2$ cuando se encuentra a más de 4,1 metros de profundidad. Además, la roca sana se encuentra a partir de los 7 metros de profundidad.

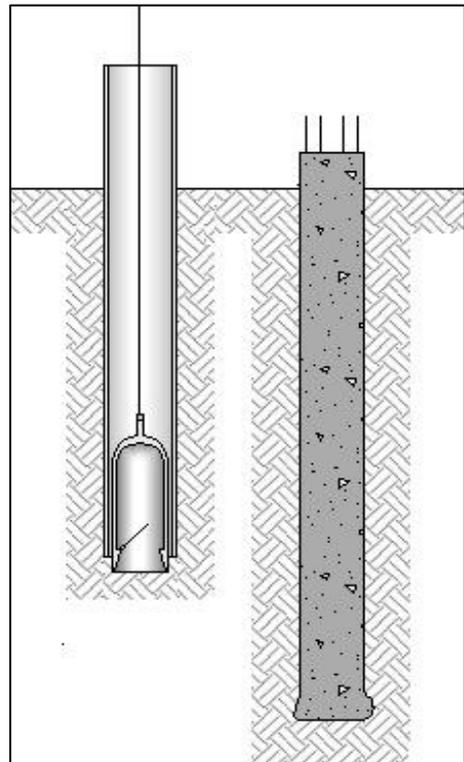


Ilustración 5. Tipología. Fuente: Generador de precios

- **Dimensionamiento.** Se propone emplear cimentación circular profunda de 450 mm de diámetro apoyada sobre la roca y con una entrega de 10 cm en encepado.
- **Cálculo geotécnico y estructural.** A continuación, se comprobará que la carga total no supere su resistencia al hundimiento y como elemento de hormigón armado, despreciando esfuerzos secundarios transmitidos por los encepados.

Cargas actuantes:

Los esfuerzos a considerar serán los resultantes de la combinación de hipótesis pésima, esto es, aquella que demanda la máxima resistencia de los cuatro pilares de la estructura vertical del ascensor.

Esfuerzos pésimos	
Nx	36,074 t
Vy	0,051 t
Vz	0,771 t
My	0,043 m·t
Mz	0,030 m·t

Teniendo únicamente en cuenta el mayor esfuerzo axial de compresión de los cuatro pilotes y despreciando los cortantes y momentos flectores por sus reducidos valores, se tomará el valor de 353,77 kN.

Además, se tendrá en cuenta el peso tanto de los encepados y vigas centradoras como de los muros del foso del ascensor para cada uno de los cuatro pilotes. En concreto, estas cargas actuantes sobre los pilotes tendrán los siguientes valores:

$$W_{muro} = 24,5 \frac{kN}{m^3} \cdot 1,15 m \cdot 0,22 m \cdot \frac{11 m}{4} = 17,05 kN$$

$$W_{encepado} = 24,5 \frac{kN}{m^3} \cdot 1,25 m \cdot 1,25 m \cdot 0,6 m = 22,27 kN$$

$$W_{viga\ centradora} = 24,5 \frac{kN}{m^3} \cdot 0,5 m \cdot 0,4 m \cdot \frac{6 m}{4} = 7,35 kN$$

Por lo tanto, los esfuerzos a soportar por cada pilote resultarán en un total de 400,44 kN. No se consideran fuerzas horizontales ni cargas debidas al rozamiento negativo.

Resistencia al hundimiento:

La resistencia característica de un pilote al hundimiento se considerará como la suma de su resistencia por punta y su resistencia por fuste.

$$R_{ck} = R_{pk} + R_{fk} = q_b \cdot A_p + \tau_f \cdot p_f \cdot L$$

Según el Documento Básico – Cimientos (anexo F) del CTE, existen diferentes métodos para obtener la resistencia unitaria por punta y por fuste. En este caso, se utilizará el método analítico para suelos finos.

La resistencia al corte sin drenaje se considerará como la mitad de la resistencia a compresión simple del suelo y la resistencia unitaria por punta y fuste serán las siguientes:

$$C_u = \frac{q_u}{2} = \frac{71,98 \text{ kPa}}{2} = 35,99 \text{ kPa}$$

$$q_b = N_p \cdot C_u = 9 \cdot 0,03599 \text{ MPa} = 0,32391 \text{ MPa}$$

$$\tau_f = \frac{100 \cdot C_u}{100 + C_u} = \frac{100 \cdot 35,99 \text{ kPa}}{100 + 35,99 \text{ kPa}} = 26,47 \text{ kPa}$$

Por lo tanto, la resistencia al hundimiento del pilote será:

$$R_{ck} = 323,91 \cdot \frac{\pi \cdot 0,45^2}{4} + 26,47 \cdot (0,45\pi) \cdot 7 = 51,52 \text{ kN} + 261,95 \text{ kN} = 313,47 \text{ kN}$$

Además, siguiendo el CTE se propone penetrar la roca 1,6 veces el diámetro del pilote:

$$1,60 \cdot 45 \text{ cm} = 72 \text{ cm}$$

Lo que aporta una resistencia unitaria por punta en roca de 106,9 t, lo que sumado a la resistencia unitaria por punta y fuste en suelo resultará en:

$$313,47 \text{ kN} + 1.048,33 \text{ kN} = 1.361,8 \text{ kN} > 400,44 \text{ kN} \rightarrow \text{Cumple.}$$

Por ello, sumando a los 7 metros iniciales, los 0,72 metros de penetración en la roca y los 0,1 metros introducidos en el encepado, resultarán cuatro pilotes de 7,82 metros.

Cálculo de la armadura:

La armadura de los cuatro pilotes redondos está definida por barras corrugadas de acero B500S, con $Y_s = 1,15$ y hormigón HA-25, con $Y_c = 1,5$. El diámetro de las barras longitudinales es $\varnothing = 16 \text{ mm}$ y el diámetro de los cercos es $\varnothing = 10 \text{ mm}$.

- **Cálculo geotécnico del pilote.** Consiste en comprobar que la carga total (esfuerzo axial principal) no supere su resistencia al hundimiento.
- **Cálculo estructural del pilote.** Consiste en su comprobación como elemento de hormigón armado. En este caso, se desprecian los esfuerzos transmitidos por los encepados y se calculan los pilotes como soportes con carga centrada.

Para el caso de secciones circulares, como es el caso del presente Proyecto, se cumplirá con lo siguiente:

$$N_u = f_{cd} \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} + A_s \cdot f_{yd}$$

$$400,44 \text{ kN} \cdot 1,6 = \frac{25}{1,5} \cdot 10^3 \cdot \frac{\pi \cdot 0,45^2}{4} + A_s \cdot \frac{500}{1,15} \cdot 10^3$$

$$A_s = -5,78 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Al dar negativo, indica que no será necesaria armadura de tracción, ya que con el hormigón resiste perfectamente. Por lo tanto, la cuantía mínima geométrica será:

$$A_s \geq 0,004 \cdot \frac{\pi \cdot 0,45^2}{4} = 0,636 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 6,36 \text{ cm}^2$$

$$6,36 \text{ cm}^2 = n \cdot \frac{\pi \cdot 1,6^2}{4} \rightarrow n = 3,16 \rightarrow 4\phi 16.$$

La normativa europea UNE-EN 1536 indica que la armadura longitudinal no será de diámetro inferior a 12 mm, el número de barras será mayor a 4 y la separación longitudinal no debe ser mayor de 40 cm.

Según la norma EHE, el número de barras para pilotes será mayor o igual a 6, la separación longitudinal no debe ser superior a 20 cm y los estribos deben ser de diámetro no inferior a una cuarta parte de la armadura longitudinal y su separación no superior a 15 veces el diámetro de dicha armadura.

Por ello, se colocará una cuantía de 6 barras longitudinales de 16 mm de diámetro y 39 barras transversales de 10 mm de diámetro, cada 20 cm y a lo largo de cada uno de los cuatro pilotes.

5.2. ENCEPADOS

Para recoger los esfuerzos de los cuatro pilares y transmitirlos a las cabezas de los pilotes, para que posteriormente sean transmitidas adecuadamente al terreno, se propone la disposición de cuatro encepados cuadrados de 1,25 metros de lado y 0,6 metros de canto.

Se ha tomado el encepado que resistirá mayores esfuerzos para el estudio de la disposición de la armadura, así como el dimensionamiento, los cálculos y las comprobaciones de los distintos elementos, que se detallan a continuación.

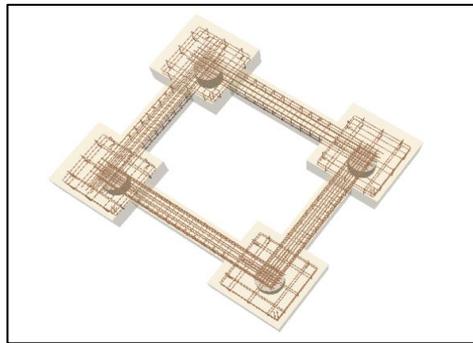
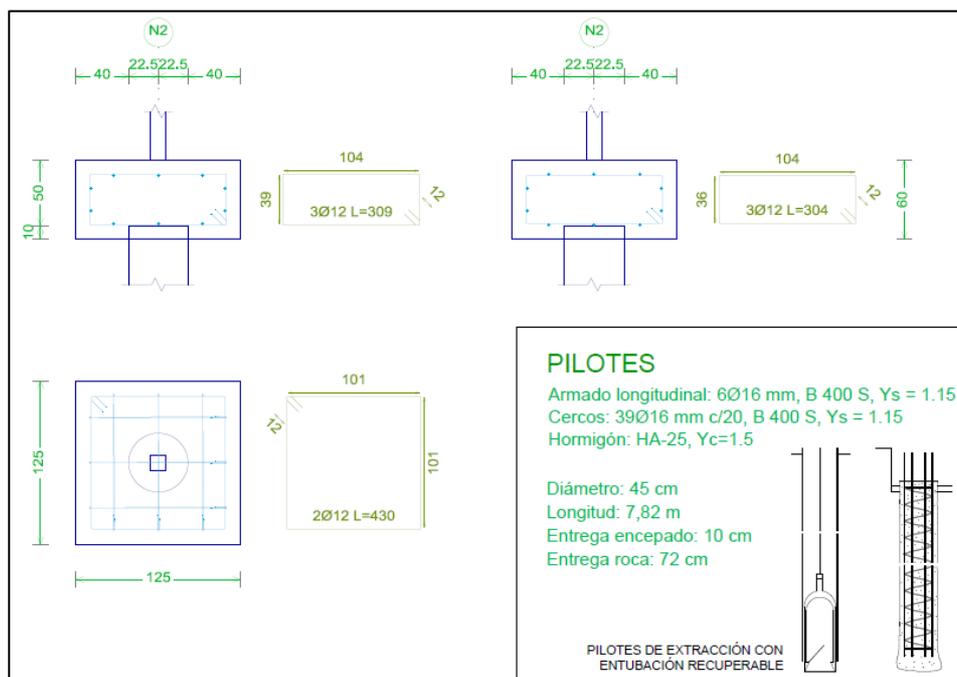


Ilustración 6. Modelo 3D de los encepados. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Armaduras:

Como se puede obtener del detalle constructivo anterior, toda la armadura del encepado está compuesta de barras corrugadas de acero B500S, con $Y_s = 1,15$ y hormigón HA-25, con $Y_c = 1,5$.

Un único pilote penetrará 10 cm en el cada uno de los cuatro encepados y el diámetro de las barras corrugadas es $\varnothing = 12 \text{ mm}$.

Se colocará una cuantía total de 8 estribos. 3 estribos en el plano X'-Z', 3 estribos en el plano Y'-Z' y 2 estribos horizontales en el plano X'-Y', tal y como se presenta en el detalle constructivo y en los planos.

Comprobaciones:

1.- CANTO MÍNIMO DEL ENCEPADO

El canto total mínimo en el borde de los elementos de cimentación de hormigón armado no será inferior a 25 cm si se apoyan sobre el terreno, ni a 40 cm si se trata de encepados sobre pilotes. Además, en este último caso el espesor no será, en ningún punto, inferior al diámetro del pilote (EHE-08, 58.8.1).

$$600.0 \text{ mm} \geq 450.0 \text{ mm} \checkmark$$

Donde:

h: Canto total.

$$h : \underline{600.0} \text{ mm}$$

h_{min}: Canto total mínimo. Se calcula como el mayor de los siguientes valores:

$$h_{\min} : \underline{450.0} \text{ mm}$$

$$h_{\min,1} : \underline{400.0} \text{ mm}$$

$$h_{\min,2} : \underline{450.0} \text{ mm}$$

Siendo:

a: Mayor dimensión de la sección del pilote.

$$a : \underline{450.0} \text{ mm}$$

2.- VUELO LIBRE MÍNIMO DEL ENCEPADO

La distancia existente entre cualquier punto del perímetro del pilote y el contorno exterior de la base del encepado no será inferior a 25 cm (EHE-08, 58.8.1).

$$400.0 \text{ mm} \geq 250.0 \text{ mm} \checkmark$$

Donde:

v: Distancia existente entre el perímetro del pilote y el contorno exterior de la base del encepado. **v** : 400.0 mm
v_{min}: Distancia mínima entre el perímetro del pilote y el contorno exterior de la base del encepado. **v_{min}** : 250.0 mm

3.- DIMENSIONES MÍNIMAS DE LOS PILOTES

Los pilotes ejecutados en obra deberán tener su dimensión mínima mayor o igual a 25 cm (EHE-08, 58.6).

$$450.0 \text{ mm} \geq 250.0 \text{ mm} \checkmark$$

Donde:

a: Dimensión del pilote. **a** : 450.0 mm
a_{min}: Dimensión mínima del pilote. **a_{min}** : 250.0 mm

4.- DISTANCIA LIBRE MÍNIMA ENTRE BARRAS PARALELAS

La distancia libre, horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas debe ser igual o superior a **a_{min}** (EHE-08, 69.4.1.1):

$$117.3 \text{ mm} \geq 37.5 \text{ mm} \checkmark$$

El resultado pésimo se produce para las barras del siguiente grupo: Estribos xy.

Donde:

a: Distancia libre. **a** : 117.3 mm
a_{min}: Distancia mínima libre, obtenida como el mayor de los siguientes valores: **a_{min}** : 37.5 mm

$$\mathbf{a_1} : \underline{20.0} \text{ mm}$$

$$\mathbf{a_2} : \underline{37.5} \text{ mm}$$

$$\mathbf{a_3} : \underline{12.0} \text{ mm}$$

Siendo:

\emptyset : Diámetro de la barra. \emptyset : 12.0 mm
d_a: Tamaño máximo del árido. **d_a** : 30.0 mm

5.- DISTANCIA MÁXIMA ENTRE CENTROS DE BARRAS PARALELAS

La armadura dispuesta en las caras superior, inferior y laterales no distará más de 30 cm (EHE-08, 58.8.2).

$$253.5 \text{ mm} \leq 300.0 \text{ mm} \checkmark$$

El resultado pésimo se produce para las barras del siguiente grupo: Estribos xz.

Donde:

s: Espaciamiento. **s** : 253.5 mm
s_{max}: Espaciamiento máximo. **s_{max}** : 300.0 mm

6.- RECUBRIMIENTOS

La instrucción establece unos recubrimientos mínimos de hormigón en función de la resistencia del mismo y de la clase de exposición (EHE-08, 37.2.4).

$$100.0 \text{ mm} \geq 80.0 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Donde:

c: Recubrimiento.

$$c : \underline{100.0} \text{ mm}$$

r_{nom}: Recubrimiento nominal.

$$r_{\text{nom}} : \underline{80.0} \text{ mm}$$

Siendo:

r_{min}: Recubrimiento mínimo.

$$r_{\text{min}} : \underline{70.0} \text{ mm}$$

Δr: Margen de recubrimiento del hormigón, en función del nivel de control de ejecución.

$$\Delta r : \underline{10.0} \text{ mm}$$

Para cualquier clase de armaduras pasivas (incluso estribos) o armaduras activas pretensas, el recubrimiento no será, en ningún punto, inferior a los valores mínimos recogidos en las tablas 37.2.4.1.a, 37.2.4.1.b y 37.2.4.1.c ($r_{\text{min},1}$).

Cuando se trate de superficies límites de hormigonado que en situación definitiva queden embebidas en la masa del hormigón, el recubrimiento no será menor que el diámetro de la barra o diámetro equivalente cuando se trate de grupo de barras ($r_{\text{min},2}$), ni que 0,8 veces el tamaño máximo del árido ($r_{\text{min},3}$).

En piezas hormigonadas contra el terreno, el recubrimiento mínimo será 70 mm ($r_{\text{min},4}$), salvo que se haya preparado el terreno y dispuesto un hormigón de limpieza.

Siendo:

Clase de exposición: IIa

f_{ck}: Resistencia característica del hormigón.

$$f_{\text{ck}} : \underline{25.00} \text{ N/mm}^2$$

t_q: Vida útil de proyecto, en años.

$$t_q : \underline{50} \text{ años}$$

d_a: Tamaño máximo del árido.

$$d_a : \underline{30.0} \text{ mm}$$

Cara	r _{min.1} (mm)	r _{min.2} (mm)	r _{min.3} (mm)	r _{min.4} (mm)	r _{min} (mm)	Δr (mm)	r _{nom} (mm)	c (mm)	Cumple
Superior	15.0	12.0	24.0	-	24.0	10.0	34.0	100.0	✓
Inferior	15.0	12.0	24.0	-	24.0	10.0	34.0	100.0	✓
Lateral	15.0	12.0	24.0	70.0	70.0	10.0	80.0	100.0	✓

7.- ARMADURAS TRANSVERSALES

Los tirantes T_d indicados en la figura 61.1.b se dimensionarán para la tracción de cálculo indicada en las siguientes expresiones (EHE-08, 61.3).

$$157.36 \text{ kN} \geq 89.92 \text{ kN} \quad \checkmark$$

$$157.36 \text{ kN} \geq 89.92 \text{ kN} \quad \checkmark$$

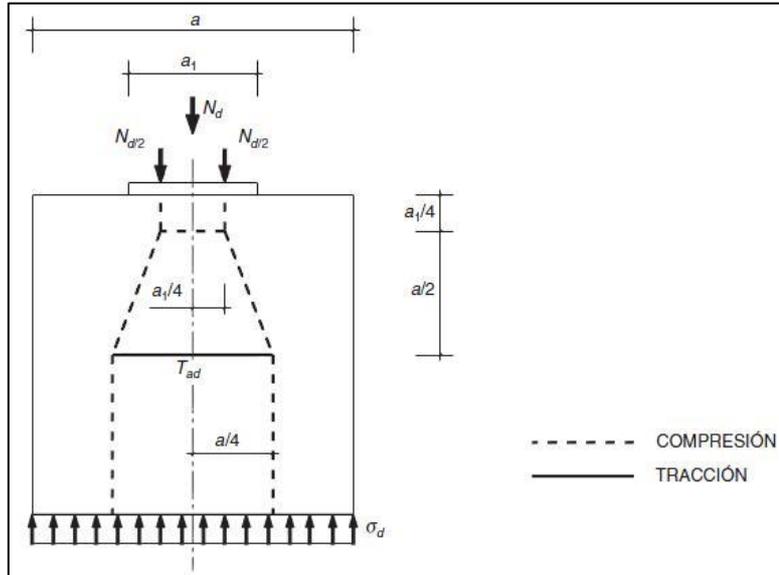
El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.6·PP+1.6·CM1+1.12·Q1+1.6·V1+0.8·N1.

$$T_{\text{ad}} : \underline{89.92} \text{ kN}$$

en sentido paralelo a a , y

$$T_{bd} : \underline{89.92} \text{ kN}$$

en sentido paralelo a b , con $f_{vd} \leq 500 \text{ N/mm}^2$ (apartado 40.2)



$$f_{vd} : \underline{347.83} \text{ N/mm}^2$$

$$N_d : \underline{490.45} \text{ kN}$$

$$a : \underline{450.0} \text{ mm}$$

$$b : \underline{450.0} \text{ mm}$$

$$a_1 : \underline{120.0} \text{ mm}$$

$$b_1 : \underline{120.0} \text{ mm}$$

$$A_s : \underline{452.4} \text{ mm}^2$$

8.- CAPACIDAD PORTANTE DEL PILOTE

Se debe satisfacer:

Donde:

$N_{Ed,s}$: Esfuerzo normal máximo en servicio.

$N_{Rd,s}$: Axil máximo resistido.

Situación	Combinación de acciones	$N_{Ed,s}$ (t)	$N_{Rd,s}$ (t)	Cumple
Persistentes o transitorias	PP+CM1+Q1+V1+N1	35.99	40.00	✓

5.3. VIGAS CENTRADORAS

Los encepados se han unido perimetralmente mediante vigas centradoras para reducir los efectos estructurales de la excentricidad de las cimentaciones respecto de los pilares. Sus dimensiones serán las mismas, un ancho de 0,4 metros y un canto de 0,5 metros entre los cuatro encepados.

El estudio de la disposición de la armadura, así como el dimensionamiento, los cálculos y las comprobaciones de los distintos elementos, es el que se detallan a continuación para cada una de las cuatro vigas centradoras.

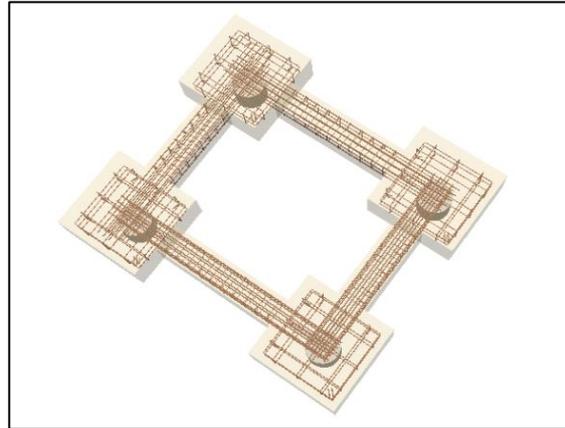
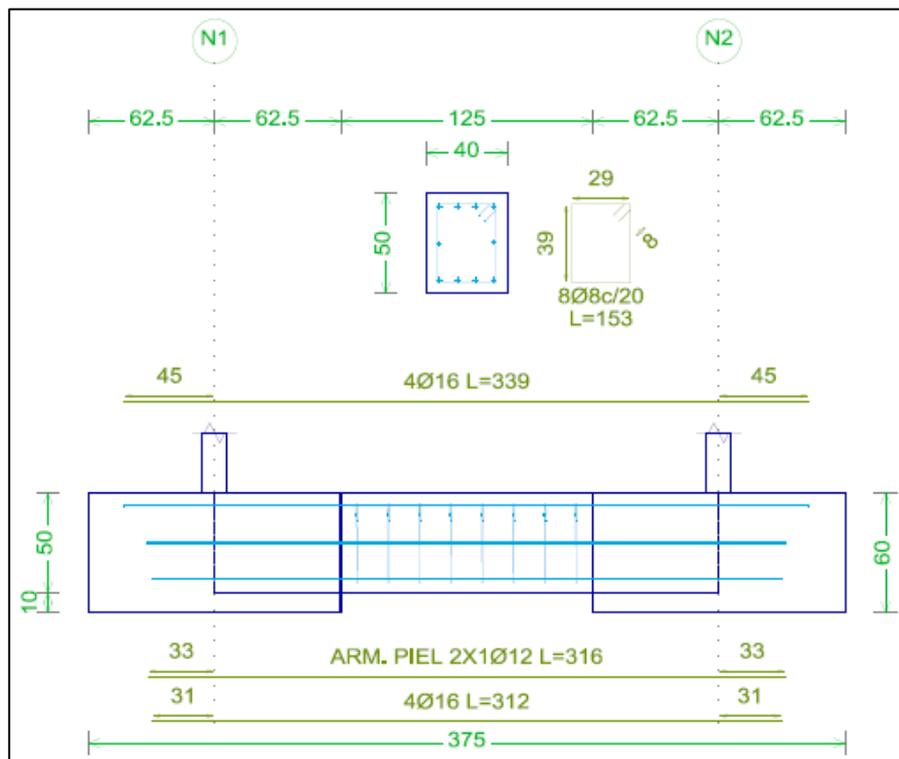


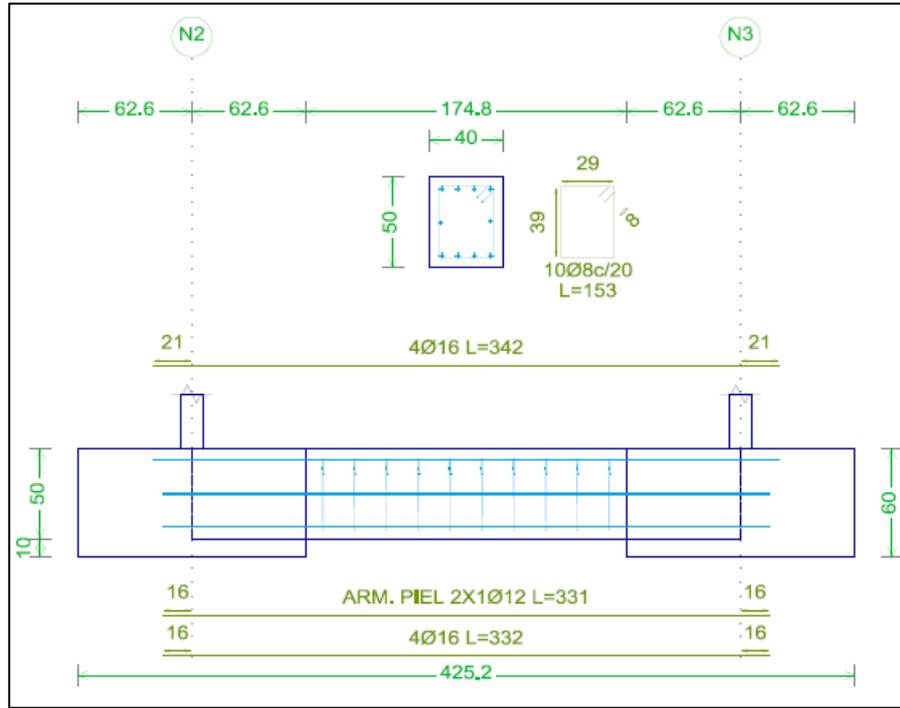
Ilustración 7. Modelo 3D de las vigas centradoras. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:

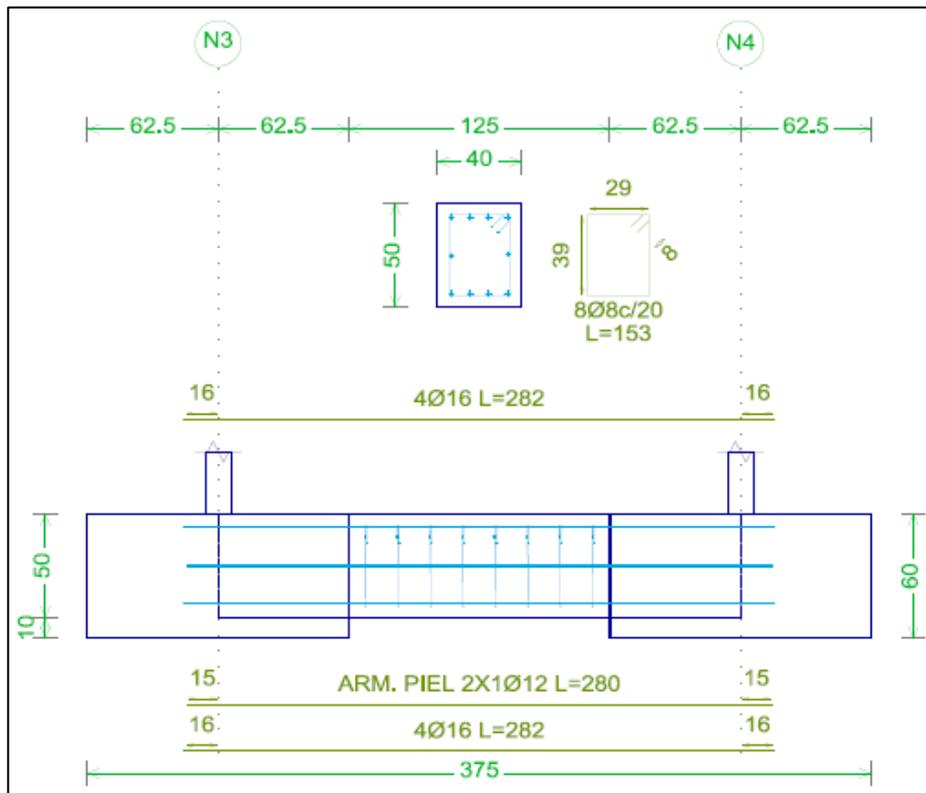
- Viga centradora 1 (VC 1)



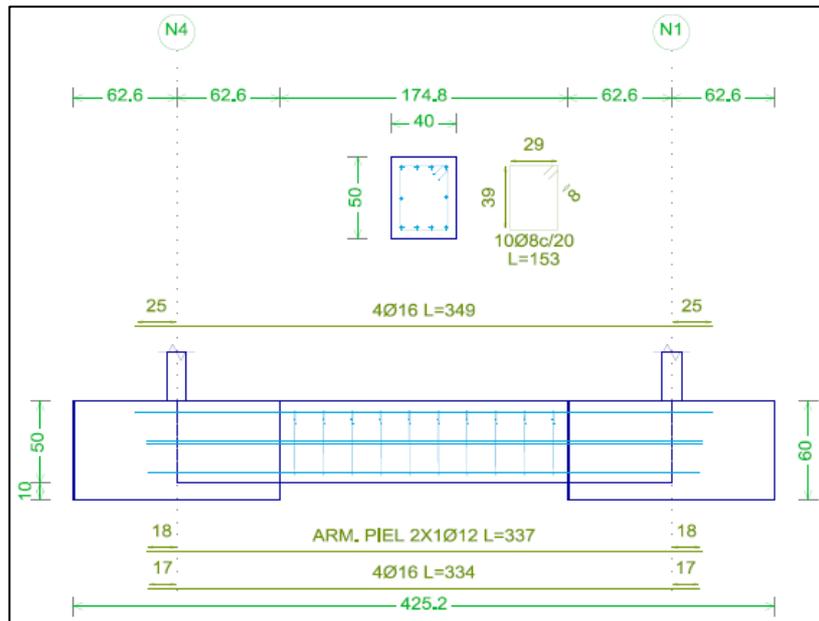
- Viga centradora 2 (VC 2)



- Viga centradora 3 (VC 3)



- Viga centradora 4 (VC 4)



Armaduras:

Como se puede obtener del detalle constructivo anterior, toda la armadura de la viga centradora está compuesta de barras corrugadas de acero B500S, con $Y_s = 1,15$ y hormigón HA-25, con $Y_c = 1,5$.

La tipología es la denominada VC.S-1.1 por el software CYPE 3D 2017.d y corresponde un ancho de 40 cm y un canto de 50 cm.

Tanto la armadura longitudinal superior como la inferior de la viga estará formada por 4 barras de diámetro 16 mm. Además, se requerirá de 1 barra de 12 mm como armadura de piel a ambos lados de la misma. Los estribos se dispondrán cada 20 cm y tendrán un diámetro de 8 mm.

Las vigas se distinguirán en las longitudes de los anclajes en los extremos de las vigas centradoras, sus valores se detallan tanto en los detalles como en los planos.

- **Vigas centradoras mayores.** Dispuestas en el lado del ascensor correspondiente a 2,5 metros de largo (VC 1 y VC 3). Contarán con 8 estribos y una longitud de 1,25 metros. Las longitudes de los anclajes en los extremos de las vigas centradoras, a contar desde el eje vertical central del encepado, variarán según la viga.

- **Vigas centradoras menores.** Dispuestas en el lado del ascensor correspondiente a 3 metros de ancho (VC 2 y VC4). Contarán con un total de 10 estribos y una longitud de 1,75 metros. Las longitudes de los anclajes en los extremos de las vigas centradoras, a contar desde el eje vertical central del encepado, variarán según la viga.

Comprobaciones:

- Viga centradora 1 (VC 1)

Referencia: VC.S-1.1 [N5-N36] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm		
-Armadura superior: 4Ø16		
-Armadura de piel: 1x2Ø12		
-Armadura inferior: 4Ø16		
-Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17 cm	Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.93 cm ² /m Calculado: 5.02 cm ² /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0033	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.004	Cumple

Referencia: VC.S-1.1 [N5-N36] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.004	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i>	Calculado: 8.04 cm ²	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.64 cm ²	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 3.83 cm ²	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta:	Momento flector: 0.66 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple
Situaciones persistentes:	Momento flector: -11.38 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 44 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 31 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 33 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 44 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 31 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 33 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 4.00 t	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple)		

- Viga centradora 2 (VC 2)

Referencia: VC.S-1.1 [N36-N35] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación máxima estribos:		
- Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17 cm	Cumple
Cuantía mínima para los estribos:		
- Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.93 cm ² /m Calculado: 5.02 cm ² /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0033	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.004	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.004	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i>	Calculado: 8.04 cm ²	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 3.26 cm ²	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 3.63 cm ²	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta:	Momento flector: 4.27 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple
Situaciones persistentes:	Momento flector: -5.08 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple

Referencia: VC.S-1.1 [N36-N35] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 19 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 19 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 3.09 t	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple)		

- Viga centradora 3 (VC 3)

Referencia: VC.S-1.1 [N35-N4] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple

Referencia: VC.S-1.1 [N35-N4] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 17 cm	Cumple Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i> - Armadura superior: - Armadura inferior: - Armadura de piel:	Máximo: 30 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 7.3 cm Calculado: 17 cm	Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima para los estribos: - Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.93 cm ² /m Calculado: 5.02 cm ² /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 0.0033 Calculado: 0.004 Calculado: 0.004	Cumple Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i> - Armadura inferior (Situaciones persistentes): - Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 8.04 cm ² Mínimo: 2.82 cm ² Mínimo: 2.63 cm ²	Cumple Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta: Situaciones persistentes:	Momento flector: 3.47 t·m Axil: ± 0.00 t Momento flector: -3.17 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple

Referencia: VC.S-1.1 [N35-N4] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje barras inferiores origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 2.54 t	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple)		

- Viga centradora 4 (VC 4)

Referencia: VC.S-1.1 [N4-N5] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	

Referencia: VC.S-1.1 [N4-N5] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación máxima estribos:		
- Situaciones persistentes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17 cm	Cumple
Cuantía mínima para los estribos:		
- Situaciones persistentes: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 3.93 cm ² /m Calculado: 5.02 cm ² /m	Cumple
Cuantía geométrica mínima armadura traccionada: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0033	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.004	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Calculado: 0.004	Cumple
Armadura mínima por cuantía mecánica de flexión compuesta: <i>Se aplica la reducción del artículo 42.3.2 (norma EHE-08)</i>	Calculado: 8.04 cm ²	
- Armadura inferior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 2.57 cm ²	Cumple
- Armadura superior (Situaciones persistentes):	Mínimo: 3.83 cm ²	Cumple
Comprobación de armadura necesaria por cálculo a flexión compuesta:	Momento flector: 3.07 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple
Situaciones persistentes:	Momento flector: -6.56 t·m Axil: ± 0.00 t	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores origen:		
- Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores origen:		
- Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 18 cm	Cumple

Referencia: VC.S-1.1 [N4-N5] (Viga centradora)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 4Ø16 -Estribos: 1xØ8c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje de las barras de piel origen: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras superiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje barras inferiores extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 18 cm	Cumple
Longitud de anclaje de las barras de piel extremo: - Situaciones persistentes: <i>El anclaje se realiza a partir del eje de los pilares</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 19 cm	Cumple
Comprobación de cortante: - Situaciones persistentes:	Cortante: 3.24 t	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple)		

5.4. MUROS DEL FOSO

Sobre los encepados y las vigas se apoyará un muro perimetral de 1,15 metros de altura y 0,3 metros de ancho que conformará el foso del ascensor. En total el muro tendrá una longitud aproximada de 11 metros y se tratará de un muro de hormigón armado.

Su coronación se situará al nivel del pavimento del acceso inferior y dará soporte a los pilares metálicos de la estructura vertical. Se ha dispuesto de forma que las placas de anclaje encajen con los muros de forma tanto dimensional como estructural.

En su coronación, se ha aplicado un incremento de cargas, esto es, un incremento de esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores procedentes de la estructura metálica vertical para el dimensionamiento, cálculo y comprobación del mismo.

Según la norma EHE-08, la disposición de la armadura, así como el dimensionamiento, los cálculos y las comprobaciones de los distintos elementos, se detallan en los siguientes apartados.

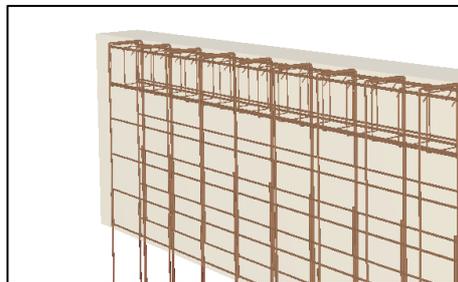
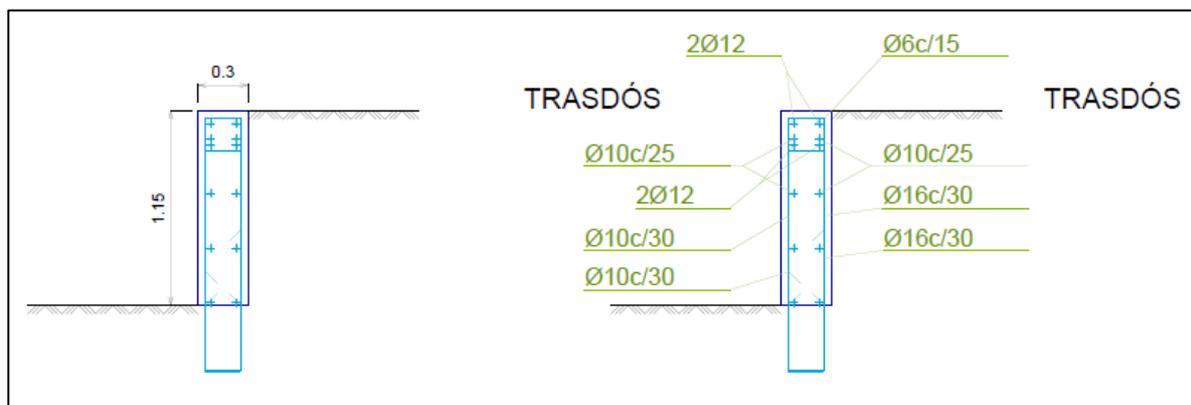


Ilustración 8. Modelo 3D de los muros del foso. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Armaduras:

Como se puede obtener del detalle constructivo anterior, tanto la armadura superior como la inferior de la zapata está compuesta de barras corrugadas de acero B500S, con $Y_s = 1,15$ y hormigón HA-25, con $Y_c = 1,5$.

El armado base horizontal del trasdós y del intradós tendrá un diámetro de 10 mm y se dispondrá cada 25 cm. El armado horizontal superior e inferior en la coronación estará formado por cuatro barras de 12 mm. Además, en la coronación, los estribos serán de 6 mm cada 15 cm.

El armado base vertical del trasdós tendrá un diámetro de 16 mm y del intradós de 10 mm y ambos se dispondrán cada 30 cm. Además, las longitudes de anclaje en la coronación serán de 21 cm y 20 cm, y en el solape de 20 cm y 45 cm. respectivamente.

El armado base vertical en el arranque será de 16 mm de diámetro en el trasdós y de 10 mm en el intradós cada 30 cm y con una longitud de la pata de 30 cm en el interior de las vigas centradoras y del encepado.

En suma, la descripción del armado será la siguiente:

CORONACIÓN	TRAMOS				
	Núm.	Intradós		Trasdós	
Armadura superior / 2Ø12: inferior / 2Ø12 Estribos: Ø6c/15 Canto viga: 25 cm Anclaje intradós / trasdós: 21 / 20 cm		Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
	1	Ø10c/30	Ø10c/25	Ø16c/30	Ø10c/25
		Solape: 0.2		Solape: 0.45	

Comprobaciones:

Referencia: Muros del foso		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 36.12 t/m Calculado: 1.64 t/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: <i>Jiménez Salas, J.A.. Geotecnia y Cimientos II, (Cap. 12)</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Trasdós:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Intradós:	Calculado: 24 cm	Cumple

Referencia: Muros del foso		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i> - Trasdós: - Intradós:	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm Calculado: 25 cm	 Cumple Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i> - Trasdós (-1.15 m): - Intradós (-1.15 m):	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.00104 Calculado: 0.00104	 Cumple Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal > 20% Cuantía vertical)</i> - Trasdós: - Intradós:	Calculado: 0.00104 Mínimo: 0.00044 Mínimo: 0.00017	 Cumple Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: - Trasdós (-1.15 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.00223	 Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: - Trasdós (-1.15 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00191 Calculado: 0.00223	 Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida: - Intradós (-1.15 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.00036 Calculado: 0.00087	 Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida: - Intradós (-1.15 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i>	Mínimo: 0.00023 Calculado: 0.00087	 Cumple
Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i> - Trasdós, vertical: - Intradós, vertical:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26.8 cm Calculado: 28 cm	 Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i> - Armadura vertical Trasdós, vertical: - Armadura vertical Intradós, vertical:	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm Calculado: 30 cm	 Cumple Cumple
Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por unidad de longitud de muro</i>		Cumple
Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 23.62 t/m Calculado: 1.4 t/m	Cumple

Referencia: Muros del foso		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de fisuración:	Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm	Cumple
Longitud de solapes: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5.2</i>		
- Base trasdós:	Mínimo: 0.44 m Calculado: 0.45 m	Cumple
- Base intradós:	Mínimo: 0.2 m Calculado: 0.2 m	Cumple
Comprobación del anclaje del armado base en coronación: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i>		
- Trasdós:	Mínimo: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Intradós:	Mínimo: 0 cm Calculado: 21 cm	Cumple
Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i>	Mínimo: 2.2 cm ² Calculado: 2.2 cm ²	Cumple
Canto mínimo viga coronación: <i>Criterio de CYPE Ingenieros: el canto de la viga debe ser mayor que el ancho de la viga o 25 cm</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Área mínima estribos viga coronación: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Mínimo: 1.9 cm ² /m Calculado: 3.76 cm ² /m	Cumple
Separación máxima entre estribos: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.4.1</i>	Máximo: 18.7 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -1.15 m		
- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -1.15 m		
- Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -1.15 m, Md: 1.48 t·m/m, Nd: 49.86 t/m, Vd: 1.65 t/m, Tensión máxima del acero: 0.000 t/cm ²		
- Sección crítica a cortante: Cota: -0.89 m		

Medición:

La suma de todos los armados, incluyendo las mermas de acero, serán las siguientes:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15					Hormigón (m ³)
	Ø6	Ø10	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Yc=1.5
Longitud Total (m)	79.77	239.91	47.78	105.75	-	-
Peso Total (kg)	17.70	147.91	42.42	166.91	374.94	3.80

6. MURO EN MÉNSULA DE HORMIGÓN ARMADO

Se dispondrán de un muro en ménsula de hormigón armado en todo el perímetro del área de acceso inferior proyectado. Dicho muro contendrá las tierras del trasdós y delimitará tanto física como visualmente el área de espera inferior.

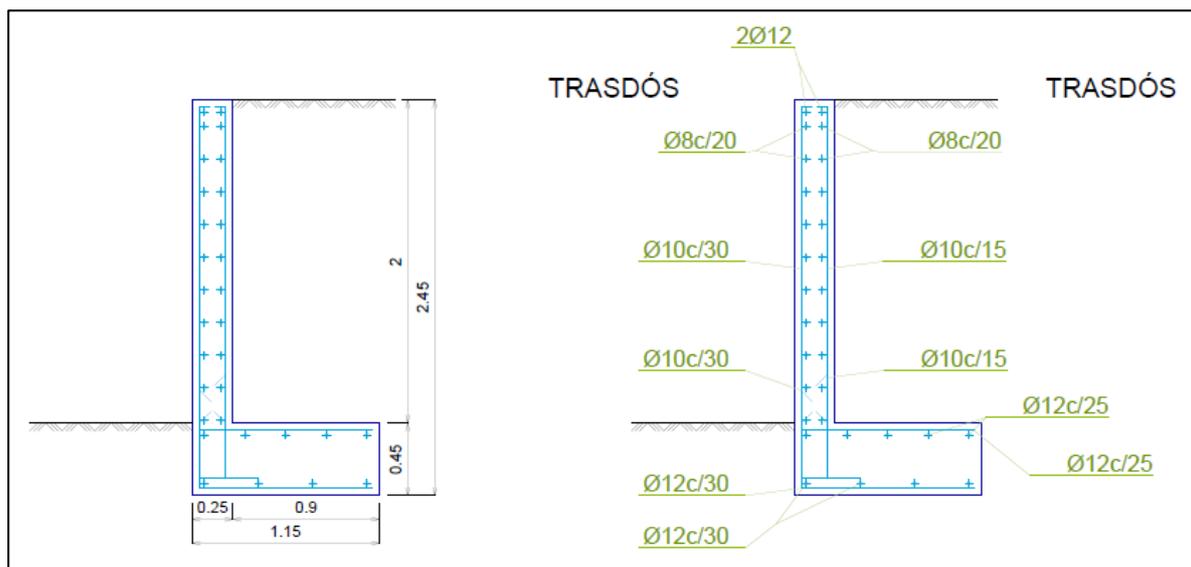
La cimentación será de tipo zapata corrida sin punera con canto de 45 cm sobre 10 cm de hormigón de limpieza y vuelo únicamente en el trasdós de 90 cm. La longitud total del muro en planta será de 22,825 metros y tendrá una altura constante de 2 metros con un espesor de 25 cm.

Según la norma EHE-08, la disposición de la armadura, así como el dimensionamiento, los cálculos y las comprobaciones de los distintos elementos, se detallan en los siguientes apartados.



Ilustración 9. Modelo 3D de los muros. Fuente: CYPE 3D

Detalle constructivo:



Armaduras:

Como se puede obtener del detalle constructivo anterior, tanto la armadura superior como la inferior de la zapata está compuesta de barras corrugadas de acero B500S, con $Y_s = 1,15$ y hormigón HA-25, con $Y_c = 1,5$.

El armado base horizontal del trasdós y del intradós tendrá un diámetro de 8 mm y se dispondrá cada 20 cm. El armado horizontal superior en la coronación estará formado por dos barras de 12 mm.

El armado base vertical del trasdós tendrá un diámetro de 10 mm cada 15 cm y con una longitud de anclaje en la coronación de 16 cm y de solape de 30 cm. En el caso del intradós, será de 10 mm cada 30 cm y una longitud de solape de 20 cm.

El armado base vertical en el arranque será de 10 mm de diámetro cada 15 cm en el trasdós y cada 30 cm en el intradós, ambas con una longitud de la pata de 30 cm.

En el caso de la zapata, el armado de la parrilla transversal tendrá 12 mm de diámetro cada 25 cm en la superior y cada 30 cm en la inferior, con una patilla en el intradós de 15 cm y 16 cm, respectivamente.

Tanto la armadura de la parrilla longitudinal superior como de la inferior de la zapata corrida bajo el muro tendrá un diámetro de 12 mm cada 25 cm y 30 cm, respectivamente.

En suma, la descripción de la coronación, la zapata corrida únicamente en el trasdós y de sus tramos será la siguiente:

CORONACIÓN				
Armadura superior: 2Ø12				
Anclaje intradós / trasdós: 16 / 16 cm				
TRAMOS				
Núm.	Intradós		Trasdós	
	Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
1	Ø10c/30 Solape: 0.2 m	Ø8c/20	Ø10c/15 Solape: 0.3 m	Ø8c/20

ZAPATA		
Armadura	Longitudinal	Transversal
Superior	Ø12c/25	Ø12c/25 Patilla Intradós / Trasdós: 15 / - cm
Inferior	Ø12c/30	Ø12c/30 Patilla intradós / trasdós: 16 / - cm
Longitud de pata en arranque: 30 cm		

Comprobaciones:

Referencia: Muro: Muros en ménsula de hormigón armado		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación a rasante en arranque muro: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 28.57 t/m Calculado: 1.83 t/m	Cumple
Espesor mínimo del tramo: <i>Jiménez Salas, J.A.. Geotecnia y Cimientos II, (Cap. 12)</i>	Mínimo: 20 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación libre mínima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 19.2 cm Calculado: 19.2 cm	Cumple Cumple
Separación máxima armaduras horizontales: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple
Cuantía geométrica mínima horizontal por cara: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple Cumple
Cuantía mínima mecánica horizontal por cara: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano". (Cuantía horizontal > 20% Cuantía vertical)</i>	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.00041 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple
Cuantía mínima geométrica vertical cara traccionada: - Trasdós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i>	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.00209	Cumple
Cuantía mínima mecánica vertical cara traccionada: - Trasdós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Mínimo: 0.00191 Calculado: 0.00209	Cumple

Referencia: Muro: Muros en ménsula de hormigón armado		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Cuantía mínima geométrica vertical cara comprimida:</p> <p>- Intradós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i></p>	<p>Mínimo: 0.00036 Calculado: 0.00104</p>	Cumple
<p>Cuantía mínima mecánica vertical cara comprimida:</p> <p>- Intradós (-2.00 m): <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.3</i></p>	<p>Mínimo: 0 Calculado: 0.00104</p>	Cumple
<p>Separación libre mínima armaduras verticales: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.4.1</i></p> <p>- Trasdós, vertical: - Intradós, vertical:</p>	<p>Mínimo: 3.7 cm Calculado: 13 cm Calculado: 28 cm</p>	Cumple Cumple
<p>Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i></p> <p>- Armadura vertical Trasdós, vertical: - Armadura vertical Intradós, vertical:</p>	<p>Máximo: 30 cm Calculado: 15 cm Calculado: 30 cm</p>	Cumple Cumple
<p>Comprobación a flexión compuesta: <i>Comprobación realizada por unidad de longitud de muro</i></p>		Cumple
<p>Comprobación a cortante: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i></p>	<p>Máximo: 15.23 t/m Calculado: 1.46 t/m</p>	Cumple
<p>Comprobación de fisuración: <i>Norma EHE-08. Artículo 49.2.3</i></p>	<p>Máximo: 0.3 mm Calculado: 0 mm</p>	Cumple
<p>Longitud de solapes: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5.2</i></p> <p>- Base trasdós: - Base intradós:</p>	<p>Mínimo: 0.28 m Calculado: 0.3 m Mínimo: 0.2 m Calculado: 0.2 m</p>	Cumple Cumple
<p>Comprobación del anclaje del armado base en coronación: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i></p> <p>- Trasdós: - Intradós:</p>	<p>Calculado: 16 cm Mínimo: 16 cm Mínimo: 0 cm</p>	Cumple Cumple
<p>Área mínima longitudinal cara superior viga de coronación: <i>Criterio J.Calavera. "Muros de contención y muros de sótano".</i></p>	<p>Mínimo: 2.2 cm² Calculado: 2.2 cm²</p>	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
<p>Información adicional:</p> <p>- Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Trasdós: -2.00 m - Cota de la sección con la mínima relación 'cuantía horizontal / cuantía vertical' Intradós: -2.00 m</p>		

Referencia: Muro: Muros en ménsula de hormigón armado		
Comprobación	Valores	Estado
- Sección crítica a flexión compuesta: Cota: -2.00 m, Md: 1.22 t·m/m, Nd: 1.25 t/m, Vd: 1.83 t/m, Tensión máxima del acero: 1.005 t/cm ² - Sección crítica a cortante: Cota: -1.79 m		
Referencia: Zapata corrida: Muros en ménsula de hormigón armado		
Comprobación	Valores	Estado
Comprobación de estabilidad: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
- Coeficiente de seguridad al vuelco:	Mínimo: 2 Calculado: 2.14	Cumple
- Coeficiente de seguridad al deslizamiento:	Mínimo: 1.5 Calculado: 1.84	Cumple
Canto mínimo: - Zapata: <i>Norma EHE-08. Artículo 58.8.1</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Tensiones sobre el terreno: <i>Valor introducido por el usuario.</i>		
- Tensión media:	Máximo: 2.038 kp/cm ² Calculado: 0.508 kp/cm ²	Cumple
- Tensión máxima:	Máximo: 2.548 kp/cm ² Calculado: 1.33 kp/cm ²	Cumple
Flexión en zapata: <i>Comprobación basada en criterios resistentes</i>		
- Armado superior trasdós:	Mínimo: 1.51 cm ² /m Calculado: 4.52 cm ² /m	Cumple
- Armado inferior trasdós:	Mínimo: 0 cm ² /m Calculado: 3.77 cm ² /m	Cumple
Esfuerzo cortante: - Trasdós: <i>Norma EHE-08. Artículo 44.2.3.2.1</i>	Máximo: 22.73 t/m Calculado: 2.97 t/m	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Norma EHE-08. Artículo 69.5</i>		
- Arranque trasdós:	Mínimo: 15 cm Calculado: 37.6 cm	Cumple
- Arranque intradós:	Mínimo: 15 cm Calculado: 37.6 cm	Cumple
- Armado inferior trasdós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
- Armado inferior intradós (Patilla):	Mínimo: 15 cm Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior trasdós (Patilla):	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple

Referencia: Muro: Muros en ménsula de hormigón armado		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior intradós (Patilla):	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Recubrimiento: - Lateral: <i>Norma EHE-08. Artículo 37.2.4.1</i>	Mínimo: 7 cm Calculado: 7 cm	Cumple
Diámetro mínimo: <i>Norma EHE-08. Artículo 58.8.2.</i> - Armadura transversal inferior: - Armadura longitudinal inferior: - Armadura transversal superior: - Armadura longitudinal superior:	Mínimo: Ø12 Calculado: Ø12 Calculado: Ø12 Calculado: Ø12 Calculado: Ø12	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.1</i> - Armadura transversal inferior: - Armadura transversal superior: - Armadura longitudinal inferior: - Armadura longitudinal superior:	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm Calculado: 25 cm Calculado: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i> - Armadura transversal inferior: - Armadura transversal superior: - Armadura longitudinal inferior: - Armadura longitudinal superior:	Mínimo: 10 cm Calculado: 30 cm Calculado: 25 cm Calculado: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.5</i> - Armadura longitudinal superior: - Armadura transversal superior:	Mínimo: 0.001 Calculado: 0.001 Calculado: 0.001	Cumple Cumple
Cuantía mecánica mínima: - Armadura longitudinal superior: <i>Norma EHE-08. Artículo 55</i> - Armadura transversal superior: <i>Norma EHE-08. Artículo 42.3.2</i>	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.00025 Mínimo: 0.00047	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Momento flector pésimo en la sección de referencia del trasdós: 2.04 t·m/m		

Medición:

La suma de todos los armados, incluyendo las mermas de acero, serán las siguientes:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15				Hormigón (m ³)	
	Ø8	Ø10	Ø12	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Longitud Total (m)	418.18	586.41	393.20	-	-	-
Peso Total (kg)	165.02	361.54	349.08	875.64	17.72	2.00

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA INSTALACIÓN.....	5
2.1. DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR.....	5
2.2. ILUMINANCIA HORIZONTAL EN UN PUNTO DE UNA SUPERFICIE.....	5
2.3. ILUMINANCIA MEDIA HORIZONTAL.....	6
2.4. ILUMINANCIA MÍNIMA HORIZONTAL.....	6
2.5. LUMINANCIA EN UN PUNTO DE LA SUPERFICIE.....	6
2.6. LUMINANCIA MEDIA DE UNA SUPERFICIE.....	6
2.7. UNIFORMIDAD GLOBAL DE LUMINANCIAS.....	7
2.8. UNIFORMIDAD MEDIA DE ILUMINANCIAS.....	7
2.9. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN.....	7
2.9.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	7
2.9.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	7
2.9.3. MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	8
2.9.4. REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	8
2.9.5. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO.....	10
2.10. DESLUMBRAMIENTOS.....	10
3. ELEMENTOS COMUNES A TODAS LAS INSTALACIONES.....	12
3.1. PUESTA A TIERRA.....	12
3.2. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO.....	13
3.3. CABLEADO.....	13
3.3.1. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES.....	14
3.3.2. DEFINICIÓN DE LAS CONDUCCIONES.....	15
3.3.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.....	15
4. CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTO, PROXIMIDADES Y PARALELISMO.....	16
4.1. CRUZAMIENTOS.....	16
5. ILUMINACIÓN DE LA PASARELA.....	17
5.1. CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE PROYECTO.....	17
5.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	18
5.3. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN.....	19
5.3.1. LUMINARIAS.....	20
5.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	21
5.5. CÁLCULOS DE LA ILUMINACIÓN.....	22

5.5.1. RESULTADOS.....	23
6. ILUMINACIÓN DE LOS ACCESOS.....	24
6.1. CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE PROYECTO	24
6.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	25
6.3. COMPONENTES DE ILUMINACIÓN	26
6.3.1. LUMINARIAS.....	26
6.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	28
6.5. LÁMPARAS.....	29
6.6. CÁLCULOS DE LA ILUMINACIÓN	29
6.6.1. RESULTADOS.....	30
7. INSTALACIÓN DEL ASCENSOR	31
7.1. CARACTERÍSTICAS DEL ASCENSOR.....	32
8. CÁLCULOS ELÉCTRICOS	35
8.1. PASARELA.....	35
8.2. ACCESOS	36
8.2.1. ACCESO SUPERIOR	36
8.2.2. ACCESO INFERIOR	36
8.3. ASCENSOR.....	37

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Instalación eléctrica del Proyecto. Fuente: Autor	4
Ilustración 2. Pasarelas peatonales. Fuente: GTEEI-AP	18
Ilustración 3. Luminarias BOB18. Fuente: Linea Light S.R.L.....	20
Ilustración 4. Fotometría de las luminarias BOB18. Fuente: Linea Light S.R.L.....	21
Ilustración 5. Instalación eléctrica de la pasarela. Fuente: Autor	23
Ilustración 6. Luminarias existentes en la calle Gas. Fuente: Autor	24
Ilustración 7. Luminarias próximas. Fuente: Autor	26
Ilustración 8. Luminarias propuestas. Fuente: LUG	27
Ilustración 9. Luminarias LUG. Fuente: LUG.....	27
Ilustración 10. Fotometría de las luminarias LUG. Fuente: LUG	28
Ilustración 11. Instalación eléctrica de la explanada inferior. Fuente: Autor.....	30
Ilustración 12. Ascensor Orona 3G 2016. Fuente: Orona.....	32
Ilustración 13. Características generales Orona 3G 2016. Fuente: Orona	33
Ilustración 14. Características principales Orona 3G 2016. Fuente: Orona	33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos mínimos en vial funcional. Fuente: ITC-EA-01	9
Tabla 2. Requisitos mínimos en vial ambiental. Fuente: ITC-EA-01.....	9
Tabla 3. Calificación energética de una instalación de alumbrado. Fuente: ITC-EA-01	10
Tabla 4. Clases D de índice de deslumbramiento. Fuente: ITC-EA-01	11
Tabla 5. Índice de deslumbramiento en función de la altura de montaje. Fuente: ITC-EA-01.....	11
Tabla 6. Intensidad máxima admisible en amperios (40°C). Fuente: ITC-BT-07	14
Tabla 7. Clasificación vías peatonales. Fuente: GTEEI-AP.....	17
Tabla 8. Clases de alumbrado para vías peatonales. Fuente: GTEEI-AP	18
Tabla 9. Clases de alumbrado serie CE. Fuente: GTEEI-AP.....	19
Tabla 10. Datos referentes a las luminarias. Fuente: Autor	22
Tabla 11. Resultados referentes a la pasarela. Fuente: DIALux.....	23
Tabla 12. Clases de alumbrado para vías peatonales. Fuente: GTEEI-AP	25
Tabla 13. Iluminancia horizontal en el área de la calzada. Fuente: GTEEI-AP	25
Tabla 14. Datos referentes a las luminarias. Fuente: Autor	29
Tabla 15. Resultados referentes a la explanada inferior. Fuente: DIALux.....	30
Tabla 16. Dimensiones del ascensor Orona 3G 2016. Fuente: Orona	34

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se definirán y justificarán las distintas soluciones adoptadas en el ámbito de la instalación eléctrica. Se detallarán las características y la disposición de las luminarias a lo largo de la pasarela peatonal, las zonas de espera y el ascensor para la correcta visibilidad y accesibilidad según la normativa.

La finalidad del presente anexo es establecer las condiciones técnicas de diseño, ejecución y mantenimiento que debe reunir dicho alumbrado exterior. En concreto, se desea obtener la mejora de la eficiencia y ahorro energético, la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, la limitación del resplandor luminoso nocturno o contaminación luminosa, la reducción de la luz intrusa o molesta y el establecimiento de los valores mínimos para los niveles de iluminación.

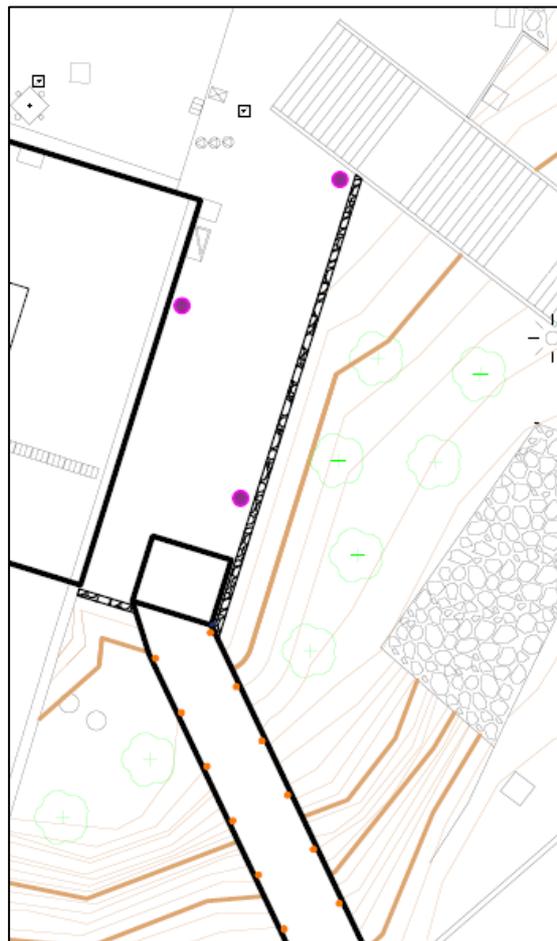


Ilustración 1. Instalación eléctrica del Proyecto. Fuente: Autor

2. PARÁMETROS CARACTERÍSTICOS DE LA INSTALACIÓN

En toda instalación eléctrica existe una serie de parámetros que deben considerarse en el proceso de dimensionamiento. Dichas medidas pueden ser significativas en la elección de soluciones, por ello, y previo al cálculo de la iluminación necesaria, se estudiarán y definirán los parámetros definidos en el *Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07*.

2.1. DESLUMBRAMIENTO PERTURBADOR

Se define como el deslumbramiento que perturba la visión de los objetos sin causar necesariamente una sensación desagradable. La medición de la pérdida de visibilidad producida por el deslumbramiento perturbador, ocasionado por las luminarias de la instalación de alumbrado público, se efectúa mediante el incremento de umbral de contraste. Su símbolo TI, carece de unidades y su expresión, en función de la luminancia de velo L_v y la luminancia media de la calzada L_m (entre 0,05 y 5 cd/m²), es la siguiente.

$$TI = 65 \frac{L_v}{(L_m)^{0.8}} \text{ (en \%)}$$

Donde:

TI = Incremento de umbral correspondiente al deslumbramiento perturbador

L_v = Luminancia de velo total en cd/m².

L_m = Luminancia media de la calzada en cd/m².

2.2. ILUMINANCIA HORIZONTAL EN UN PUNTO DE UNA SUPERFICIE

Se trata del cociente entre el flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto y el área de ese elemento. Su símbolo es E y la unidad el lux (lm/m²).

La expresión de la iluminancia horizontal en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, definida por las coordenadas (C, γ) en la dirección del mismo, y de la altura h de montaje de la luminaria, es la siguiente.

$$E = \frac{l(c, \gamma) \cdot \cos^3 \gamma}{h^2}$$

2.3. ILUMINANCIA MEDIA HORIZONTAL

Valor medio de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es E_m y se expresa en lux.

2.4. ILUMINANCIA MÍNIMA HORIZONTAL

Valor mínimo de la iluminancia horizontal en la superficie considerada. Su símbolo es E_{min} y se expresa en lux.

2.5. LUMINANCIA EN UN PUNTO DE LA SUPERFICIE

Es la intensidad luminosa por unidad de superficie reflejada por la misma superficie en la dirección del ojo del observador. Su símbolo es L y su unidad la candela entre metro cuadrado (cd/m²).

La expresión de la luminancia en un punto P, en función de la intensidad luminosa que incide en dicho punto, de la altura h de montaje de la luminaria y de las características de reflexión del pavimento r (β , tg γ), es la siguiente.

$$L = \frac{l(c, \gamma) \cdot r(\beta, \text{tg } \gamma)}{h^2}$$

2.6. LUMINANCIA MEDIA DE UNA SUPERFICIE

Valor medio de la luminancia de la superficie considerada. Su símbolo es L_m y se expresa en cd/m².

2.7. UNIFORMIDAD GLOBAL DE LUMINANCIAS

Se define como la relación entre la luminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_0 y es adimensional.

2.8. UNIFORMIDAD MEDIA DE ILUMINANCIAS

Relación entre la iluminancia mínima y la media de la superficie de la calzada. Su símbolo es U_m y es adimensional.

2.9. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN

2.9.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA

Según la *Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-01. Eficiencia Energética* la eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\epsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$$

siendo:

ϵ =	eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior ($\text{m}^2 \cdot \text{lux}/\text{W}$)
P =	potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares) (W)
S =	superficie iluminada (m^2)
E_m =	iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento previsto (lux)

2.9.2. DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

- **Eficiencia de la lámpara y equipos auxiliares.** Es la relación entre el flujo luminoso emitido por una lámpara y la potencia total consumida por la lámpara más su equipo auxiliar.

- **Factor de mantenimiento.** Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.
- **Factor de utilización.** Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

Dichos factores se introducen en la siguiente ecuación para su determinación.

ϵ_L	=	eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares (lum/W= m ² lux/W)
f_m	=	factor de mantenimiento de la instalación (en valores por unidad)
f_u	=	factor de utilización de la instalación (en valores por unidad)
$\epsilon = \epsilon_L \cdot f_m \cdot f_u \left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}} \right)$		

2.9.3.MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores; eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de la instalación, sea máximo.

2.9.4.REQUISITOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Se definen como las **instalaciones de alumbrado vial funcional** de autopistas, autovías, carreteras y vías urbanas, consideradas en la *Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02* como situaciones de proyecto A y B.

Las instalaciones de alumbrado vial funcional, con independencia del tipo de lámpara, pavimento y de las características o geometría de la instalación, deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la siguiente tabla.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
$\leq 7,5$	9,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Tabla 1. Requisitos mínimos en vial funcional. Fuente: ITC-EA-01

Las **instalaciones de alumbrado vial ambiental** son las que se ejecutan generalmente sobre soportes de baja altura (3-5 m) en áreas urbanas para la iluminación de vías peatonales, comerciales, aceras, parques y jardines, centros históricos, vías de velocidad limitada, etc, considerados en la *Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02* como situaciones de proyecto C, D y E.

Las instalaciones de alumbrado vial ambiental, con independencia del tipo de lámpara y de las características o geometría de la instalación; dimensiones de la superficie a iluminar (longitud y anchura), así como disposición de las luminarias (tipo de implantación, altura y separación entre puntos de luz), deberán cumplir los requisitos mínimos de eficiencia energética que se fijan en la siguiente tabla.

Iluminancia media en servicio $E_m(\text{lux})$	EFICIENCIA ENERGÉTICA MÍNIMA $\left(\frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}\right)$
≥ 20	9
15	7,5
10	6
7,5	5
≤ 5	3,5

Nota - Para valores de iluminancia media proyectada comprendidos entre los valores indicados en la tabla, la eficiencia energética de referencia se obtendrán por interpolación lineal

Tabla 2. Requisitos mínimos en vial ambiental. Fuente: ITC-EA-01

2.9.5. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrados de señales y anuncios luminosos y festivos y navideños, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética.

Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía). El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética.

Calificación Energética	Índice de consumo energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$IE > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq IE > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq IE > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq IE > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq IE > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq IE > 0,20$
G	$ICE \geq 5,00$	$IE \leq 0,20$

Tabla 3. Calificación energética de una instalación de alumbrado. Fuente: ITC-EA-01

2.10. DESLUMBRAMIENTOS

Según la *Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-02. Mediciones luminotécnicas en las instalaciones de alumbrado*, el índice de deslumbramiento de una instalación de alumbrado vial funcional se limitará por medio del parámetro Deslumbramiento perturbador definido previamente.

Por el contrario, el índice de deslumbramiento de una instalación de alumbrado vial ambiental se determina mediante la siguiente ecuación.

$$D = I \cdot A^{-0,5} \text{ cd/m}^2$$

donde:

- I es el valor máximo de la intensidad luminosa (cd) en cualquier dirección que forme un ángulo de 85° con la vertical.
- A es el área aparente (m²) de las partes luminosas de la luminaria en un plano perpendicular a la dirección de la intensidad (I).

La siguiente tabla expone las clases D de índice de deslumbramiento que se utilizará para satisfacer los requisitos apropiados del deslumbramiento molesto para las luminarias de ambiente con superficie luminosa difusora, instaladas a baja altura.

Clase	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6
Índice de deslumbramiento máximo	-	7.000	5.500	4.000	2.000	1.000	500

Tabla 4. Clases D de índice de deslumbramiento. Fuente: ITC-EA-01

Para alumbrado de vías peatonales, las clases D de índice de deslumbramiento máximo en función de la altura h de montaje en metros de las luminarias, serán las indicadas en la siguiente tabla.

Altura de Montaje	Clases D
$h \leq 4,5$	D3
$4,5 < h \leq 6$	D2
$h > 6$	D1

Tabla 5. Índice de deslumbramiento en función de la altura de montaje. Fuente: ITC-EA-01

3. ELEMENTOS COMUNES A TODAS LAS INSTALACIONES

A continuación, se detallan y definen una serie de componentes comunes a todas las instalaciones objeto del presente Proyecto. En concreto, se hace mención a la puesta a tierra, a los sistemas de acondicionamiento y al cableado. Para ello, se tendrá en cuenta especialmente el *Reglamento electrotécnico para baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias ITC-BT-09. Instalaciones de alumbrado exterior*.

3.1. PUESTA A TIERRA

Según el *Reglamento electrotécnico para baja tensión e Instrucciones técnicas complementarias ITC-BT-01 A ITC-BT-51*, la máxima resistencia de puesta a tierra será tal que, a lo largo de la vida de la instalación y en cualquier época del año, no se puedan producir tensiones de contacto mayores de 24 V, en las partes metálicas accesibles de la instalación (soportes, cuadros metálicos, etc.).

La puesta a tierra de los soportes se realizará por conexión a una red de tierra común para todas las líneas que partan del mismo cuadro de protección, medida y control.

En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra cada 5 soportes de luminarias, y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea.

Los conductores de la red de tierra que unen los electrodos deberán ser aislados, mediante cables de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, con conductores de cobre, de sección mínima 16 mm² para redes subterráneas, y de igual sección que los conductores de fase para las redes posadas, en cuyo caso irán por el interior de las canalizaciones de los cables de alimentación.

El conductor de protección que une de cada soporte con el electrodo o con la red de tierra, será de cable unipolar aislado, de tensión asignada 450/750 V, con recubrimiento de color verde-amarillo, y sección mínima de 16 mm² de cobre.

Todas las conexiones de los circuitos de tierra, se realizarán mediante terminales, grapas, soldadura o elementos apropiados que garanticen un buen contacto permanente y protegido contra la corrosión.

3.2. SISTEMAS DE ACONDICIONAMIENTO

Según se detalla en la *Instrucción Técnica Complementaria ITC-EA-04. Componentes de las instalaciones*, los sistemas de accionamiento deberán garantizar que las instalaciones de alumbrado exterior se enciendan y apaguen con precisión a las horas previstas cuando la luminosidad ambiente lo requiera, al objeto de ahorrar energía.

Toda instalación de alumbrado exterior con una potencia de lámparas y equipos auxiliares superiores a 5 kW, deberá incorporar un sistema de accionamiento por reloj astronómico o sistema de encendido centralizado.

La instalación eléctrica proyectada es holgadamente superior a dicha cifra, por lo que, se llevará a cabo el sistema de encendido centralizado.

3.3. CABLEADO

Según el *Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT) e Instrucciones técnicas complementarias ITC-BT-01 A ITC-BT-51* los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre y estarán aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos.

Estarán además debidamente protegidos contra la corrosión que pueda provocar el terreno donde se instalen y tendrán la resistencia mecánica suficiente para soportar los esfuerzos a que puedan estar sometidos.

Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV, y deberán cumplir los requisitos especificados en la parte correspondiente de la *Norma UNE-HD 603*. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y, en todo caso, esta sección no será inferior a 6 mm² para conductores de cobre.

Mediante tres conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será igual a la de los conductores de fase.

El modelo de cable a utilizar es NYCY de NAKASE y presenta las siguientes características:

- Conductor de cobre desnudo con aislamiento a base de PVC.
- Temperaturas en el conductor de entre -40°C y 70°C.
- Cable flexible de clase 5.
- No propagación de la llama.
- No propagación del incendio.

3.3.1. INTENSIDADES MÁXIMAS ADMISIBLES

En la siguiente tabla se indican las intensidades máximas permanentes admisibles en los diferentes tipos de cables en función de su sección y del material que los protege para cables con conductores de cobre en instalación enterrada (servicio permanente).

Sección nominal mm ²	Terna de cables unipolares (1) (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
	Tipo de aislamiento					
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Tabla 6. Intensidad máxima admisible en amperios (40°C). Fuente: ITC-BT-07

3.3.2. DEFINICIÓN DE LAS CONDUCCIONES

A continuación, se definen aspectos constructivos tales como características de las zanjas por las que discurrirán las conducciones, su trazado, protecciones mecánicas y señalizaciones que deben albergar, distancias entre distintos tipos de servicios, etc.

3.3.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Los cables aislados irán dispuestos en zanja ya que se ha proyectado una instalación subterránea, siguiendo el *Reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT)*, se tomarán las indicaciones descritas para llevar a cabo las canalizaciones de los conductores:

- Las canalizaciones se dispondrán por terrenos de dominio público y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo aceras o paseos peatonales.
- El trazado será lo más rectilíneo posible y, deberán tenerse en cuenta los radios de curvatura mínimos, fijados por los fabricantes (o en su defecto los indicados en las normas de la serie UNE 20.435), a respetar en los cambios de dirección. La profundidad, hasta la parte inferior del cable, será mayor de 0,60 m.
- Para conseguir que el cable quede correctamente instalado sin haber recibido daño alguno, y que ofrezca seguridad frente a excavaciones hechas por terceros, en la instalación de los cables se seguirán las instrucciones descritas a continuación:
 - El lecho de la zanja que va a recibir que el cable será liso y estará libre de aristas vivas, cantos, piedras, etc. En el mismo se dispondrá una capa de arena de mina o de río lavada, de espesor mínimo 0,05 m sobre la que se colocará el cable.
 - Por encima del cable irá otra capa de arena o tierra cribada de unos 0,10 m de espesor. Ambas capas cubrirán la anchura total de la zanja, la cual será suficiente para mantener 0,05 m entre los cables y las paredes laterales.
 - Por encima de la arena, todos los cables deberán tener una protección mecánica, como, losetas de hormigón o placas protectoras de plástico. Se colocará también una cinta de señalización, a una distancia mínima del suelo de 0,10 m y a de la parte superior del cable de 0,25 m, que advierta de la existencia de los cables.

4. CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTO, PROXIMIDADES Y PARALELISMO

4.1. CRUZAMIENTOS

A continuación se fijan, las condiciones a las que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de baja tensión directamente enterrados:

- **Calles y carreteras.** Los cables se colocarán en el interior de tubos protectores conforme con lo establecido en la ITC-BT-21, recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.
- **Cables de telecomunicación.** La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. La distancia del punto de cruce a los empalmes, tanto del cable de energía como del cable de telecomunicación, será superior a 1 m.
- **Canalizaciones de agua y gas.** La distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. La distancia mínima entre los empalmes de los cables de energía eléctrica y las juntas de canalizaciones será de 1 m.
- **Acometidas (conexiones de servicio).** En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente, se produzcan en el tramo de acometida a un edificio deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

5. ILUMINACIÓN DE LA PASARELA

El alumbrado de la pasarela peatonal será fundamental para el tránsito de usuarios en condiciones de seguridad, en especial, durante las horas nocturnas.

De este modo, la zona a iluminar será el tablero con los criterios y niveles de iluminación del alumbrado de las vías peatonales.

Para determinar dichos niveles se ha considerado la *Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación. Alumbrado Público (GTEEI-AP)*, ya que resulta más exigente que el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado exterior*.

5.1. CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE PROYECTO

El nivel de iluminación requerido por la vía depende de los siguientes factores:

- La complejidad de trazado.
- Tipo de vía.
- Intensidad y sistema de control del tráfico.
- La separación entre carriles destinados a distintos tipos de usuarios.

El criterio de clasificación por el que se rige la normativa es la velocidad de circulación, que se expone según el tipo de usuarios que transiten la vía, como muestra la tabla.

VÍAS PEATONALES					
TIPOS DE VÍAS	TIPOS DE USUARIOS				SITUACIONES DE PROYECTO
	M	S	C	P	
<ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera. • Áreas comerciales peatonales. 					E1
<ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. 					E2

Tabla 7. Clasificación vías peatonales. Fuente: GTEEI-AP

En concreto, el tablero se definirá como una situación de proyecto E1, ya que la pasarela proyectada es un espacio peatonal de conexión.

5.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN

Para obtener los niveles de iluminación mínimos resulta necesario definir la clase de alumbrado para la situación de proyecto definida anteriormente de la siguiente tabla.

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VÍAS	CLASE DE ALUMBRADO*
E 1	<ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera • Áreas comerciales peatonales. 	
	- Parámetros específicos dominantes	
	Flujo de tráfico de peatones	CE 1A
	Alto	CE 2
	Normal	S 1
		S 2
		S 3
		S 4
	- Parámetros específicos complementarios	
	Niveles de luminosidad ambiental	
E 2	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. 	
	- Parámetros específicos dominantes	
	Flujo de tráfico de peatones	CE 1A
	Alto	CE 2
	Normal	S 1
		S 2
		S 3
		S 4
	- Parámetros específicos complementarios	
	Niveles de luminosidad ambiental	

Tabla 8. Clases de alumbrado para vías peatonales. Fuente: GTEEI-AP

Considerando un flujo de tráfico de peatones alto, según el Anexo 2. Estudio de viabilidad, la clase de alumbrado corresponde con los tipos CE1A, CE2 y S1.

La Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación. Alumbrado Público (GTEEI-AP) indica que las pasarelas peatonales deberán cumplir con las siguientes características.

5.6.1. Pasarelas peatonales

Cualquiera que sea el emplazamiento y el ambiente del entorno de la pasarela peatonal, su instalación de alumbrado deberá integrarse armoniosamente en el conjunto.

La clase de alumbrado o nivel luminoso será CE1 y, en caso de riesgo de criminalidad, podrá adoptarse la clase CEo. Estos mismos niveles se aplicarán a las escaleras y rampas de acceso, en el supuesto de que las precise la pasarela, implantando adecuadamente los puntos de luz, de forma que exista una diferencia de luminancia entre la huella y la contrahuella que asegure una buena percepción de los peldaños.

Ilustración 2. Pasarelas peatonales. Fuente: GTEEI-AP

En concreto, indica que la clase de alumbrado o nivel luminoso será CE1 y, que en caso de riesgo de criminalidad, podrá adoptarse la clase CE0. El riesgo de criminalidad en el Proyecto no resulta significativo, por lo que, el nivel de luminosidad necesario será CE1.

Clase de Alumbrado *	Iluminancia horizontal	
	Iluminancia Media E_m (lux)	Uniformidad Media U_m
CE0	50	0,40
CE1	30	0,40
CE1A	25	0,40
CE2	20	0,40
CE3	15	0,40
CE4	10	0,40
CE5	7,5	0,40

** Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio, debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.*

Tabla 9. Clases de alumbrado serie CE. Fuente: GTEEI-AP

En la tabla anterior se definen las características de iluminancia horizontal que deben cumplir las clases de alumbrado CE. Para la clase CE1, los parámetros son:

- Iluminancia media (E_m) = 30 lux
- Uniformidad media (U_m) = 0,4

5.3. COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN

A continuación, se definen los distintos elementos que componen la instalación proyectada referente al tablero de la pasarela peatonal, estos son, las luminarias, las dimensiones, el montaje, la fotometría, etc.

5.3.1. LUMINARIAS

La iluminación del tablero se propone mediante luminarias BOB18 de LINEA LIGHT S.R.L. empotradas en el propio tablero de la pasarela peatonal. Se dispondrán a ambos lados de la misma de forma bilateral paralela y sus características serán las siguientes:

- **Dimensiones.** En la siguiente ilustración se presenta la luminaria escogida. Dicha luminaria, de superficie redondeada, presenta un diámetro de 185 mm y una profundidad de 130 mm.



Ilustración 3. Luminarias BOB18. Fuente: Linea Light S.R.L.

- **Materiales.** El cuerpo y la montura están formados por aluminio texturado y el difusor es de vidrio transparente.
- **Disposición.** La implantación es bilateral paralela, esto es, se dispondrán a ambos lados de la pasarela peatonal.
- **Montaje.** La superficie superior deberá estar enrasada con la superficie del tablero.
- **Fotometría.** Se adjunta la fotometría de la luminaria ofrecida por LINEA LIGHT S.R.L.

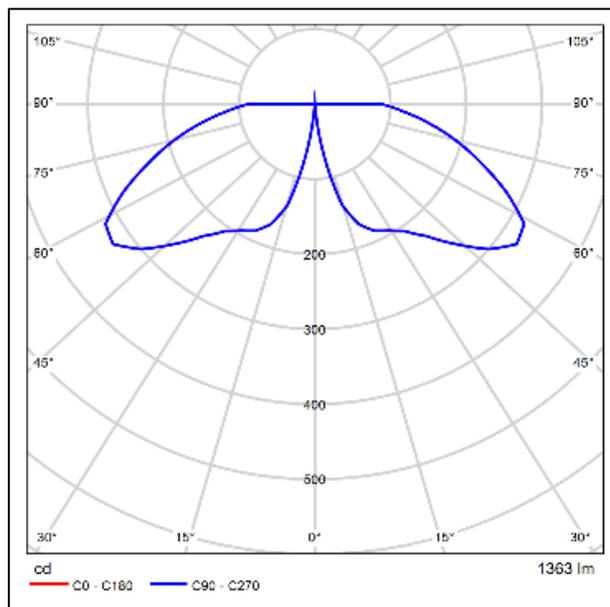


Ilustración 4. Fotometría de las luminarias BOB18. Fuente: Linea Light S.R.L.

5.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Según la *ITC-BT-09*, en la instalación eléctrica en el interior de los soportes de la luminaria, se deberán respetar los siguientes aspectos:

- Los conductores serán de cobre, aislados mediante PVC, de sección mínima $2,5 \text{ mm}^2$, y de tensión asignada 0,6/1kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.
- En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.
- La conexión a los terminales estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.
- Las partes metálicas de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra.

5.5. CÁLCULOS DE LA ILUMINACIÓN

A continuación, se calcula y determina la posición de las luminarias de modo que se superen los valores mínimos de los parámetros característicos de iluminación acordes con la clase de alumbrado expuesta.

Para ello, se ha hecho uso del software DIALux evo 9.2. Dicho programa, realiza los cálculos de iluminación sobre una superficie definida una vez escogidas y ubicadas las luminarias que se consideren. El procedimiento seguido ha sido el siguiente.

En primer lugar, se ha trasladado la superficie exterior a iluminar al software y se ha definido la geometría de la misma, esto es, un tablero de 68 metros de largo por 2,5 metros de ancho.

Posteriormente, se ha escogido el tipo de luminaria y se han ubicado según las características previamente definidas; con una implantación bilateral paralela, permitiendo el paso libre mínimo de 2,2 metros en el centro de la pasarela y desarrollándose a lo largo de su totalidad.

CARACTERÍSTICAS – BOB18		
Número de luminarias		62
Distancia entre luminarias		2,2 m
Flujo Φ luminaria		1.369 lm
Flujo Φ luminaria total		84.506 lm
Potencia P		14 W
Potencia P total		868 W
Rendimiento lumínico		97,8 lm/W
CCT		3.000 K
CRI 80	IP 66	IK 09

Tabla 10. Datos referentes a las luminarias. Fuente: Autor

Por último, se ha procedido al cálculo de la superficie de estudio teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior referente a las luminarias y, tras su revisión, se han emitido una serie de resultados.

5.5.1. RESULTADOS

Los resultados simplificados de los informes generados por el software DIALux son los siguientes. Señalar que cumplen con las condiciones anteriormente expuestas.

CARACTERÍSTICAS - PASARELA	
$E_{mín}$	33,4 lux
E_m	64,8 lux
$E_{máx}$	73,4 lux
$U_m = E_{mín}/E_m$	0,52
$E_{mín}/E_{máx}$	0,46

Tabla 11. Resultados referentes a la pasarela. Fuente: DIALux

A continuación, se muestra la disposición de la iluminación de la pasarela peatonal.



Ilustración 5. Instalación eléctrica de la pasarela. Fuente: Autor

6. ILUMINACIÓN DE LOS ACCESOS

El alumbrado de los accesos será fundamental para el tránsito de usuarios en condiciones de seguridad, en especial, durante las horas nocturnas. De esta forma, se dará continuidad visual y lumínica entre las calles actuales y el futuro Proyecto evitando situaciones de inseguridad o peligrosidad.

De este modo, la zona a iluminar será la explanada inferior de acceso con los criterios y niveles de iluminación del alumbrado de las vías peatonales. Únicamente se realizará la instalación eléctrica junto al portar número 10 de la calle Quintana debido a la inexistencia actual de la misma. En la calle Gas, que da acceso a la pasarela peatonal, ya existen luminarias suficientes para la correcta visibilidad y accesibilidad de la zona.



Ilustración 6. Luminarias existentes en la calle Gas. Fuente: Autor

Al igual que en el apartado anterior, para determinar dichos niveles se ha considerado la *Guía Técnica de Eficiencia Energética de Iluminación. Alumbrado Público (GTEEI-AP)*, ya que resulta más exigente que el *Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior (REEIAE)*.

6.1. CLASIFICACIÓN DE LA SITUACIÓN DE PROYECTO

La clasificación de la situación de proyecto se realiza igual que en el caso de la pasarela peatonal. Por lo tanto, esta zona se catalogará como situación de proyecto E1, puesto que hace referencia a un espacio peatonal de conexión.

6.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN

Para obtener los niveles de iluminación mínimos resulta necesario definir la clase de alumbrado para la situación de proyecto definida anteriormente de la siguiente tabla.

SITUACIONES DE PROYECTO	TIPOS DE VÍAS	CLASE DE ALUMBRADO*
E 1	<ul style="list-style-type: none"> • Espacios peatonales de conexión, calles peatonales, y aceras a lo largo de la calzada. • Paradas de autobús con zonas de espera • Áreas comerciales peatonales. 	
	- Parámetros específicos dominantes	
	Flujo de tráfico de peatones	CE 1A
	Alto	CE 2
	Normal	S 1
		S 2
		S 3
	- Parámetros específicos complementarios	S 4
	Niveles de luminosidad ambiental	
E 2	<ul style="list-style-type: none"> • Zonas comerciales con acceso restringido y uso prioritario de peatones. 	
	- Parámetros específicos dominantes	
	Flujo de tráfico de peatones	CE 1A
	Alto	CE 2
	Normal	S 1
		S 2
		S 3
	- Parámetros específicos complementarios	S 4
	Niveles de luminosidad ambiental	

Tabla 12. Clases de alumbrado para vías peatonales. Fuente: GTEEI-AP

Considerando un flujo de tráfico de peatones nocturno moderado y en ausencia de otras especificaciones como en el caso de las pasarelas peatonales, la clase de alumbrado del acceso inferior corresponderá con el tipo S3.

Clase de Alumbrado	Iluminancia horizontal en el área de la calzada		
	Iluminancia Media Em (lux)	Iluminancia mínima Emin (lux)	Uniformidad Media Um (%)
S1	15	5	33
S2	10	3	30
S3	7,5	1,9	25
S4	5	1	20

* Los niveles de la tabla son valores mínimos en servicio con mantenimiento de la instalación de alumbrado. A fin de mantener dichos niveles de servicio debe considerarse un factor de depreciación no mayor de 0,8 dependiendo del tipo de luminaria y grado de contaminación del aire.

Tabla 13. Iluminancia horizontal en el área de la calzada. Fuente: GTEEI-AP

En la tabla anterior se definen las características de iluminancia horizontal que deben cumplir las clases de alumbrado S. Para la clase S3, los parámetros son:

- Iluminancia media (E_m) = 7,5 lux
- Iluminancia mínima ($E_{mín}$) = 1,9 lux
- Uniformidad media (U_m) = 0,25

6.3. COMPONENTES DE ILUMINACIÓN

A continuación, se definen los distintos elementos que componen la instalación proyectada referente a la explanada de acceso inferior, estos son, las luminarias, las dimensiones, el montaje, la fotometría, etc.

6.3.1. LUMINARIAS

Debido a la imposibilidad de localizar las luminarias del entorno, se ha tomado la más parecida en cuanto a características físicas y lumínicas. A continuación, se muestra una ilustración de las luminarias actuales más próximas al Proyecto.

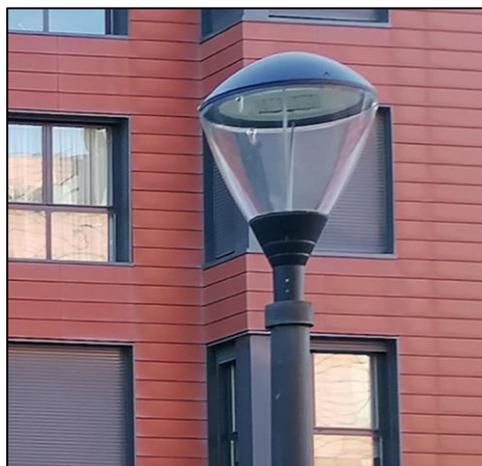


Ilustración 7. Luminarias próximas. Fuente: Autor

La iluminación de la explanada se propone mediante luminarias AVENIDA LENS LED 49W 6050LM 3000K IP66 O24 de LUG.



Ilustración 8. Luminarias propuestas. Fuente: LUG

Sus características serán las siguientes:

- **Dimensiones.** En la siguiente ilustración se presenta la luminaria escogida. Dicha luminaria, de superficie redondeada, presenta un diámetro L de 561 mm y una altura H ajustable de 570 mm.

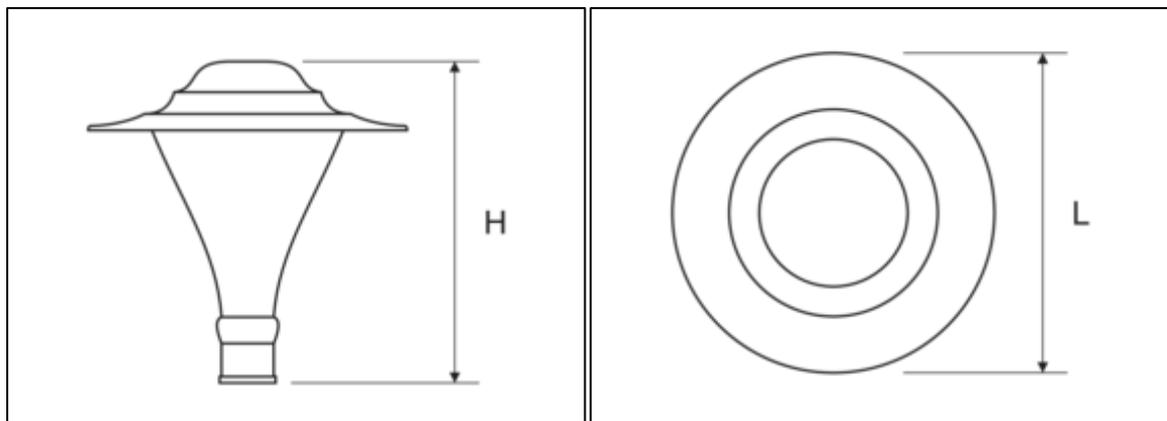


Ilustración 9. Luminarias LUG. Fuente: LUG

- **Materiales.** El cuerpo y la montura están formados por aluminio fundido a alta presión y el difusor es de vidrio transparente.
- **Disposición y montaje.** La implantación es en tresbolillo y se han proyectado sobre postes de 4 metros de altura. Las zapatas de cada elemento serán según el manual de la farola de 100x100x100 cm.
- **Fotometría.** Se adjunta la fotometría de la luminaria ofrecida por LUG.

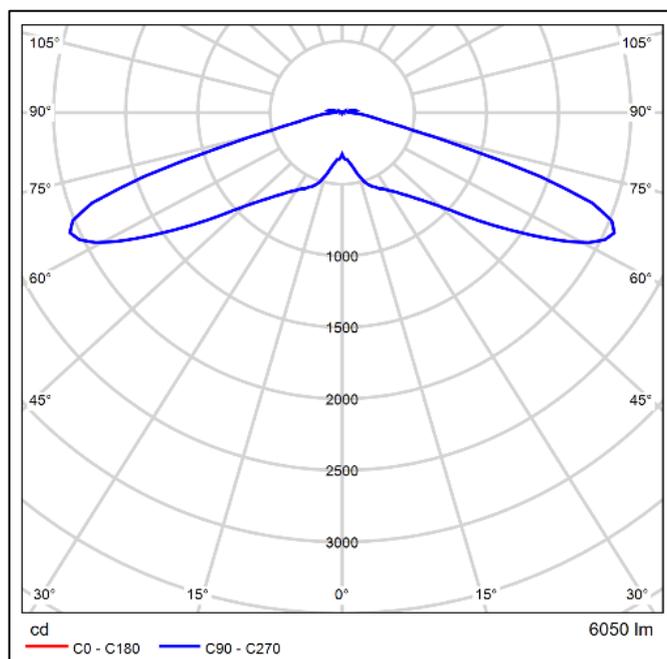


Ilustración 10. Fotometría de las luminarias LUG. Fuente: LUG

6.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Según la *ITC-BT-09*, en la instalación eléctrica en el interior de los soportes de la luminaria, se deberán respetar los siguientes aspectos:

- Los conductores serán de cobre, de sección mínima $2,5 \text{ mm}^2$, y de tensión asignada 0,6/1kV, como mínimo; no existirán empalmes en el interior de los soportes.
- En los puntos de entrada de los cables al interior de los soportes, los cables tendrán una protección suplementaria de material aislante mediante la prolongación del tubo u otro sistema que lo garantice.
- La conexión a los terminales estará hecha de forma que no ejerza sobre los conductores ningún esfuerzo de tracción. Para las conexiones de los conductores de la red con los del soporte, se utilizarán elementos de derivación que contendrán los bornes apropiados, en número y tipo, así como los elementos de protección necesarios para el punto de luz.
- Las partes metálicas de los soportes de luminarias estarán conectadas a tierra.

6.5. LÁMPARAS

Las tres luminarias irán situadas sobre postes de 4 metros de altura y 76 mm de diámetro. Se dispondrán tal y como se muestra en el siguiente apartado. Están catalogadas como LED DALI 49W 6.050 lm 3.000 K IP66 O24 II class graphite.

6.6. CÁLCULOS DE LA ILUMINACIÓN

Al igual que en el cálculo de la iluminación de la pasarela, se calcula y determina la posición de las luminarias de modo que se superen los valores mínimos de los parámetros característicos de iluminación acordes con la clase de alumbrado expuesta.

Para ello, se ha vuelto a hacer uso del software DIALux evo 9.2. El procedimiento seguido ha sido el siguiente.

En primer lugar, se ha trasladado la superficie exterior a iluminar al software y se ha definido la geometría de la misma, esto es, la nueva explanada inferior.

Posteriormente, se ha escogido el tipo de luminaria y se han ubicado según las características previamente definidas; con una implantación perimetral y permitiendo el paso libre en el centro de la explanada.

CARACTERÍSTICAS – AVENIDA LENS LED		
Número de luminarias	3	
Flujo Φ luminaria	6.050 lm	
Flujo Φ luminaria total	18.150 lm	
Potencia P	49 W	
Potencia P total	147 W	
Rendimiento lumínico	123,5 lm/W	
CCT	3.000 K	
CRI 70	IP 66	IK 10

Tabla 14. Datos referentes a las luminarias. Fuente: Autor.

Por último, se ha procedido al cálculo de la superficie de estudio teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior referente a las luminarias y, tras su revisión, se han emitido una serie de resultados.

6.6.1. RESULTADOS

Los resultados simplificados de los informes generados por el software DIALux son los siguientes. Señalar que cumplen con las condiciones anteriormente expuestas.

CARACTERÍSTICAS - PASARELA	
$E_{mín}$	21,5 lux
E_m	42,5 lux
$E_{máx}$	52,2 lux
$U_m = E_{mín}/E_m$	0,51
$E_{mín}/E_{máx}$	0,41

Tabla 15. Resultados referentes a la explanada inferior. Fuente: DIALux

A continuación, se muestra la disposición de la iluminación de la explanada inferior.

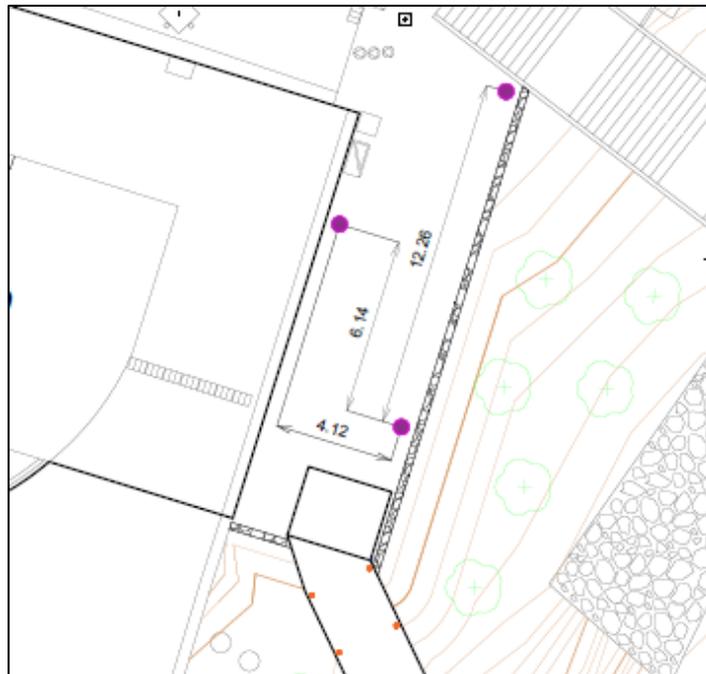


Ilustración 11. Instalación eléctrica de la explanada inferior. Fuente: Autor

7. INSTALACIÓN DEL ASCENSOR

La instalación de un ascensor deberá cumplir con los aspectos mencionados en la normativa de Accesibilidad del País Vasco. Se deberán satisfacer los siguientes requisitos:

- La cabina tendrá unas dimensiones mínimas de 1,40 m en el sentido del acceso y de 1,10 m en el sentido perpendicular.
- Se dispondrá de pasamanos a una altura entre 0,90 m y 0,95 m, y las botoneras, tanto las interiores como las de los rellanos, se deberán colocar entre 1,00m y 1,40 m de altura respecto al suelo.
- Las botoneras contarán con indicación en Braille y arábigo en alto relieve a una altura de entre 0,80 y 1,20 m, del número de planta en la jamba derecha en sentido salida de la cabina.
- Al lado de la puerta del ascensor y en cada planta deberá figurar un número en alto relieve que identifique la planta, con una dimensión mínima de 10x10 cm y a una altura de 1,40 m desde el suelo.
- Las puertas de la cabina y del recinto serán automáticas, de una anchura mínima de 0,80 m, y delante de las cuales se podrá inscribir un círculo de 1,80 m de diámetro.
- Los pasamos de la cabina han de tener un diseño anatómico que permita adaptar la mano, con una sección igual o funcionalmente equivalente a la de un tubo de sección circular de diámetro entre 3 y 5 cm, separado, como mínimo, 4 cm de los parámetros verticales.

Además, según el CTE DB-SUA 9, los ascensores accesibles deben cumplir con la norma UNE 81-70:2004+A1:2005 relativa a la “Accesibilidad a los ascensores de personas, incluyendo personas con discapacidad”.

7.1. CARACTERÍSTICAS DEL ASCENSOR

El modelo del ascensor seleccionado es el de Orona 3G 2016. El ascensor, diseñado para edificios públicos de tráfico intenso, cumple con todos los requisitos de accesibilidad, tal y como se detalla en el *Anexo 6. Accesibilidad y diseño geométrico*.

En las siguientes tablas se muestran sus características principales.

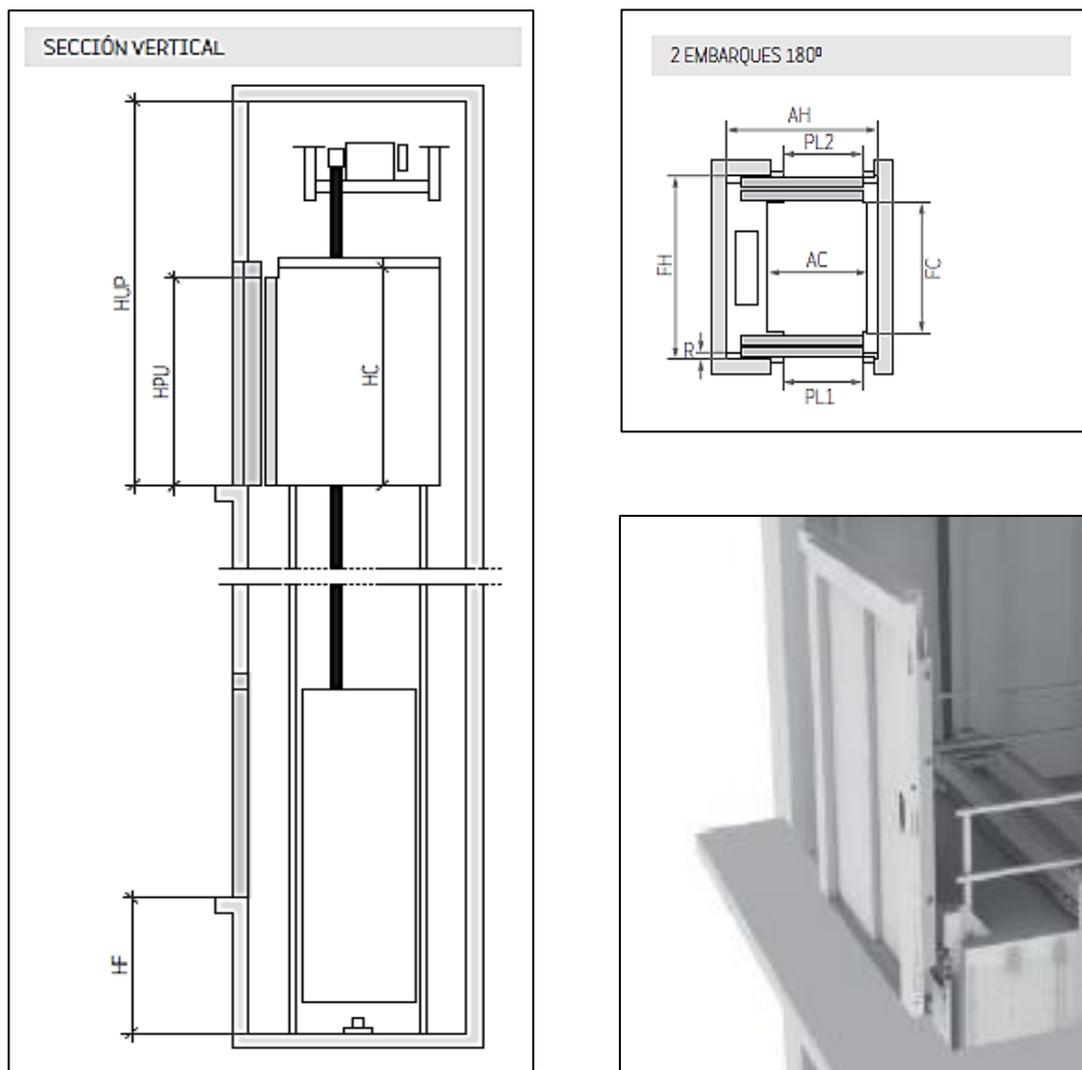


Ilustración 12. Ascensor Orona 3G 2016. Fuente: Orona

La cabina, será de 1,7 x 1,95 metros y las dos puertas laterales tendrán una anchura de 1 metro, cumpliendo así toda normativa y facilitando su accesibilidad. Con una velocidad de 1 m/s podrá elevar una carga de hasta 1.600 kg en menos de un minuto.

Características generales	
Carga	630 a 1600 kg
Capacidad	8 a 21 personas
Velocidad	1 - 1,6 m/s
Recorrido máximo	50 - 75 m
Número máximo de paradas	32 paradas
Opción sala de máquinas	Si (Orona 3G 2026)
Embarques	Simple embarque / Doble embarque 180°
Sistema de accionamiento	Eléctrico regulado (240 conexiones / hora)
Maniobra	Sistema de control ARCA III multiprocesador de bajo consumo
Tipos de puerta	Automáticas de apertura lateral / Automáticas de apertura central
Luz de puerta	Desde 800 a 1600 mm (en intervalos de 100 mm)
Altura de puerta	2000 / 2100 / 2200 / 2300 mm
Dimensiones de cabina	Dimensiones de cabina paramétricas
Altura interior de cabina	2100 / 2200 / 2300 / 2400 mm
Estéticas disponibles	Orona 3G Public Packs Reference / Orona 3G Public Packs Selection / Orona 3G Public Plus
Estándar	Opcional

Ilustración 13. Características generales Orona 3G 2016. Fuente: Orona

<p>1 ACCIONAMIENTO</p> <p>Máquina eléctrica regulada, compacta, silenciosa, sin engranajes, de alta eficiencia energética con motor de imanes permanentes.</p> <p></p>	<p>2 PUERTAS SOLID</p> <p>Puertas extra robustas que reducen la sonoridad dentro y fuera del ascensor y están especialmente dimensionadas para tráfico intenso.</p> <p></p>	<p>3 PARAMÉTRICO/FLEXIBLE</p> <p>El producto paramétrico permite la posibilidad de adaptar el ascensor a la mayoría de las necesidades de espacio que se puedan plantear (opcional).</p> <p></p>	<p>4 TRÁNSITO BAJO FOSO</p> <p>Adaptable a edificios donde se requiere el paso de personas bajo foso (opcional).</p> <p></p>	
<p>5 GRUPO VIAJERO ROBUSTO</p> <p>Aporta al ascensor un mayor confort, reduciendo las vibraciones y los ruidos que se generan durante el viaje.</p> <p></p>	<p>6 ELEMENTOS DE TRACCIÓN</p> <p>Que sustituyen a los tradicionales cables de acero. Su menor peso y una mayor vida y flexibilidad posibilitan la utilización de una máquina más compacta, con un motor más eficiente y ecológico.</p> <p></p>	<p>7 CABINAS</p> <p>Dimensiones especiales de cabina, con gran profundidad y amplias puertas. Diseñadas con paños y suelos reforzados para usos múltiples e intensivos.</p> <p></p>	<p>8 SISTEMA DE EVACUACIÓN AUTOMÁTICA</p> <p>Aunque incorpora de serie un sistema de rescate semiautomático en planta para garantizar una evacuación rápida, segura y eficaz, opcionalmente, se ofrece un sistema de evacuación automática orientado principalmente al caso de corte de suministro eléctrico.</p> <p></p>	<p>9 COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL</p> <p>Entre la cabina y el Centro de Servicio 24 horas, según EN 81-28.</p> <p></p>
<p>  ECOEFICIENCIA  ADAPTABILIDAD AL EDIFICIO  DISEÑO Y ACCESIBILIDAD  CONTROL Y SEGURIDAD </p>				

Ilustración 14. Características principales Orona 3G 2016. Fuente: Orona

El modelo elegido tiene una capacidad para 21 personas y 2 embarques a 180°. En la siguiente tabla, se describen todas las dimensiones.

ASCENSOR ORONA 3G 2016				
Carga/ Capacidad	V (m/s)		Velocidad	1
	Personas		Nº de personas	21
	Q (kg)		Carga	1.600
Cabina	AC (mm)		Ancho	1.700
	FC (mm)		Fondo	1.950
	PL (mm)		Luz	1.000
Hueco	Embarques		Accesibilidad	
			Nº de embarques	2x180°
	Puertas CC	AH (mm)	Ancho	2.450
		FH (mm)	Fondo	2.300
	HF (mm)		Foso	1.150
	HUP (mm)		Última planta	3.600

Tabla 16. Dimensiones del ascensor Orona 3G 2016. Fuente: Orona

8. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

Para realizar los cálculos de dimensionamiento de sección y caída de tensión de las diferentes partes de las que se compone el Proyecto, se seguirá la *ITC-BT-09*.

Los apartados en los que se dividirá el cálculo son pasarela, accesos y ascensor.

Según la *ITC-BT-09*, las líneas de alimentación a puntos de luz con lámparas o tubos de descarga estarán previstas para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados, a sus corrientes armónicas, de arranque y desequilibrio de fases. Como consecuencia, la potencia aparente mínima en VA, se considerará 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga.

Además, el factor de potencia de cada punto de luz deberá corregirse hasta un valor mayor o igual a 0,90. La máxima caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de la misma será menor o igual a 3 %.

8.1. PASARELA

El tablero estará compuesto por 3 luminarias de 54 W (BOB18). Por tanto, la intensidad máxima admisible será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{62 \text{ luminarias} \cdot 14 \text{ W} \cdot 1,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 2,51 \text{ A}$$

La conexión llevará 3 conductores protegidos por PVC, por lo que, para esa intensidad, la sección mínima deberá ser de 1,5 mm². Sin embargo, por norma será de 6 mm².

La caída de tensión será la siguiente sabiendo que la longitud hasta la última luminaria es de unos 141 metros:

$$\Delta V = \frac{L \cdot P \cdot 100}{\gamma c u \cdot s \cdot v^2} = \frac{141 \text{ m} \cdot 62 \text{ luminarias} \cdot 14 \text{ W} \cdot 1,8 \cdot 100}{56 \cdot 6 \text{ mm}^2 \cdot 400^2 \text{ V}} = 0,41\% < 3\%$$

Por tanto, la instalación eléctrica de la pasarela cumple con la normativa teniendo en cuenta una sección de 6 mm².

8.2. ACCESOS

Únicamente se ha considerado la explanada inferior de acceso en los cálculos previos de la instalación eléctrica.

8.2.1. ACCESO SUPERIOR

En la calle Gas, que da acceso a la pasarela peatonal, ya existen luminarias suficientes para la correcta visibilidad y accesibilidad de la zona, por ello, no se propone intervenir o aumentar la instalación eléctrica presente.

La única toma que se realizará desde el acceso superior será la correspondiente a la pasarela peatonal del presente Proyecto.

8.2.2. ACCESO INFERIOR

En el acceso inferior se situarán 3 luminarias de 49 W (AVENIDA LENS LED). Por tanto, la intensidad máxima admisible será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{3 \text{ luminarias} \cdot 49 \text{ W} \cdot 1,8}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 0,42 \text{ A}$$

La conexión llevará 3 conductores protegidos por PVC, por lo que, para esa intensidad, la sección mínima deberá ser de 1,5 mm². Sin embargo, por norma será de 6 mm².

La caída de tensión será la siguiente sabiendo que la longitud hasta la última luminaria es de unos 25 metros:

$$\Delta V = \frac{L \cdot P \cdot 100}{\gamma c u \cdot s \cdot v^2} = \frac{25 \text{ m} \cdot 3 \text{ luminarias} \cdot 49 \text{ W} \cdot 1,8 \cdot 100}{56 \cdot 6 \text{ mm}^2 \cdot 400^2 \text{ V}} = 0,01\% < 3\%$$

Por tanto, la instalación eléctrica de la pasarela cumple con la normativa teniendo en cuenta una sección de 6 mm².

8.3. ASCENSOR

El ascensor cuenta con una potencia de 15 kW, por lo que la intensidad máxima admisible será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{15.000 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,9} = 24,06 \text{ A}$$

La conexión llevará 3 conductores protegidos por PVC, por lo que, para esa intensidad, la sección mínima deberá ser de 1,5 mm². Sin embargo, por norma será de 6 mm².

La caída de tensión será la siguiente sabiendo que la longitud hasta el cuadro eléctrico es de unos 18 metros:

$$\Delta V = \frac{L \cdot P \cdot 100}{\gamma_{cu} \cdot s \cdot v^2} = \frac{18 \text{ m} \cdot 15.000 \text{ W} \cdot 100}{56 \cdot 6 \text{ mm}^2 \cdot 400^2 \text{ V}} = 0,50\% < 3\%$$

Por tanto, la instalación eléctrica de la pasarela cumple con la normativa teniendo en cuenta una sección de 6 mm².

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 9. MOBILIARIO URBANO

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. MOBILIARIO URBANO	3
2.1. BANCOS.....	4
2.2. BARANDILLAS Y VALLADO	6
2.3. PAPELERAS	7
2.4. FUENTES.....	8
3. JARDINERÍA.....	9
4. EXPLANADA	11

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mobiliario urbano actual. Fuente: Autor y GeoBilbao	2
Ilustración 2. Mobiliario urbano actual. Fuente: Autor y GeoBilbao	4
Ilustración 3. Banco Similar C-1015. Fuente: GRUP FÁBREGAS, S.A.....	4
Ilustración 4. Dimensiones Banco Similar C-1015. Fuente: GRUP FÁBREGAS, S.A.....	5
Ilustración 5. Vallado de la calle Gas. Fuente: Autor.....	6
Ilustración 6. Papeleras en las inmediaciones. Fuente: Autor.....	7
Ilustración 7. Dimensiones Papelera Ona Bilbao. Fuente: URBABIL 2000 S.L.....	8
Ilustración 8. Fuentes en los accesos superior e inferior. Fuente: Autor	8
Ilustración 9. Vegetación actual en el emplazamiento. Fuente: Autor.....	9
Ilustración 10. Flora presente en el emplazamiento. Fuente: Autor	10
Ilustración 11. Baldosas presentes junto al Proyecto. Fuente: Autor	11

1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo tiene como objeto describir y justificar el mobiliario urbano propuesto junto a la construcción de la pasarela peatonal con ascensor.

El equipamiento de los espacios públicos mediante bancos, barandillas, papeleras, vallado, etc., se considera fundamental para la correcta funcionalidad, accesibilidad y comodidad de los usuarios.

Además, se realizará una revegetación de los terrenos afectados introduciendo especies autóctonas y duraderas con el objetivo de acondicionar el emplazamiento e integrar la obra en el paisaje.

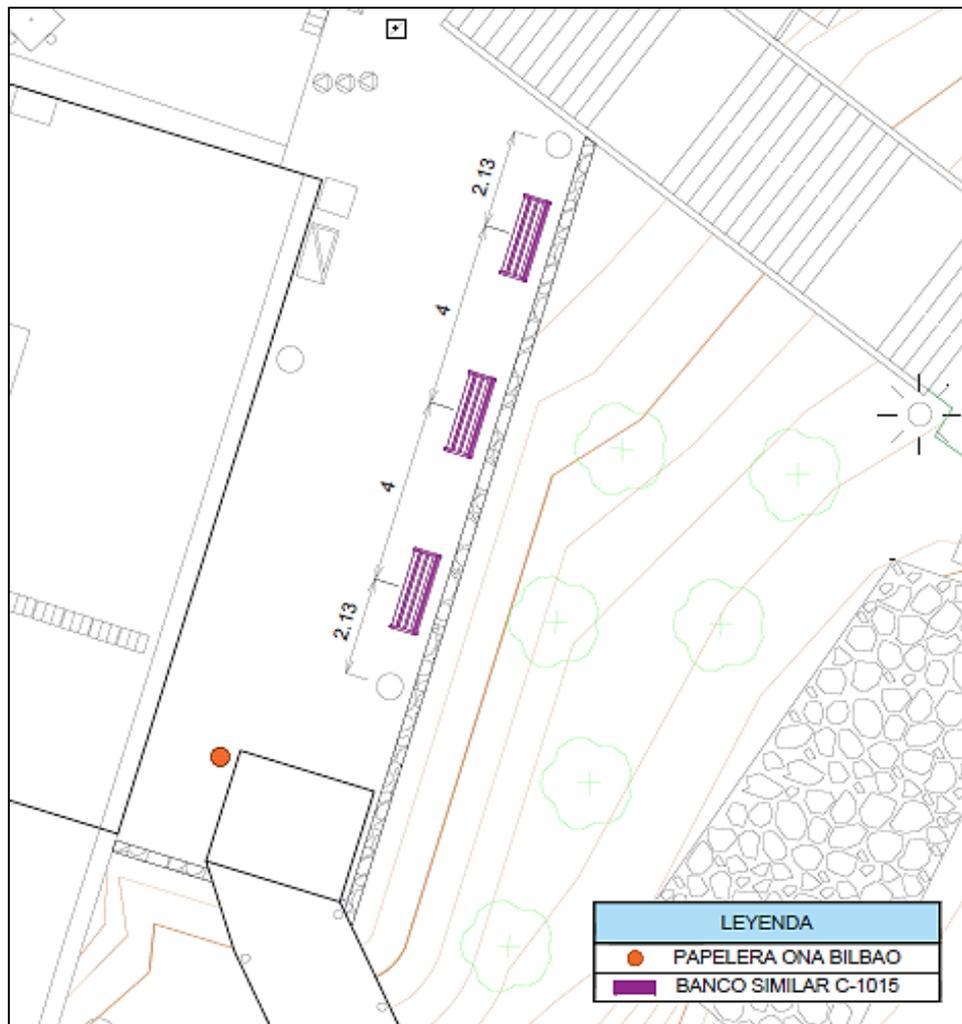


Ilustración 1. Mobiliario urbano actual. Fuente: Autor y GeoBilbao

2. MOBILIARIO URBANO

Se entiende por mobiliario urbano, el conjunto de objetos a colocar en los espacios exteriores, superpuestos o adosados a los elementos de urbanización, de modo que su modificación o traslado no genere modificaciones substanciales: señales, fuentes públicas, bancos, barandillas, papeleras, vallado y cualquier otro de análoga naturaleza, tanto los que se sitúen de forma eventual como permanente.

El mobiliario urbano se dispondrá de forma que no interfiera la accesibilidad, se ubicará alineado en el sentido longitudinal del itinerario peatonal y se diseñará forma que puedan ser utilizados por personas con dificultad en la accesibilidad, tal y como se ha descrito en el *Anexo 6. Accesibilidad y diseño geométrico*.

Además, se ha tenido en cuenta que el diseño del mobiliario deberá cumplir con la siguiente normativa vigente.

- Certificación ISO 14001.
- Norma UNE-EN ISO 9001.

A continuación, se detallan cada uno de los equipamientos de mobiliario urbano dispuestos para el presente Proyecto, procurando establecer una uniformidad entre los elementos actuales y futuros.

2.1. BANCOS

Se colocarán 3 bancos únicamente en la explanada de acceso inferior. Esto es debido a que en el acceso superior ya se encuentran ubicados un número considerable de bancos como se puede observar en la siguiente ilustración.

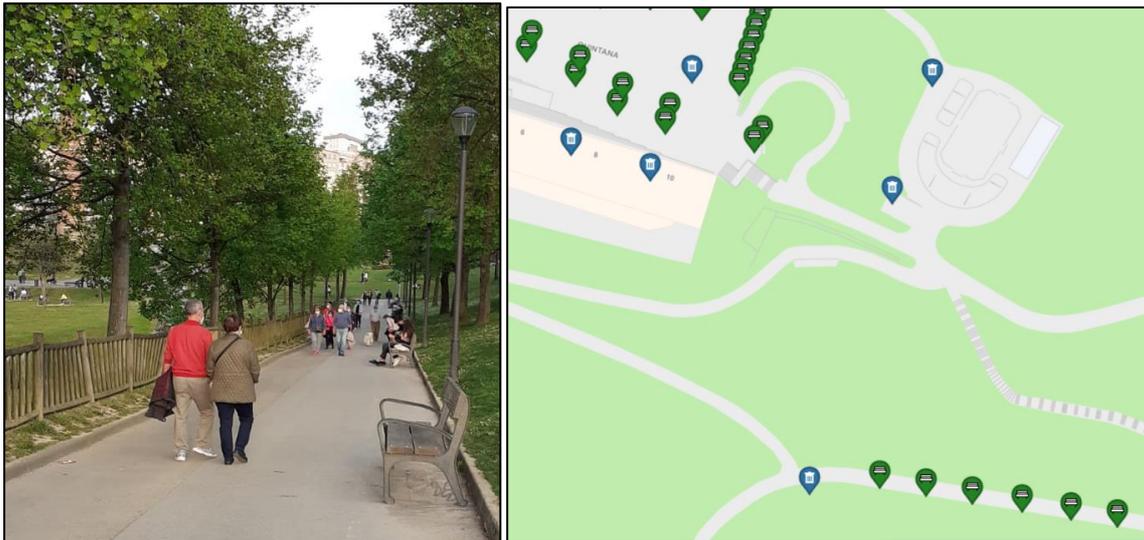


Ilustración 2. Mobiliario urbano actual. Fuente: Autor y GeoBilbao

El modelo propuesto es el denominado como “Banco Similar C-1015” de GRUP FÁBREGAS, S.A. Es muy parecido a los presentes en las inmediaciones y posee las cualidades y calidades necesarias para ofrecer la mejor comodidad a los usuarios.



Ilustración 3. Banco Similar C-1015. Fuente: GRUP FÁBREGAS, S.A.

Las características principales del banco son las siguientes:

- Dimensiones.** Las dimensiones del banco cumplen con la normativa referente a la accesibilidad, tal y como se ha desarrollado en el *Anexo 6. Accesibilidad y diseño geométrico*. Cada uno de los bancos tiene un largo de 1.800 mm, un ancho de 611 mm y un alto de 812 mm. Cada uno de los cinco listones es de 1.800 mm de largo, 100 mm de ancho y 30 mm de espesor. A continuación, se detallan las dimensiones del banco propuesto.

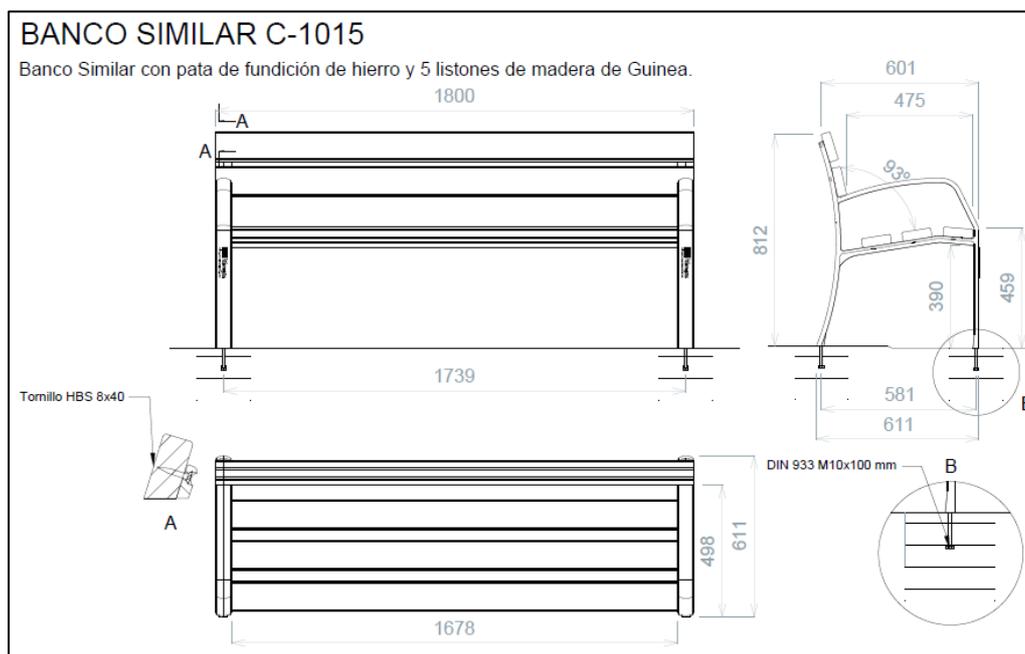


Ilustración 4. Dimensiones Banco Similar C-1015. Fuente: GRUP FÁBREGAS, S.A.

- Materiales.** Los pies son de fundición de hierro (hierro dúctil), los cinco listones son de madera de Guinea y la tornillería es de acero zincado, lo que aporta al elemento una gran durabilidad y menor necesidad de mantenimiento, siendo capaz de soportar las condiciones climáticas del entorno.
- Acabados.** Los pies están cubiertos por esmalte sintético o pintura en polvo (tipo forja) y los listones por barniz color avellana, adquiriendo así la continuidad en cuanto al diseño de los equipamientos frente a los actuales.
- Anclaje.** El anclaje se ha realizado mediante el empotramiento de 4 tornillos DIN 933 M10 X 100 mm.

2.2. BARANDILLAS Y VALLADO

En el acceso superior, actualmente existe un vallado de madera tratada que se desarrolla a lo largo de todo el recorrido de la calle Gas debido a la gran diferencia de cota y pendiente existente tras el cercado.

Durante los trabajos de construcción, dicha valla será retirada temporalmente. Una vez finalizados, se recolocarán dejando el espacio necesario para el acceso a la pasarela peatonal. Por ello, no se propone ninguna actualización o renovación de la misma.



Ilustración 5. Vallado de la calle Gas. Fuente: Autor

En cuanto a la pasarela, se colocará una barandilla de protección en toda su longitud con una altura de 1,10 metros y con doble pasamanos, a 70 y a 100 cm del suelo. Los pasamanos estarán separados 5 cm de los paramentos verticales y tendrán un diseño anatómico que permita adaptar la mano. Su sección será funcionalmente equivalente a un tubo redondo de 5 cm de diámetro.

Las características de la barandilla en cuanto a normativas y accesibilidad se describen y justifican detalladamente en el *Anexo 6. Accesibilidad y diseño geométrico* y en los planos. Señalar que la barandilla cumple holgadamente con la normativa vigente.

2.3. PAPELERAS

Actualmente, justo en el acceso a la pasarela peatonal del acceso superior y en gran parte del Parque Etxebarria, se encuentra situada una papelera con el modelo inmediatamente anterior a las papeleras más actuales de la ciudad.



Ilustración 6. Papeleras en las inmediaciones. Fuente: Autor

Por el contrario, en el acceso inferior, la papelera se encuentra fuera del recorrido a realizar en caso de hacer uso de la instalación, por lo que se ubicará junto al ascensor.

El modelo será el más actualizado y habitual en la ciudad de Bilbao, debido a sus mejores características resistentes y visuales. Corresponde con el modelo de papelera “Ona Bilbao” de URBABIL 2000 S.L. y sus características son:

- **Dimensiones.** La papelera tiene una altura de 930 mm y un diámetro máximo de 400 mm. La abertura de la papelera es de 290 mm x 130 mm y además posee un depósito semicircular para colillas de 100 mm de diámetro.
- **Material.** El cuerpo principal de forma circular es de acero galvanizado en caliente, acabado con pintura epoxi-poliéster al horno, de color gris oxirón forja y personalizada con el logotipo de la ciudad.
- **Apertura.** Apertura mediante el uso de llave y el cierre se realiza por presión.
- **Capacidad.** La cubeta interior posee una capacidad de 70 litros.
- **Anclaje.** Se realiza mediante 4 tornillos expansivos métrica 8 mm.

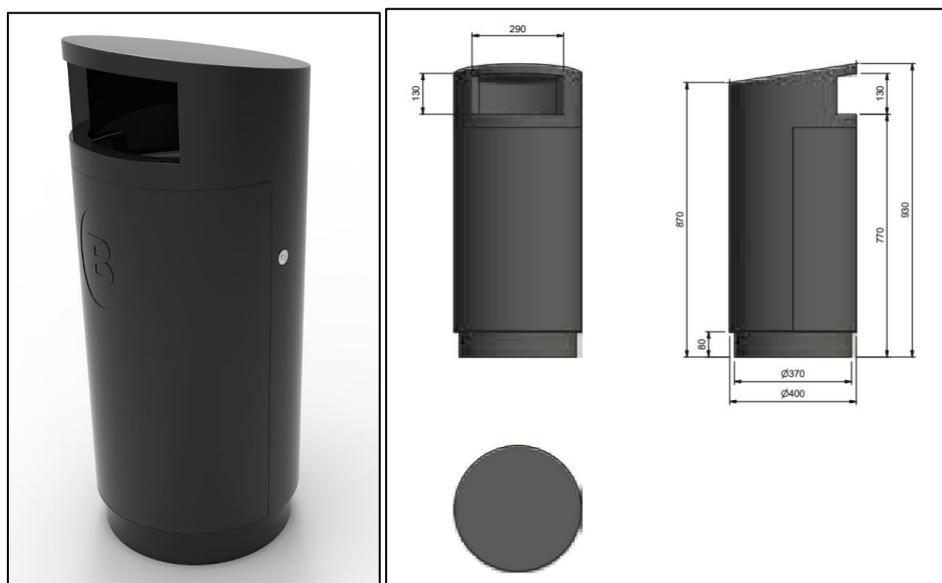


Ilustración 7. Dimensiones Papelera Ona Bilbao. Fuente: URBABIL 2000 S.L.

2.4. FUENTES

Como se muestra en las siguientes ilustraciones, tanto en el acceso superior como en el inferior existen fuentes públicas de uso público y de agua potable en las inmediaciones del Proyecto. Por lo tanto, no será necesario realizar nuevas instalaciones de dicho equipamiento.



Ilustración 8. Fuentes en los accesos superior e inferior. Fuente: Autor

3. JARDINERÍA

Como se puede observar en la siguiente ilustración, el emplazamiento objeto del Proyecto posee gran cantidad y variedad de flora autóctona. Parte de dicha vegetación deberá ser retirada para la correcta ejecución de los trabajos.

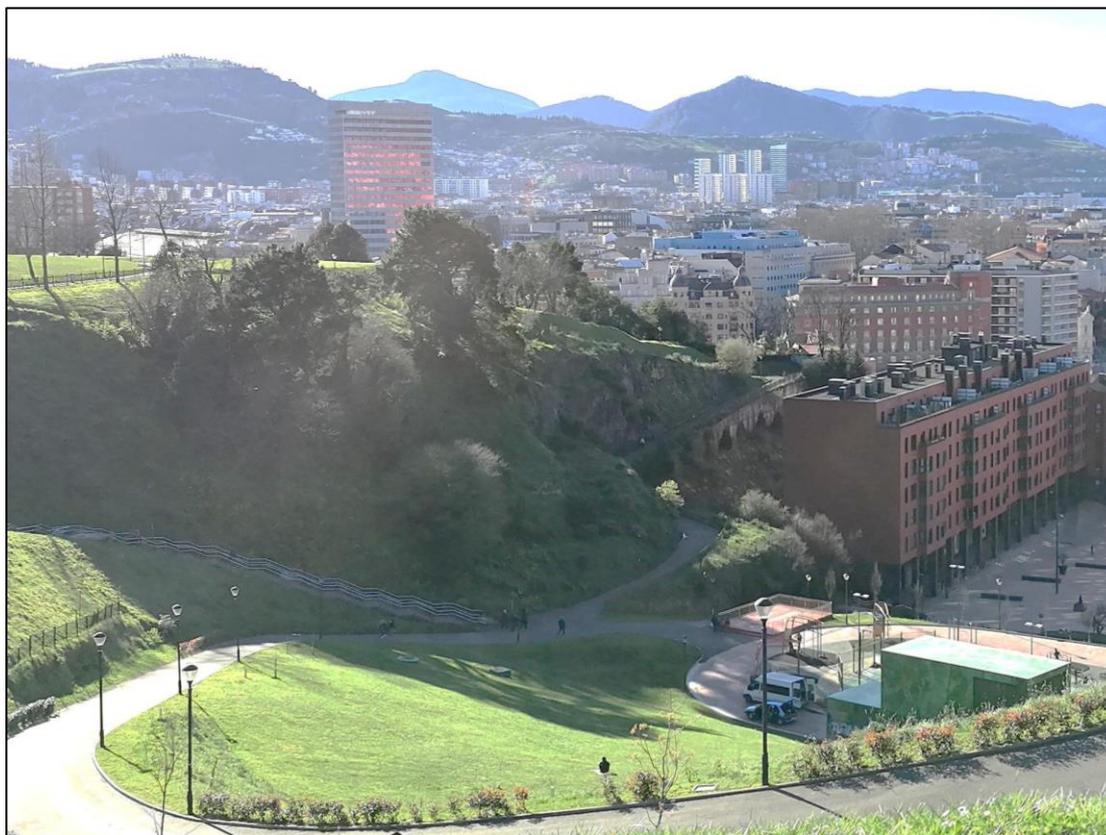


Ilustración 9. Vegetación actual en el emplazamiento. Fuente: Autor

Por lo tanto, una vez concluidas las obras de la estructura principal, deberá realizarse la revegetación integral de la zona con el objetivo de integrar la construcción en el entorno con fines estéticos.

La vegetación se llevará a cabo mediante flora autóctona y la selección de la vegetación se ha llevado a cabo mediante los siguientes criterios:

- Coste de mantenimiento bajo.
- Apta adaptación al clima del entorno.
- Resistencia a posibles plagas.



Ilustración 10. Flora presente en el emplazamiento. Fuente: Autor

Las tierras afectadas y próximas a las cimentaciones, una vez que se hayan hecho los rellenos con tierra vegetal, se tratarán mediante hidrosiembra.

Dicho método de siembra se caracteriza por ser el mejor método y consiste en que una hidrosebradora mezcla agua, mulch, semillas y fertilizantes en una papilla homogénea que se esparce por el suelo.

Se realizarán una serie de plantaciones en las inmediaciones de la pasarela peatonal y de la estructura del ascensor, que nunca superarán la cota +23,00, asegurando así las vistas del Parque, pero que dotarán al fondo de la plaza de una variedad cromática a lo largo del año.

Para este fin, se propone plantar cuatro especies de árboles diferentes, que florecen en épocas distintas del año y en colores diferentes. Estos, coinciden con los presentes actualmente en el entorno del Proyecto y son los siguientes:

- *Cersis Siliquastrum*.
- *Prunus Dulcis*.
- Mimosaceae (Leguminosae).
- *Prunus Triloba*.

4. EXPLANADA

La explanada superior se encuentra pavimentada y no será objeto de remodelación ni modificación, mientras que, la explanada inferior si se verá sometida a una actuación.

En concreto, tras el desmonte del acceso inferior, será necesario pavimentar dicha explanada. La elección del tipo de baldosa se ha basado tanto en la estética como en la funcionalidad, tomando como base la presente en la totalidad de la superficie de la plaza del Gas.



Ilustración 11. Baldosas presentes junto al Proyecto. Fuente: Autor

El pavimento propuesto es de granito gris con unas dimensiones de 60 x 30 x 1,5 cm, similares a las presentes en el entorno. El granito es una roca excepcionalmente dura y resistente. El acabado flameado en la superficie lo confiere en un producto antideslizante y de grandes cualidades estéticas.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 10. GESTIÓN DE RESIDUOS

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETO	4
3. ÁMBITO DE APLICACIÓN	5
4. OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS PRODUCTORAS	6
5. FIANZA	8
6. ACREDITACIÓN DE LA CORRECTA GESTIÓN DE RESIDUOS	9
7. OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS POSEEDORAS	10
8. SEGREGACIÓN DE RESIDUOS.....	12
9. OBLIGACIÓN DE LAS PERSONAS GESTORAS.....	13
10. ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS	15
11. CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS.....	16
12. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS	18
12.1. ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS.....	18
12.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS.....	19
12.3. OPERACIONES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS.....	20
12.4. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS EN OBRA.....	21
12.5. ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS.....	22
12.6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS.....	23
12.7. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS.....	24
12.8. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS	25
12.9. INVENTARIO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generación estimada de residuos. Fuente: CYPE	18
Tabla 2. Separación de los residuos según la cantidad. Fuente: Decreto 112/2012	21
Tabla 3. Estimación económica. Fuente: CYPE	25

1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo se ha llevado a cabo de acuerdo con el Decreto 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, la legislación autonómica actual más restrictiva.

El Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, con el fin de fomentar, por este orden, su prevención, reutilización, reciclado y otras formas de valorización, asegurando que los destinados a operaciones de eliminación, reciban un tratamiento adecuado, y de este modo contribuir a un desarrollo sostenible de la actividad de construcción.

El Real Decreto aprobado, que tiene carácter básico, regula en su articulado, entre otras cuestiones, las obligaciones que corresponden a todas las personas físicas o jurídicas que participan en la gestión de residuos de construcción y demolición además de las actuaciones que, con el objeto de garantizar los objetivos de la norma, deben llevar a cabo las administraciones públicas competentes.

En este sentido el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, establece que determinados aspectos de la materia deben ser regulados por la legislación específica que se apruebe por las Comunidades Autónomas. Así ocurre, por ejemplo, con la posibilidad de exigir la constitución de una fianza que permita garantizar el cumplimiento de las obligaciones que impone la norma o la regulación de las actividades de valorización y eliminación de los residuos de construcción y demolición.

Por su parte, la Ley 3/1998, de 27 de febrero, General de Protección del Medio Ambiente del País Vasco, establece, en su artículo 71 que la Comunidad Autónoma del País Vasco, reglamentariamente, podrá establecer regímenes de autorización específicos para las distintas actividades de producción y/o gestión de residuos.

En consecuencia, el Decreto norma todos aquellos aspectos cuya regulación el Real Decreto delega en las Comunidades Autónomas junto con aquellos otros que faciliten el cumplimiento de los objetivos sobre valorización de los residuos de construcción y demolición en la Comunidad Autónoma del País Vasco.

El Decreto tiene por objeto establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco, contribuyendo, entre otros aspectos, al desarrollo de la edificación sostenible que, sin menoscabo de la calidad y funcionalidad de los edificios, previene de forma significativa la generación de los residuos de construcción y demolición.

A fin de alcanzar los fines señalados en el Decreto se establecen los requisitos que deberán cumplir las personas productoras y las poseedoras de residuos y materiales de construcción y demolición procedentes de obra mayor. Entre las obligaciones que se imponen a la persona productora destaca la obligación de incluir en el Proyecto de la obra un estudio de gestión de los residuos de construcción y demolición.

Las personas poseedoras, por su parte, estarán obligadas a presentar un plan que recoja los distintos aspectos del estudio de gestión de residuos así como la determinación de la persona responsable de su correcta ejecución.

Se regula la obligación de constituir, por parte de la persona productora, una fianza como mecanismo de control vinculado a la obtención de la licencia de obras, con el fin de garantizar la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor.

Además, el Decreto regula las actividades de valorización y eliminación de residuos de construcción y demolición para cuyo desarrollo se requerirá autorización previa del órgano ambiental.

Con el fin de cumplir con la normativa descrita, a continuación se realizará la descripción y estimación de los residuos que se generen en la obra como consecuencia del proceso constructivo.

2. OBJETO

El objeto del Decreto 112/2012 es establecer el régimen jurídico de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco con el objetivo de alcanzar los siguientes fines.

- Fomentar, en condiciones ambientalmente seguras, la reutilización de materiales de construcción y demolición.
- Fomentar, en el siguiente orden, la prevención, el reciclado y otras formas de valorización de los residuos de construcción y demolición en condiciones ambientalmente seguras.
- Minimizar la eliminación de los residuos de construcción y demolición.
- Asegurar la correcta eliminación de los residuos de construcción y demolición.
- Contribuir al desarrollo de la edificación sostenible sin menoscabo de la calidad y funcionalidad de los edificios.

3. ÁMBITO DE APLICACIÓN

El Decreto 112/2012 es de aplicación a los residuos y a los materiales de construcción y demolición.

Dicho Decreto no será de aplicación a los residuos resultantes de la prospección, de la extracción, del tratamiento o del almacenamiento de recursos minerales, así como de la explotación de canteras cubiertos por el Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras, en los aspectos ya regulados por otra norma comunitaria o nacional que incorpore a nuestro ordenamiento normas comunitarias.

Sin perjuicio de las obligaciones impuestas en virtud de la normativa específica aplicable, se excluirán del ámbito de aplicación de esta norma los sedimentos reubicados en el interior de las aguas superficiales a efectos de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones y de las sequías, o de creación de nuevas superficies de terreno, si se demuestra que dichos sedimentos son no peligrosos.

La gestión de tierras y rocas procedentes de una obra de construcción o demolición en un relleno se regulará por lo dispuesto en la normativa de la Comunidad Autónoma del País Vasco por la que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.

4. OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS PRODUCTORAS

Además de los requisitos exigidos por la legislación sobre residuos, las personas productoras de residuos y materiales de construcción y demolición procedentes de una obra calificada como «obra mayor» por el Decreto 112/2012, deberán cumplir con las siguientes obligaciones en el caso de estar sometidas a licencia urbanística:

- a) Incluir en los proyectos básicos y de ejecución de la obra un estudio de gestión de residuos y materiales de construcción y demolición, que tendrá el contenido mínimo indicado en el Decreto. Dicho estudio junto con el proyecto básico o de ejecución de la obra, acompañará a la solicitud de licencia urbanística que se presente por la persona productora de los residuos ante el Ayuntamiento del término municipal en el cual vaya a ser realizada dicha obra. El estudio de gestión de residuos deberá estar firmado por una persona profesional competente y visado por el Colegio profesional correspondiente.
- b) En el caso de que la actuación que genere los residuos conlleve la demolición de un edificio o instalación que haya soportado una actividad potencialmente contaminante del suelo de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre suelos contaminados, deberá presentarse un estudio adicional con el contenido que se establece en el Decreto. Este estudio lo podrán elaborar las entidades acreditadas de conformidad con lo dispuesto en la normativa de prevención y corrección de la contaminación del suelo.

En concreto, tal y como ocurre en el presente anexo y se explica en la memoria del mismo, las labores de descontaminación se llevarán a cabo por parte de la administración pública, encontrándose el terreno en el momento de iniciar las obras totalmente descontaminado.

- c) Disponer de la documentación que acredite que los residuos de construcción y demolición producidos en sus obras han sido gestionados en los términos recogidos en el Decreto y, en particular, en el estudio de gestión de residuos. La documentación correspondiente a cada año natural deberá mantenerse durante los cinco años siguientes.

- d) Constituir, en los términos previstos en el Decreto, la fianza que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra.
- e) Presentar ante el Ayuntamiento el informe final de la gestión de residuos y materiales de construcción y demolición con el contenido y alcance que se señala en el Decreto.
- f) En su caso, hacer constar en el Libro del Edificio los materiales secundarios obtenidos mediante la valorización de residuos que hayan sido utilizados en la obra, especificando sus cantidades.

5. FIANZA

Los Ayuntamientos exigirán la constitución de una fianza para garantizar la adecuada gestión de los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor como condición para la obtención de las licencias urbanísticas que otorguen.

El cálculo del importe de la fianza estará basado en el coste de la gestión de residuos de construcción y demolición que se detallará en el estudio al que hace referencia el apartado a) del artículo anterior y representará el 120% de dicho coste.

El cálculo del importe de la fianza representará el 60% del coste de la gestión de los residuos en el supuesto de que en la ejecución de la obra se utilicen materiales que generen menos residuos o se trate de supuestos de edificación sostenible. A fin de comprobar estos extremos se analizarán las características del proyecto que permitan comprobar que los datos del estudio de gestión de residuos son adecuados.

La fianza, que podrá constituirse en efectivo, en valores de deuda pública, mediante aval, mediante contrato de seguro de caución o cualquier otra forma válida en derecho, se pondrá a disposición del órgano municipal encargado de la concesión de la licencia urbanística.

La devolución de la fianza sólo se producirá previa solicitud de la persona obligada y tras la acreditación documental de la correcta gestión de los residuos generados en la obra de acuerdo con lo que se establece en el artículo siguiente. En caso de no acreditarse la adecuada gestión de los residuos, y sin perjuicio de la aplicación del régimen sancionador previsto en la normativa de Residuos, la entidad depositaria de la fianza, podrá ejecutar subsidiariamente las actuaciones necesarias para la correcta gestión de los mismos y, si ello no fuera posible, destinar el importe de la fianza a la realización de actuaciones de mejora ambiental en el municipio.

Quienes estén inscritos en el Registro de organizaciones adheridas al Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales, EMAS, estarán exentos de prestar la fianza exigida conforme a este artículo.

6. ACREDITACIÓN DE LA CORRECTA GESTIÓN DE RESIDUOS

A fin de acreditar la correcta gestión de los residuos y de los materiales de construcción generados en la obra mayor, la persona productora de los residuos y de los materiales de construcción deberá aportar un informe firmado por la dirección facultativa de la obra, que deberá elaborarse según el modelo especificado en el anexo III del Decreto, y que deberá ser verificado por una entidad independiente acreditada por el órgano ambiental, sin perjuicio de lo que se establece en la Disposición Transitoria Única.

Las organizaciones que se encuentren inscritas en el Registro de organizaciones adheridas al Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambientales, EMAS, estarán exentas de la verificación externa señalada en el apartado anterior.

En el caso de que la actuación que genere los residuos conlleve la demolición de un edificio que haya soportado una actividad potencialmente contaminante del suelo de conformidad con lo dispuesto en la normativa sobre suelos contaminados, el informe final señalado en el apartado anterior podrá ser elaborado por las entidades acreditadas de conformidad con lo dispuesto en la normativa de suelos contaminados.

En estos casos, el Ayuntamiento al cual se haya solicitado la licencia recabará del órgano ambiental de la Comunidad Autónoma la emisión de un informe en el que evalúe la suficiencia del informe final. El citado informe deberá ser emitido en el plazo máximo de un mes, entendiéndose que el mismo es favorable si transcurriera dicho plazo sin haberse emitido.

El informe final al que hace referencia en los apartados anteriores deberá estar acompañado de la siguiente documentación:

- a) Cuando las tierras y rocas no contaminadas se hayan destinado a la ejecución de un relleno, deberá presentarse copia de la licencia del Ayuntamiento correspondiente autorizándolo o copia de la autorización del órgano competente en el caso de las obras de infraestructura lineales de acuerdo con lo dispuesto en la normativa de la Comunidad Autónoma del País Vasco por la que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero y la ejecución de los rellenos.

- b) Los certificados acreditativos de la correcta gestión de los residuos emitidos por las personas gestoras autorizadas a tal efecto o por las personas titulares de los rellenos autorizadas a las que se hayan destinado las tierras y rocas no contaminadas.
- c) Declaración jurada de la cantidad y uso de los residuos valorizados y de los materiales de construcción y demolición utilizados in situ.

7. OBLIGACIONES DE LAS PERSONAS POSEEDORAS

Además de las obligaciones previstas en la normativa del Estado sobre residuos de construcción y demolición, la persona física o jurídica que ejecute la obra de construcción o demolición estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos y materiales de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra.

El plan detallará los distintos aspectos del estudio de gestión de residuos y definirá la persona responsable de su correcta ejecución. Una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, el plan pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

La persona poseedora de los residuos y materiales de construcción y demolición, cuando no proceda a utilizarlos in situ o a gestionarlos mediante valorización en la misma obra, estará obligada a entregarlos a una persona gestora de residuos para que se destinen preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización o a participar en un acuerdo voluntario sectorial.

La entrega de los residuos de construcción y demolición a una persona gestora por parte de la persona poseedora habrá de constar en un documento fehaciente en el que figure, al menos, la identificación de la persona poseedora y de la persona productora, la obra de procedencia y, en su caso, el número de licencia de la obra, la cantidad de residuos expresada en toneladas o en metros cúbicos, o en ambas unidades cuando sea posible, el tipo de residuos entregados codificados con arreglo a la lista europea de

residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, o norma que la sustituya, y la identificación de la persona gestora de las operaciones de destino.

La persona poseedora de los residuos estará obligada, mientras se encuentren en su poder, a mantenerlos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad, así como a evitar la mezcla de fracciones ya seleccionadas que impida o dificulte su posterior valorización o eliminación. A tal fin dispondrá de un parque de acopios con contenedores o envases debidamente acondicionados que deberán permanecer cerrados o cubiertos al menos fuera del horario de trabajo.

La persona poseedora de los residuos de construcción y demolición estará obligada a sufragar los correspondientes costes de gestión y a entregar a la persona productora los certificados y demás documentación acreditativa de la gestión de los residuos a que se hace referencia en el artículo 6, así como a mantener la documentación correspondiente a cada año natural durante los cinco años siguientes.

Las personas poseedoras de residuos de construcción y demolición dispondrán de un archivo físico o telemático, donde se recojan por orden cronológico la cantidad, naturaleza, origen, destino y método de tratamiento de los residuos generados en las obras que ejecuten. Cuando proceda se inscribirá también el medio de transporte y la frecuencia de recogida. En el archivo cronológico se incorporará la información contenida en la acreditación documental de las operaciones de producción y gestión de residuos. Se guardará la información archivada durante, al menos, 3 años.

8. SEGREGACIÓN DE RESIDUOS

Los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor deberán separarse en las siguientes fracciones cuando de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades, de acuerdo con la codificación de la lista europea de residuos:

- a) Hormigón (LER 170101): 10 t.
- b) Ladrillos (LER 170102), tejas y materiales cerámicos (LER 170103): 10 t.
- c) Metal (LER 1704, seleccionando los dos últimos dígitos en función del metal de que se trate): en todos los casos.
- d) Madera (LER 170201): en todos los casos.
- e) Vidrio (LER 170202): 0,25 t.
- f) Plástico (LER 170203): en todos los casos.
- g) Papel y cartón (LER 200101): 0,25 t.
- h) Yeso de falsos techos, molduras y paneles (LER 170802): en todos los casos.

Los residuos que tengan la consideración de peligrosos (tales como amianto, PCBs o alquitranes de hulla), deberán ser segregados del resto de residuos para proceder a su correcto tratamiento por una persona gestora autorizada de residuos peligrosos.

La separación en fracciones se llevará a cabo preferentemente por la persona poseedora de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra en que se produzcan. Cuando por falta de espacio físico o por razones de seguridad no resulte técnicamente viable efectuar dicha separación en origen, la persona poseedora deberá encomendar la separación de fracciones a una persona gestora de residuos en una instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra. En este último caso, la persona poseedora deberá obtener de la persona gestora de la instalación documentación acreditativa de que ésta ha cumplido, en su nombre, con esta obligación.

9. OBLIGACIÓN DE LAS PERSONAS GESTORAS

Sin perjuicio de las obligaciones recogidas en la legislación sobre residuos, las personas gestoras de residuos de construcción y demolición deberán cumplir las siguientes:

- a) Los gestores de residuos de construcción y demolición dispondrán de un archivo, donde se recojan por orden cronológico la cantidad, naturaleza, origen, destino y método de tratamiento de los residuos generados en las obras que ejecuten. Cuando proceda se inscribirá también el medio de transporte y la frecuencia de recogida.

En el archivo cronológico se incorporará la información contenida en la acreditación documental de las operaciones de producción y gestión de residuos.

Se guardará la información archivada durante, al menos, 3 años.

- b) Enviar anualmente al órgano ambiental de la Comunidad Autónoma, y en el caso de los residuos de competencia municipal además a las Entidades Locales competentes, una memoria resumen de la información contenida en el archivo cronológico. Dicha memoria deberá contener, al menos, la identificación de la empresa, las cantidades y las características de los residuos gestionados, su procedencia, los tratamientos efectuados y el destino posterior así como las incidencias relevantes acaecidas en el año inmediatamente anterior.

- c) Extender a la persona poseedora o a la gestora que le entregue residuos de construcción y demolición los certificados acreditativos de la gestión de los residuos recibidos, especificando la persona productora y, en su caso, el número de licencia de la obra de procedencia. Cuando se trate de una persona gestora que lleve a cabo una operación exclusivamente de recogida, almacenamiento, transferencia o transporte, deberá además transmitir a la persona poseedora o a la persona gestora que le entregó los residuos, los certificados de la operación de valorización o de eliminación subsiguiente a que fueron destinados los residuos.

d) En el supuesto de que carezca de autorización para gestionar residuos peligrosos, deberá disponer de un procedimiento de admisión de residuos en la instalación que asegure que, previamente al proceso de tratamiento se almacenarán adecuadamente y derivarán a las personas gestoras autorizadas de residuos peligrosos aquellos que tengan este carácter y puedan llegar a la instalación mezclados con residuos no peligrosos de construcción y demolición.

En este caso deberá comunicarse al órgano ambiental de la Comunidad Autónoma el origen, la cantidad y la tipología de los residuos peligrosos. Esta obligación se entenderá sin perjuicio de las responsabilidades en que pueda incurrir la persona productora, la persona poseedora o, en su caso, la persona gestora precedente que haya enviado dichos residuos a la instalación.

10. ACTIVIDADES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

El desarrollo de actividades de valorización de residuos de construcción y demolición, con independencia de que las mismas se lleven a cabo en plantas fijas o móviles, requerirá autorización previa del órgano ambiental de la Comunidad Autónoma, en los términos establecidos por la normativa de residuos.

La autorización podrá ser otorgada para una o varias de las operaciones que se vayan a realizar, y sin perjuicio de las autorizaciones o licencias exigidas por cualquier otra normativa aplicable a la actividad. Se otorgará por un plazo de 8 años y será susceptible de prórrogas automáticas y sucesivas.

La autorización sólo se concederá previa inspección de las instalaciones en las que vaya a desarrollarse la actividad y comprobación de la cualificación de las personas técnicas responsables de su dirección y de que se garantiza la adecuada formación profesional del personal encargado de su explotación.

Los áridos reciclados y los materiales de construcción obtenidos como producto de una operación de valorización de residuos de construcción y demolición deberán cumplir los requisitos técnicos y legales para el uso a que se destinen, de conformidad con lo que se establezca en la orden que se apruebe en virtud de lo dispuesto en el la Disposición Adicional segunda del Decreto.

11. CONTENIDO MÍNIMO DEL ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

Según el Anexo I del Decreto 112/2012, el contenido mínimo del estudio de gestión de residuos y materiales de construcción y demolición será el siguiente:

- a) Una estimación de la cantidad, expresada en toneladas y en metros cúbicos, de los residuos y materiales de construcción y demolición que se generarán en la obra, codificados con arreglo a la lista europea de residuos publicada por Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, o norma que la sustituya.
- b) Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
- c) Las operaciones de valorización o eliminación a que se destinarán los residuos que se generarán en la obra.
- d) Las medidas para la separación de los residuos en obra.
- e) La descripción de las instalaciones previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra. Así mismo se presentara plano de su emplazamiento dentro de la obra, los criterios utilizados para justificar dicho emplazamiento y las condiciones que deben satisfacerse obligatoriamente en caso de que se pretenda modificar su emplazamiento durante el transcurso de la obra. Cualquier modificación tanto de dichas instalaciones como de su emplazamiento requerirá autorización expresa de la dirección facultativa de la obra.
- f) Las prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
- g) Una valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que formará parte del presupuesto del proyecto en capítulo independiente.

- h) Un inventario de los residuos peligrosos que se generarán.
- i) En obras de demolición de edificios o instalaciones potencialmente contaminados deberá elaborarse un estudio adicional con el contenido que se establece en el anexo II del Decreto.

12. ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS

12.1. ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS

En el Anexo I del Decreto 112/2012 se incluyen una serie de tablas con ratios para hallar la cantidad de residuos y materiales de construcción que se generarán en la obra.

Para obras nuevas de urbanización el ratio global de generación se establece en 0,01875 toneladas por metro cuadrado construido. En la siguiente tabla se indica la generación estimada por CYPE 2021.d para cada tipo de residuo.

LER	DESCRIPCIÓN	MASA (%)	MASA (Kg)	DENSIDAD (Kg/L)	VOLUMEN (L)
01 04 09	Residuos de arena y arcillas.	0,251	38,878	1,600	24,299
01 04 13	Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07.	2,214	342,558	1,500	228,372
06 10 99	Residuos no especificados en otra categoría.	0,002	0,378	0,857	0,441
08 01 11	Residuos de pintura y barniz que contienen disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas.	0,035	5,489	0,889	6,175
17 01 01	Hormigón (hormigones, morteros y prefabricados).	35,376	5.473,710	1,500	3.649,140
17 02 01	Madera.	1,313	203,188	1,100	184,645
17 02 02	Vidrio.	0,293	45,305	1,000	45,305
17 02 03	Plástico.	0,077	11,936	0,598	19,957
17 03 02	Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.	0,040	6,209	1,000	6,209
17 04 05	Hierro y acero.	17,949	2.777,287	2,090	1.328,852
17 04 11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.	0,002	0,344	2,000	0,172
17 05 04	Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.	22,798	3.527,611	1,170	3.015,05
17 09 04	Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.	0,032	4,948	1,574	3,143
20 02 01	Residuos biodegradables.	9,808	1.517,659	1,500	1.011,772
20 03 03	Residuos de la limpieza viaria.	9,808	1.517,659	1,500	1.011,772
TOTAL		100,00	15.473,16	1.325	10.535,31

Tabla 1. Generación estimada de residuos. Fuente: CYPE

12.2. MEDIDAS DE PREVENCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS

Con el fin de generar menos residuos en la fase de ejecución, el constructor asumirá la responsabilidad de organizar y planificar la obra, en cuanto al tipo de suministro, acopio de materiales y proceso de ejecución.

Como criterio general, se adoptarán las siguientes medidas para la planificación y optimización de la gestión de los residuos generados durante la ejecución de la obra:

- Se deberá prever la cantidad de materiales que se necesitan para la ejecución de la obra. Un exceso de materias primas, además de encarecer la obra, es origen de un mayor volumen de residuos sobrantes durante la ejecución.
- Será necesario prever el acopio de los materiales fuera de zonas de tránsito de la obra, de forma que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su utilización, con el fin de evitar residuos procedentes de la rotura o deterioro de piezas.
- En la medida de lo posible, las tareas de derribo se realizarán empleando técnicas de desconstrucción selectiva y desmontaje con el fin de favorecer la reutilización, reciclado y valorización de los residuos.
- Se optimizará al empleo de materiales en obra evitando la sobredosificación o la ejecución con derroche de material especialmente de aquellos con mayor incidencia en la generación de los residuos.
- En la medida de lo posible se favorecerá la elaboración de productos en taller frente a los realizados en la propia obra que habitualmente generan mayor cantidad de residuos.
- Todo personal involucrado en la obra dispondrá los conocimientos mínimos de prevención de residuos y correcta gestión de residuos.
- Se primará el empleo de elementos desmontables o reutilizables frente a otros de similares prestaciones no reutilizables.

- Todos los elementos de madera se replantearán junto con el oficial de carpintería, con el fin de optimizar la solución, minimizar su consumo y generar el menor volumen de residuos.
- El suministro de los elementos metálicos y sus aleaciones, se realizará con las cantidades mínimas y estrictamente necesarias para la ejecución de la fase de la obra correspondiente, evitándose cualquier trabajo dentro de la obra, a excepción del montaje de los correspondientes kits prefabricados.
- Se solicitará de forma expresa a los proveedores que el suministro en obra se realice con la menor cantidad de embalaje posible, renunciando a los aspectos publicitarios, decorativos y superfluos.
- Los útiles de trabajo se deben limpiar inmediatamente después de su uso para prolongar su vida útil.
- Para prevenir la generación de residuos se deberá prever la instalación de un punto de almacenaje de productos sobrantes reutilizables, de modo que en ningún caso puedan enviarse a vertederos, sino que se proceda a su aprovechamiento posterior por parte del constructor.

12.3. OPERACIONES DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

Para la valorización de los residuos se comenzará por separar los materiales sobrantes en diferentes contenedores. Si existiese algún residuo peligroso se deberán habilitar contenedores especiales para los mismos.

Los contenedores vendrán asignados por la cantidad de material de cada tipo que se prevé generar. Todos los contenedores cumplirán la normativa vigente en cuanto a estanqueidad, protección contra el sol si fuera necesario, etc.

Dichos contenedores serán enviados a una empresa de valorización de residuos. La obra no se encargará de ningún tipo de valorización excepto de la reutilización de los materiales sobrantes que puedan ser reutilizados en otra obra.

12.4. MEDIDAS PARA LA SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS EN OBRA

De acuerdo con el Decreto 112/2012, los residuos de construcción y demolición procedentes de obra mayor deberán separarse en las siguientes fracciones cuando de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las siguientes cantidades, de acuerdo con la codificación de la lista europea de residuos:

TIPO DE RESIDUO	CANTIDAD
Hormigón (LER 170101)	10 t
Ladrillos (LER 170102), tejas y materiales cerámicos (LER 170103)	10 t
Metales (LER 1704XX) - Por tipo de metal	Siempre
Madera (LER 170201)	Siempre
Vidrio (LER 170202)	0,25 t
Plásticos (LER 170203)	Siempre
Papel y cartón (LER 200101)	0,25 t
Yeso de falsos techos, molduras y paneles (LER 170802)	Siempre

Tabla 2. Separación de los residuos según la cantidad. Fuente: Decreto 112/2012

Con objeto de conseguir una mejor gestión de los residuos generados en la obra de manera que se facilite su reutilización, reciclaje o valorización y para asegurar las condiciones de higiene y seguridad requeridas, se tomarán las siguientes medidas:

- Las zonas de obra destinadas al almacenaje de residuos quedarán convenientemente señalizadas y para cada fracción se dispondrá un cartel señalizador que indique el tipo de residuo que recoge.
- Todos los envases que lleven residuos deben estar claramente identificados, indicando en todo momento el nombre del residuo, código LER, nombre y dirección del poseedor y el pictograma de peligro en su caso.
- Los residuos se depositarán en las zonas acondicionadas para ellos conforme se vayan generando.

- Los residuos se almacenarán en contenedores adecuados tanto en número como en volumen evitando en todo caso la sobrecarga de los contenedores por encima de sus capacidades límite.
- Los contenedores situados próximos a lugares de acceso público se protegerán fuera de los horarios de obra con lonas o similares para evitar vertidos descontrolados por parte de terceros que puedan provocar su mezcla o contaminación.

12.5. ALMACENAMIENTO DE LOS RESIDUOS

El depósito temporal de residuos de construcción y demolición valorizables (maderas, plásticos, chatarra, etc.) que se realice en contenedores o en acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.

El depósito temporal de los escombros se realizará bien en sacos industriales de volumen inferior a 1 m³ o bien en contenedores metálicos específicos con ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito estará en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos

Los contenedores deberán destacar su visibilidad, especialmente durante la noche. En los mismos debe figurar la siguiente información del titular: razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor o envase y número de inscripción en el Registro de Transportistas de Residuos. Esta información también quedará reflejada en sacos industriales y otros medios de contención y almacenaje de residuos.

El responsable de obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados o cubiertos, al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a las obras a la que prestan servicio.

Los contenedores deben estar etiquetados correctamente, de forma que los trabajadores conozcan dónde deben depositar los residuos. Para el personal de obra, los cuales están bajo la responsabilidad del Contratista y consecuentemente del Poseedor de los Residuos, estarán obligados a los siguientes conceptos:

- Etiquetar de forma conveniente cada uno de los contenedores que se van a usar en función de las características de los residuos que se depositarán.
- Las etiquetas deben informar sobre qué materiales pueden, o no, almacenarse en cada recipiente. La información debe ser clara y comprensible. Las etiquetas deben ser de gran formato y resistentes al agua.
- Utilizar siempre el contenedor apropiado para cada residuo. Las etiquetas se colocan para facilitar la correcta separación de los mismos.
- Los contenedores deben salir de la obra perfectamente cubiertos.
- Los residuos de carácter urbano generados en la obra, restos de comidas, envases, lodos de fosas sépticas, se gestionarán acorde con los preceptos marcados por la legislación, la autoridad municipal y este EGR.

12.6. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES PREVISTAS

Se acondicionará una zona en la parcela donde se ubicarán los contenedores que albergarán los residuos no peligrosos obtenidos como consecuencia de la realización de las obras. Dada la cantidad de residuos calculada, se ha previsto la utilización de 2 contenedores de 7 m³.

Los residuos peligrosos deberán almacenarse de forma controlada, estableciendo un área adecuadamente señalizada, vallada o balizada, garantizando la impermeabilidad y estanqueidad, que pueden ser proporcionadas por un sistema eficaz de cierre de los bidones o envases y su colocación bajo cubierta, protegidos de la lluvia.

Dada la cantidad de residuos estimada, el almacén para residuos peligrosos generados en obra (aceites, baterías, envases contaminados, aerosoles...) constará de dos bidones de 100 litros de capacidad. Dichos residuos peligrosos serán transportados por transportistas autorizados.

12.7. PRESCRIPCIONES TÉCNICAS

Además de las obligaciones previstas en la normativa aplicable, la persona física o jurídica que ejecute la obra estará obligada a presentar a la propiedad de la misma un plan que refleje cómo llevará a cabo las obligaciones que le incumban en relación con los residuos de construcción y demolición que se vayan a producir en la obra. El plan, una vez aprobado por la dirección facultativa y aceptado por la propiedad, pasará a formar parte de los documentos contractuales de la obra.

El poseedor de residuos de construcción y demolición, cuando no proceda a gestionarlos por sí mismo, y sin perjuicio de los requerimientos del proyecto aprobado, estará obligado a entregarlos a un gestor de residuos o a participar en un acuerdo voluntario o convenio de colaboración para su gestión. Los residuos de construcción y demolición se destinarán preferentemente, y por este orden, a operaciones de reutilización, reciclado o a otras formas de valorización, y en última instancia a depósito en vertedero.

Según exige el Real Decreto 105/2008, que regula la producción y gestión de los residuos de construcción y de demolición, el poseedor de los residuos estará obligado a sufragar los correspondientes costes de gestión de los residuos.

El productor de residuos habrá de obtener del poseedor la documentación acreditativa de que los residuos de construcción y demolición producidos en la obra han sido gestionados en la misma o entregados a una instalación de valorización o de eliminación para su tratamiento por gestor de residuos autorizado, en los términos regulados en la normativa y, especialmente, en el plan o en sus modificaciones. Esta documentación será conservada durante cinco años.

En las obras de edificación sujetas a licencia urbanística la legislación autonómica podrá imponer al promotor la obligación de constituir una fianza, o garantía financiera equivalente, que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en dicha licencia en relación con los residuos de construcción y demolición de la obra, cuyo importe se basará en el capítulo específico de gestión de residuos del presupuesto de la obra.

12.8. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

De acuerdo con el principio de quien contamina paga, los costes relativos a la gestión de los residuos tendrán que correr a cargo del productor inicial de residuos, del poseedor actual o del anterior poseedor de residuos.

A continuación, se adjunta una tabla con la estimación económica correspondiente a la gestión de residuos de construcción y demolición.

CONCEPTO	UNIDADES	PRECIO UNITARIO (€)	IMPORTE (€)
Transporte con camión a vertedero	51,02	4,97	253,57
Canon de vertido	51,02	2,61	133,16
Transporte con contenedor de 7 m ³	2	202,76	405,52
Canon vertido contenedor de 7 m ³	2	133,62	267,24
Bidón residuos peligrosos de 100 l	2	59,53	119,06
Transporte bidón RP de 100 l	2	53,86	107,72
Canon vertido bidón RP 100 l	2	142,83	285,66
TOTAL			1.571,93

Tabla 3. Estimación económica. Fuente: CYPE

El presupuesto parcial destinado a la gestión de residuos asciende a la mencionada cantidad de MIL QUINIENTOS SETENTA Y UNO EUROS con NOVENTA Y TRES CÉNTIMOS.

12.9. INVENTARIO DE RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS

Como se ha mencionado en apartados anteriores, el presente Proyecto constructivo no considera la generación de residuos peligrosos. En tal caso, podrán ser objeto de este apartado los residuos que puedan ser generados por la maquinaria necesaria para llevar a cabo las tareas de construcción, tales como aceites, baterías, envases contaminados, aerosoles, etc.

Dichos residuos serán aceites o combustibles y se generarán en cantidades muy pequeñas. Por lo tanto, el inventario de residuos peligrosos se realizará en la obra según el avance de los trabajos.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 11. SERVICIOS AFECTADOS

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. SERVICIOS AFECTADOS.....	3
2.1. RED DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO	3
2.2. LÍNEAS ELÉCTRICAS	5
2.3. ALUMBRADO PÚBLICO	6
2.4. LÍNEAS TELEFÓNICAS.....	7
2.5. CARRETERAS Y CAMINOS.....	7
2.6. CONDUCCIONES DE GAS.....	10

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tapas de registro de la red de abastecimiento. Fuente: Autor	3
Ilustración 2. Fuente de agua potable. Fuente: Autor	4
Ilustración 3. Líneas pertenecientes al Consorcio de Aguas. Fuente: CABB	4
Ilustración 4. Imbornales de recogida de pluviales. Fuente: Autor	5
Ilustración 5. Elementos con contenido eléctrico. Fuente: Autor.....	6
Ilustración 6. Posibles caminos afectados y sus alternativas. Fuente: Google Maps.....	7
Ilustración 7. Escaleras afectadas y su alternativa. Fuente: Google Maps	8
Ilustración 8. Rampa alternativa a las escaleras afectadas. Fuente: Google Maps	8
Ilustración 9. Acceso desde Ernesto Erkoreka y desde Sendeja. Fuente: Autor.....	9
Ilustración 10. Acceso calle Sendeja – Plaza del Gas. Fuente: Google Maps.....	9
Ilustración 11. Acceso desde la calle Quintana. Fuente: Autor	10

1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente anexo es definir los servicios existentes en la zona del Proyecto que resultarán afectados por las obras, así como las reposiciones que serán necesarias con objeto de prestar el servicio que actualmente se está proporcionando.

Para la determinación de los servicios existentes en el emplazamiento donde se desarrollarán las obras se ha realizado un detallado estudio de la zona mediante la información proporcionada por el Ayuntamiento de Bilbao, en concreto la cartografía y la red de saneamiento, y el reconocimiento visual *in situ*.

Sin embargo, no se han podido obtener información de las compañías privadas, esto es, de los servicios de alumbrado público, líneas eléctricas y líneas telefónicas. Por ello, únicamente se han localizado dichos servicios en base al reconocimiento visual *in situ* de los elementos que se encuentran actualmente en la zona, tales como farolas, arquetas, alcantarillas, etc.

2. SERVICIOS AFECTADOS

A continuación, se analizan y describen por separado en función de su naturaleza los siguientes servicios existentes que puedan resultar afectados debido a las obras proyectadas, así como las actuaciones correspondientes a realizar:

- Red de abastecimiento y saneamiento.
- Líneas eléctricas.
- Alumbrado público.
- Líneas telefónicas.
- Carreteras, viales y pistas.
- Conducciones de gas.

2.1. RED DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO

Por parte del Ayuntamiento de Bilbao se ha podido obtener la cartografía correspondiente a la red de saneamiento y abastecimiento municipal existente.

Con respecto a la red de abastecimiento, no consta la afección a las redes principales pero si a la red secundaria de agua potable. Esta conducción se encuentra frente a las escaleras a trasladar y en el perímetro exterior de la explanada inferior que dará acceso al ascensor. Dicha línea, al final del ramal, únicamente da servicio a la fuente de agua potable presente en las inmediaciones del emplazamiento.

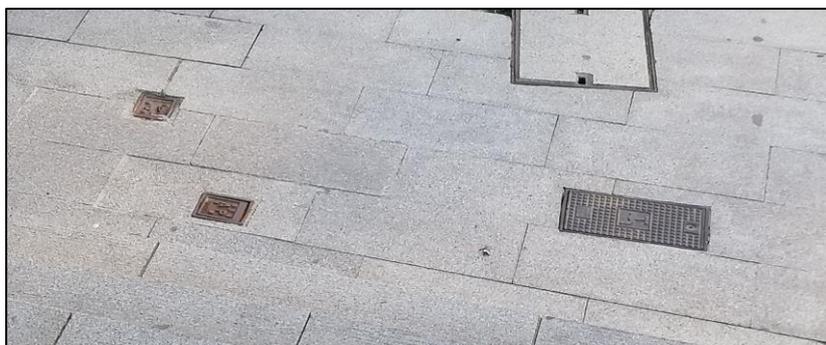


Ilustración 1. Tapas de registro de la red de abastecimiento. Fuente: Autor



Ilustración 2. Fuente de agua potable. Fuente: Autor

En las ilustraciones anteriores se muestran las tapas de registro de la conducción de agua potable y la fuente que se encuentra en las proximidades.

Además, se ha consultado al Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia (CABB) sobre la ubicación exacta de un depósito subterráneo ubicado en las proximidades del Proyecto para asegurar que sus redes no sufren afección alguna.



Ilustración 3. Líneas pertenecientes al Consorcio de Aguas. Fuente: CABB

Según la ilustración anterior, que ubica la canalización a su paso por el paso inferior de la futura pasarela peatonal, se puede afirmar que las obras en principio no supondrán la afección de la red debido a la profundidad de la misma.

Por otro lado, en la red de saneamiento únicamente se valora la afección a los imbornales de recogida de pluviales situados en la superficie de la calzada, tanto en el acceso superior como en el inferior debido a su proximidad. En cuanto a las canalizaciones subterráneas señalar que no se verán afectadas.



Ilustración 4. Imbornales de recogida de pluviales. Fuente: Autor

2.2. LÍNEAS ELÉCTRICAS

Al tratarse de un núcleo urbano, las líneas eléctricas son bastante numerosas y principalmente subterráneas baja y media. En el trazado se ha tratado de evitar, en la medida de lo posible, las afecciones a las redes eléctricas existentes. En aquellos casos en que esto no haya sido posible, se actuará con precaución para evitar los daños que se pudieran ocasionar.

Según el estudio de campo, se ha podido conocer la existencia de unos elementos con contenido eléctrico en su interior que se muestran en la siguiente ilustración, situadas sobre la fachada lateral de la edificación perteneciente a la calle Quintana número 10. El marcaje de las mismas, indica que pertenecen a Iberdrola, S.A. No se considerarán acciones en las mismas y su disposición se mantendrá una vez ejecutado el Proyecto constructivo.



Ilustración 5. Elementos con contenido eléctrico. Fuente: Autor

Tras realizar la solicitud de información a las compañías con instalaciones eléctricas (Red Eléctrica de España, S.A., Iberdrola, S.A.), a fecha de redacción del presente documento, 4 de junio de 2021, no se ha recibido ninguna contestación.

2.3. ALUMBRADO PÚBLICO

Por otro lado, en las diversas visitas de campo efectuadas a la zona, no se han localizado elementos que formen parte del alumbrado público del Ayuntamiento de Bilbao que necesiten la retirada provisional o permanente en el momento de llevar a cabo la ejecución de las obras.

Se han ubicado varias redes que conectan las diferentes luminarias instaladas en la zona. Para la puesta en marcha de las nuevas luminarias instaladas se realizarán las conexiones a dichas redes. Estas redes soportarán el aumento de la potencia añadida que se va a instalar.

2.4. LÍNEAS TELEFÓNICAS

Tras realizar una visualización de la zona, no se ha localizado la existencia de líneas telefónicas en el emplazamiento pero si en las inmediaciones. Dichas líneas serán las que se conectarán con el ascensor ya que, por normativa, debe tener instalado teléfono para casos de emergencia.

Además, se ha realizado la solicitud de dicha información a las compañías con instalaciones telefónicas y de telecomunicaciones en la zona (Telefónica Móviles España, S.A, Telefónica España, S.A, Vodafone y AUNA Telecomunicaciones), a fecha de redacción del presente documento, 4 de junio de 2021, no se ha recibido contestación.

2.5. CARRETERAS Y CAMINOS

En las diversas visitas de campo efectuadas a la zona, se ha estudiado la afección a caminos provocada por la ejecución las obras. La afección de las calzadas próximas al emplazamiento será el mínimo posible y del menor intervalo de tiempo posible. Dichas afecciones estarán en todo momento correctamente señalizadas para evitar accidentes. Una vez llevadas a cabo, se deberán reponer a su estado original.



Ilustración 6. Posibles caminos afectados y sus alternativas. Fuente: Google Maps

Tanto la calle del acceso superior, como la calle Gas tienen una anchura relativamente reducida, por lo que, en caso de necesitar el emplazamiento de maquinaria pesada para llevar a cabo las tareas constructivas, estas se verán afectadas. Además, como se puede ver en la ilustración inmediatamente anterior, existen caminos alternativos.

En el acceso inferior, el acceso mediante las escaleras se verá afectado. En las inmediaciones, como se señala en la siguiente ilustración, existe una rampa que permitirá sustituir el acceso entre la Plaza del Gas y el Parque Etxebarria.



Ilustración 7. Escaleras afectadas y su alternativa. Fuente: Google Maps



Ilustración 8. Rampa alternativa a las escaleras afectadas. Fuente: Google Maps

El acceso al emplazamiento se podrá realizar desde la Plaza Ernesto Erkoreka mediante la retirada de un bolardo, desde el acceso provisional de Sendeja 6 con previa solicitud al Ayuntamiento de Bilbao o a través del Parque Etxebarria.

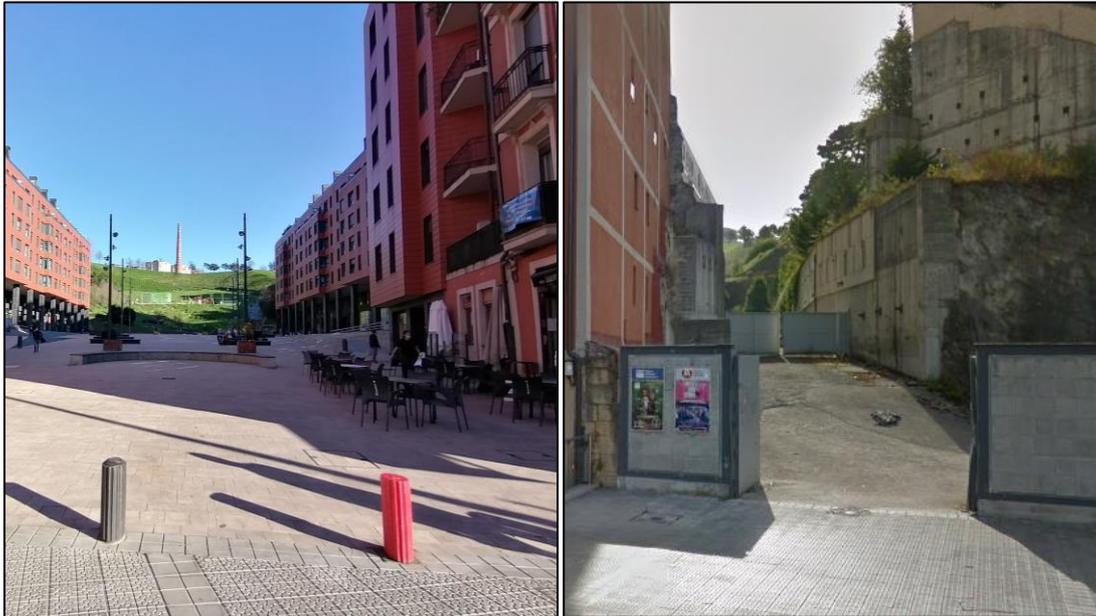


Ilustración 9. Acceso desde Ernesto Erkoreka y desde Sendeja. Fuente: Autor

El acceso desde la calle Sendeja está previsto para la entrada y salida de camiones, materiales y el resto de elementos necesarios para la obra. Dados los posibles riesgos derivados de que los vehículos atravesasen un tramo de acera, este acceso deberá estar vigilado y regulado por personal de obra.

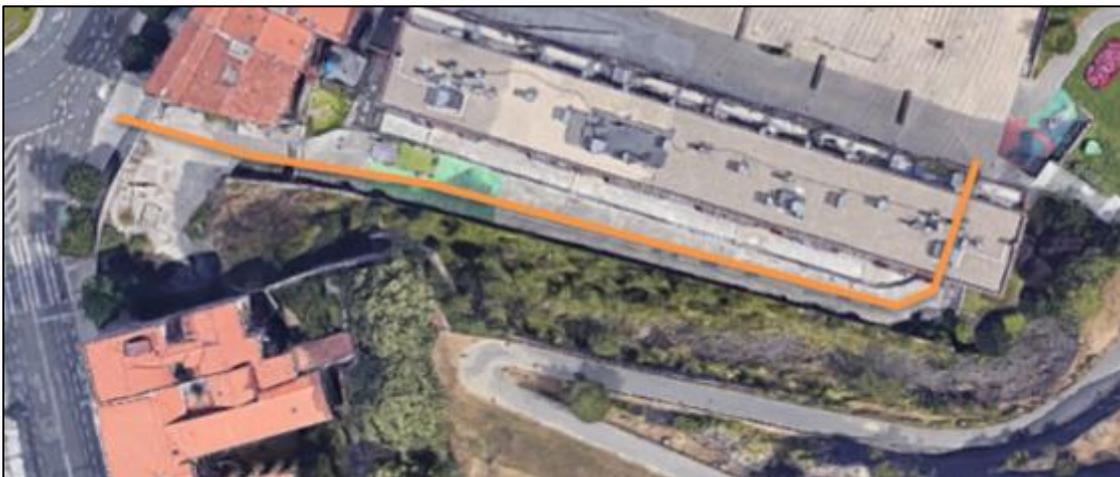


Ilustración 10. Acceso calle Sendeja – Plaza del Gas. Fuente: Google Maps

En caso de no poder acceder por dicho vial debido a las posibles limitaciones de las dimensiones que se muestran en la siguiente ilustración, se hará uso del vial que recorre la Plaza del Gas. En el último de los casos, el acceso se realizará a través del Parque Etxebarria.

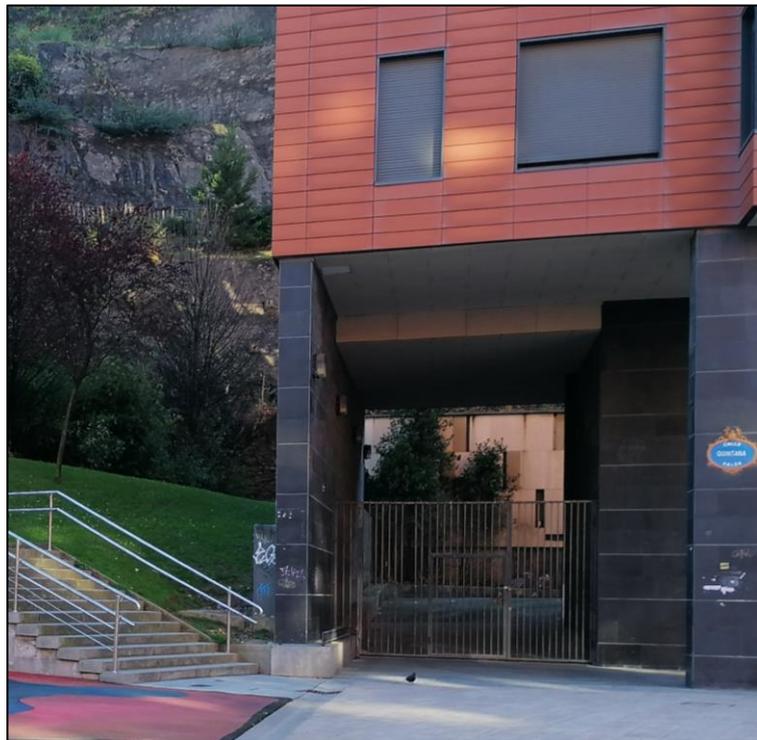


Ilustración 11. Acceso desde la calle Quintana. Fuente: Autor

Una vez realizados los trabajos constructivos, se tendrán que realizar las reposiciones de la zona, que se realizará mediante el mismo material, baldosas y adoquines. La reposición de zonas verdes también se hará con el mismo tipo de vegetación.

2.6. CONDUCCIONES DE GAS

A falta de planos de la red o información específica sobre conducciones de gas y tras la inspección visual de la zona, se puede deducir que en el emplazamiento de Proyecto no se encontrarán conducciones de gas. Esto es debido a que entre la calle Quintana y el Parque Etxebarria no existen edificaciones o instalaciones que requieran dichas conducciones y por tanto, no se tendrá en cuenta su afección en el presente Proyecto.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 12. PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. CONTROL DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS.....	3
2.1. CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS	3
2.2. CONTROL DE RECEPCIÓN MEDIANTE DISTINTIVOS DE CALIDAD Y EVALUACIONES DE IDONEIDAD TÉCNICA.....	4
2.3. CONTROL DE RECEPCIÓN MEDIANTE ENSAYOS.....	4
2.4. CONTROL EN LA RECEPCIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	5
2.4.1. CEMENTOS	5
2.4.2. HORMIGÓN ARMADO	5
2.4.3. ESTRUCTURA METÁLICA.....	6
2.4.4. RED DE SANEAMIENTO.....	6
2.4.5. CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS.....	7
2.4.6. CARPINTERÍA.....	8
2.4.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	8
3. CONTROL DE EJECUCIÓN EN OBRA	9
4. CONTROL EN FASE DE EJECUCIÓN.....	10
4.1. HORMIGÓN ARMADO	10
4.2. ESTRUCTURA METÁLICA.....	10
4.3. RED DE SANEAMIENTO	10
5. CONTROL DE LA OBRA TERMINADA.....	11
5.1. HORMIGÓN ARMADO	11
5.2. ESTRUCTURA METÁLICA.....	11
5.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	11
6. ACTAS DE RESULTADOS E INFORMES.....	12
6.1. ACTAS DE RESULTADOS.....	12
6.2. INFORMES SEMANALES	13
6.3. INFORME FINAL.....	13
7. CERTIFICADO DE CALIDAD.....	14

1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo denominado Plan de Control de Calidad tiene como objeto dar cumplimiento a lo establecido en el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

El control de calidad de las obras debe contemplar:

- El control de recepción de productos, equipos y sistemas.
- El control de la ejecución de la obra.
- El control de la obra terminada.

Para ello:

- El Director de la Ejecución de la Obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el Proyecto, sus anejos y modificaciones.
- El Constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al Director de Obra y al Director de la Ejecución de la Obra la documentación de los productos anteriormente señalada, así como sus instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda.
- La documentación de calidad preparada por el Constructor sobre cada una de las unidades de obra podrá servir, si así lo autorizara el Director de la Ejecución de la Obra, como parte del control de calidad de la obra.

Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el Director de la Ejecución de la Obra en el Colegio Profesional correspondiente o, en su caso, en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten un interés legítimo.

2. CONTROL DE RECEPCIÓN DE LOS PRODUCTOS

El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de todos los productos, equipos y sistemas suministrados que se incorporen de forma permanente en el edificio proyectado, así como sus condiciones, garantías de calidad y control de recepción, satisfacen lo exigido en el Proyecto por la Dirección Facultativa y en la reglamentación vigente.

El Director de Ejecución de la Obra cursará instrucciones al Constructor para que aporte certificados de calidad, el marcado CE para productos, equipos y sistemas que se incorporen a la obra.

Durante la obra se realizarán los controles que se describen en los siguientes subapartados.

2.1. CONTROL DE LA DOCUMENTACIÓN DE LOS SUMINISTROS

Los suministradores entregarán al Constructor, quien los facilitará al Director de Ejecución de la Obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el Proyecto o por la Dirección Facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- Los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- El certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física.
- Los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al marcado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.
- En el caso de hormigones estructurales, el control de documentación se realizará de acuerdo con la EHE. Se deberán facilitar los documentos indicados antes, durante y después del suministro.

2.2. CONTROL DE RECEPCIÓN MEDIANTE DISTINTIVOS DE CALIDAD Y EVALUACIONES DE IDONEIDAD TÉCNICA

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- Los distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el Proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en las condiciones generales de cumplimiento del CTE.
- Las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en las condiciones generales para el cumplimiento del CTE y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.
- El procedimiento para hormigones estructurales es el indicado en la EHE.

El Director de la Ejecución de la Obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

El incumplimiento de alguna de las especificaciones de un producto, salvo demostración de que no suponga un riesgo apreciable, tanto de las resistencias mecánicas como de la durabilidad, será condición suficiente para la no aceptación del producto y, en su caso, de la partida.

2.3. CONTROL DE RECEPCIÓN MEDIANTE ENSAYOS

Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el Proyecto u ordenados por la dirección facultativa.

La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el Proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

2.4. CONTROL EN LA RECEPCIÓN DE MATERIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

2.4.1. CEMENTOS

- **Instrucción para la recepción de cementos (RC-16).** Aprobada por el Real Decreto 256/2016, de 10 de junio (BOE 25/06/2016), por el que se aprueba la instrucción para la recepción de cementos.
 - **Artículo 7.** Consideraciones generales y organización de la recepción.
 - **Artículo 10.** Almacenamiento.
 - **Anejo 4.** Condiciones de suministro relacionadas con la recepción.
 - **Anejo 5.** Recepción mediante la realización de ensayos.
 - **Anejo 6.** Ensayos aplicables en la recepción de los cementos.
 - **Anejo 7.** Garantías asociadas al mercado CE y a la certificación de conformidad con los requisitos reglamentarios.
- **Cementos comunes.** Obligatoriedad del mercado CE para este material (UNE-EN 197-1), aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).
- **Cementos de albañilería.** Obligatoriedad del mercado CE para los cementos de albañilería (UNE-EN 413-1, aprobada por Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

2.4.2. HORMIGÓN ARMADO

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).** Aprobada por Real Decreto 1429/2008 de 21 de agosto (BOE 22/08/2008).
 - **Capítulo XVI.** Control de la conformidad de los productos.

2.4.3. ESTRUCTURA METÁLICA

- **Instrucción de Acero Estructural (EAE).** Aprobado por Real Decreto 751/2011, de 27 de mayo (BOE 23/06/2011).
 - **Capítulo XIX.** Bases generales del control.

2.4.4. RED DE SANEAMIENTO

- **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HE Ahorro de Energía.** Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE 28/03/2006).
 - **Epígrafe 6.** Productos de construcción.
- **Geotextiles y productos relacionados. Requisitos para uso en sistemas de drenaje.** Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 13252), aprobada por Resolución de 4 de abril de 2017 (BOE 17/04/2017).
- **Juntas elastoméricas de tuberías empleadas en canalizaciones de agua y drenaje (de caucho vulcanizado, de elastómeros termoplásticos, de materiales celulares de caucho vulcanizado y de poliuretano vulcanizado).** Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 681-1, 2, 3 y 4) aprobada por Resolución de 6 de marzo de 2006 (BOE 03/04/2006).
- **Canales de drenaje para zonas de circulación para vehículos y peatones.** Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 1433), aprobada por Resolución de 12 de junio de 2003 (BOE 11/07/2003).
- **Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero.** Obligatoriedad del mercado CE para estos productos (UNE-EN 1916), aprobada por Resolución de 12 de noviembre de 2010 (BOE 07/12/2010).

2.4.5. CIMENTACIONES Y ESTRUCTURAS

- **Geotextiles y productos relacionados. Requisitos para uso en movimientos de tierras, cimentaciones y estructuras de construcción.** Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13251), aprobada por Resolución de 4 de abril de 2017 (BOE 17/04/2017).
- **Anclajes metálicos para hormigón.** Obligatoriedad del marcado CE para estos productos, aprobadas por Resolución de 26 de noviembre de 2002 (BOE 19/12/2002) y Resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).
 - **Anclajes metálicos para hormigón.** Guía DITE Nº 001-1, 2, 3 y 4.
- **Aditivos para hormigones y pastas.** Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 6 de abril de 2017 (BOE 28/04/2017).
 - **Aditivos para hormigones y pastas.** UNE-EN 934-2.
 - **Aditivos para hormigones y pastas.** Aditivos para pastas para cables de pretensado. UNE-EN 934-4.
- **Ligantes de soleras continuas de magnesita. Magnesita cáustica y de cloruro de magnesio.** Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 14016-1), aprobada por Resolución de 7 de julio de 2006 (BOE 02/08/2006).
- **Áridos para hormigones, morteros y lechadas.** Obligatoriedad del marcado CE para los productos relacionados, aprobada por Resolución de 6 de abril de 2017 (BOE 28/04/2017).
 - **Áridos para hormigón.** UNE-EN 12620.
 - **Áridos ligeros para hormigones, morteros y lechadas.** UNE-EN 13055-1.
 - **Áridos para morteros.** UNE-EN 13139.

2.4.6. CARPINTERÍA

- **Tableros derivados de la madera para su utilización en la construcción.** Obligatoriedad del marcado CE para estos productos (UNE-EN 13986) aprobada por Resolución de 23 de noviembre de 2015 (BOE 07/12/2015).

2.4.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- **Columnas y báculos de alumbrado.** Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por Resolución de 10 de octubre de 2003 (BOE 31/10/2003) y ampliada por resolución de 1 de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004).
 - **Acero.** UNE-EN 40-5.
 - **Mezcla de polímeros compuestos reforzados con fibra.** UNE-EN 40-7.
- **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).** Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto. (BOE 18/09/2002).
 - **Artículo 6.** Equipos y materiales.
 - **ITC-BT-06.** Materiales. Redes aéreas para distribución en baja tensión.
 - **ITC-BT-07.** Cables. Redes subterráneas para distribución en baja tensión.

3. CONTROL DE EJECUCIÓN EN OBRA

De aquellos elementos que formen parte de la estructura, cimentación y contención, se deberá contar con el visto bueno del Director de Obra, a quién deberá ser puesto en conocimiento por el Director de Ejecución de la Obra cualquier resultado anómalo para adoptar las medidas pertinentes para su corrección.

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el Proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la Dirección Facultativa. En la recepción de la obra ejecutada se tendrán en cuenta las verificaciones que, en su caso, realicen las entidades de control de calidad de la edificación.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

En el control de ejecución de la obra se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en las condiciones generales para el cumplimiento del CTE.

4. CONTROL EN FASE DE EJECUCIÓN

4.1. HORMIGÓN ARMADO

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).** Aprobada por Real Decreto 1429/2008 de 21 de agosto (BOE 22/08/2008).
 - **Capítulo XVII.** Control de la ejecución.

4.2. ESTRUCTURA METÁLICA

- **Instrucción del Acero Estructural (EAE).** Aprobada por Real Decreto 751/2011 de 27 de mayo (23/06/2011).
 - **Capítulo XXII.** Control de la ejecución.

4.3. RED DE SANEAMIENTO

- **Código Técnico de la Edificación, Documento Básico DB HE Ahorro de Energía.** Aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (BOE 28/03/2006).

Fase de recepción de materiales de construcción.

- **Epígrafe 5.** Construcción.

5. CONTROL DE LA OBRA TERMINADA

En la obra terminada en su conjunto, o en partes e instalaciones, parcial o totalmente terminada, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el Proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable.

5.1. HORMIGÓN ARMADO

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).** Aprobada por Real Decreto 1429/2008 de 21 de agosto (BOE 22/08/2008).
 - **Artículo 100.** Control del elemento construido.
 - **Artículo 101.** Controles de la estructura mediante ensayos Complementarios.
 - **Artículo 102.** Control de aspectos medioambientales.

5.2. ESTRUCTURA METÁLICA

- **Instrucción del Acero Estructural (EAE).** Aprobada por Real Decreto 751/2011 de 27 de mayo (BOE 23/06/2011).
 - **Capítulo XXIII.** Control de la ejecución tras la finalización de obra.

5.3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

- **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).** Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto (BOE 18/09/2002).

Fase de recepción de las instalaciones.

- **Artículo 18.** Ejecución y puesta en servicio de las instalaciones.
- **ITC-BT-04.** Documentación y puesta en servicio de las instalaciones.
- **ITC-BT-05.** Verificaciones e inspecciones.

6. ACTAS DE RESULTADOS E INFORMES

6.1. ACTAS DE RESULTADOS

El Laboratorio acreditado encargado de realizar los ensayos de los materiales citados en este Plan de Control de Calidad, emitirá actas de resultados con los datos obtenidos, conteniendo además la siguiente información:

- Nombre y dirección del Laboratorio de Ensayos.
- Nombre y dirección del Cliente.
- Identificación de la obra o precisión de a quién corresponde el material analizado con su número de expediente.
- Definición del material ensayado.
- Fecha de recepción de la muestra, fecha de realización de los ensayos y fecha de emisión del Informe de Ensayo.
- Identificación de la especificación o método de ensayo.
- Identificación de cualquier método de ensayo no normalizado que se haya utilizado.
- Cualquier desviación de lo especificado para el ensayo.
- Descripción del método de muestreo si así es especificado por la normativa vigente o por el Peticionario.
- Identificación de si la muestra para el ensayo se ha recogido en obra o ha sido entregada en el Laboratorio.
- Indicación de las incertidumbres de los resultados, en los casos que se den.
- Firma del Jefe de Área correspondiente, constatando titulación y visto bueno del Director del Laboratorio.

6.2. INFORMES SEMANALES

Al final de cada semana durante la ejecución de la obra, el Laboratorio emitirá un informe resumen de los trabajos realizados durante la misma que contendrán la siguiente información:

- Resumen de los ensayos realizados en obra durante esa semana.
- Interpretación de los resultados en cuanto a su cumplimiento con las especificaciones de la Normativa actual o con el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto.
- Cuantas observaciones se pudieran derivar del cumplimiento del Plan de Control u otras que se crean oportunos sobre el desarrollo del Control de Calidad.

6.3. INFORME FINAL

De igual modo, y al finalizar la ejecución de la Obra, se emitirá por parte del Laboratorio un informe resumen conteniendo la misma información que los anteriores, pero ya de una forma global en cuanto al cumplimiento y seguimiento del Plan de Control.

7. CERTIFICADO DE CALIDAD

Una vez concluida la obra, la Dirección Facultativa de la obra deberá emitir un certificado final de calidad verificando que la obra ha sido realizada conforme a los controles de calidad establecidos en el Proyecto aprobado y la documentación técnica que lo desarrolla y con los ensayos efectuados por el laboratorio acreditado, adjuntando la documentación que procedente.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 13. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. LEGISLACIÓN.....	3
1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN	4
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	5
3. INVENTARIO AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO	6
3.1. MEDIO FÍSICO.....	6
3.1.1. CLIMA	6
3.1.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	6
3.1.3. HIDROLOGÍA.....	7
3.2. MEDIO BIOLÓGICO.....	7
3.2.1. VEGETACIÓN	7
3.2.2. FAUNA	7
3.3. PATRIMONIO CULTURAL.....	7
3.4. PAISAJE	7
3.5. EFECTOS SOCIALES	8
3.5.1. CALIDAD ACÚSTICA	8
3.5.2. SISTEMA TERRITORIAL.....	8
4. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS	9
4.1. CARÁCTER DEL IMPACTO	9
4.2. MATRIZ DE VALORACIÓN RELATIVA DE IMPACTOS	9
4.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO	11
5. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS.....	14
5.1. DELIMITACIÓN DE LA SUPERFICIE A OCUPAR.....	14
5.2. PROTECCIÓN DEL ESTADO DE LAS VÍAS PÚBLICAS	14
5.3. PROTECCIÓN DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	14
5.4. GARANTÍA DE CONTINUIDAD DE LOS SERVICIOS Y ACCESIBILIDAD	15
5.5. GESTIÓN DE RESIDUOS	15
5.6. INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA.....	16
5.7. REVEGETACIÓN	16
6. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL	17
6.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN	18
6.1.1. SEGUIMIENTO DE LAS EMISIONES DE POLVO.....	18
6.1.2. SEGUIMIENTO DE AFECCIONES SOBRE LOS SUELOS	19

6.1.3. SEGUIMIENTO DE LAS AFECCIONES A LA FLORA Y LA FAUNA	19
6.2. FASE DE FUNCIONAMIENTO	20
6.2.1. SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES CONTEMPLADAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA OBRA.....	20
6.3. PRESENTACIÓN DE INFORMES SOBRE EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	20

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de Leopold para la valoración relativa de impactos. Fuente: Autor	10
---	----

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación ambiental, es un procedimiento que incluye el conjunto de estudios, informes y consultas que estiman las consecuencias que un Proyecto causa sobre el medio ambiente y que resulta indispensable para la protección del medio ambiente.

La evaluación facilita la incorporación de los criterios de sostenibilidad en la toma de decisiones estratégicas y garantiza una adecuada prevención de los impactos ambientales concretos que se puedan generar, al tiempo que establece mecanismos eficaces de corrección o compensación.

Por lo tanto, el presente anexo tiene como objetivo identificar, proponer y concretar las medidas protectoras y correctoras correspondientes al impacto ambiental que la obra y su ejecución pueden ocasionar, así como la integración ecológica y paisajística de las actuaciones propuestas en el Proyecto.

1.1. LEGISLACIÓN

La evaluación ambiental ha seguido la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental y la Ley 9/2018, de 5 de diciembre, por la que se modifica la Ley 21/2013.

La ley establece las bases que deben regir la evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, garantizando de forma estatal un elevado nivel de protección ambiental, con el fin de promover un desarrollo sostenible, mediante:

- La integración de los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos.
- El análisis y la selección de las alternativas que resulten ambientalmente viables.
- el establecimiento de las medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente.
- El establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción necesarias para cumplir con las finalidades de esta ley.

Asimismo, dicha ley establece los principios que informarán el procedimiento de evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, así como el régimen de cooperación entre la Administración General del Estado y las comunidades autónomas a través de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente.

1.2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Respecto a la evaluación de impacto ambiental, la ley establece dos tipos de proyectos, los sometidos a una evaluación de impacto ambiental ordinaria y los sometidos a una evaluación de impacto ambiental simplificada.

Principalmente, los proyectos sometidos a una evaluación ordinaria (artículo 7, apartado 1) serán los siguientes:

- Los comprendidos en el Anexo I.
- Los comprendidos en el apartado 2 (proyectos sometidos a una evaluación simplificada) si lo decide el órgano ambiental en el informe de impacto ambiental o si lo solicita el promotor.

Y los proyectos sometidos a una evaluación simplificada (artículo 7, apartado 2) serán los siguientes:

- Los comprendidos en el Anexo II.
- Los que puedan afectar a Espacios Protegidos Red Natura 2000.

El presente Proyecto constructivo no se incluye en ninguno de los proyectos mencionados en los Anexos I y II, por lo que no será estrictamente necesaria su realización. Además, tampoco pertenece a la red ecológica europea formada por las Zonas de Especial Conservación y por las Zonas de Especial Protección para Aves.

Por lo tanto, y a pesar de no ser de obligado cumplimiento, se ha decidido realizar el estudio de impacto ambiental correspondiente a la evaluación de impacto ambiental ordinaria.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El Proyecto de construcción de una pasarela peatonal con ascensor, situado en un ambiente urbano y desarrollado en el presente Proyecto constructivo, engloba las siguientes fases:

- Fase de obra o construcción.
- Fase de funcionamiento.
- Fase de desmantelamiento.

La fase con mayor impacto y la cual representa el presente Proyecto es la de obra o construcción. Esta primera actuación comprende desde la construcción y adecuación de accesos a obra, hasta el movimiento y uso de maquinaria. Es decir, comprende todas las actividades necesarias para la construcción e instalación de los elementos mecánicos proyectados, así como la creación de sus zonas de acceso.

3. INVENTARIO AMBIENTAL Y SOCIOECONÓMICO

Mediante el inventario ambiental y socioeconómico se define el estado preoperacional, en concreto, se trabaja para detectar y evaluar todos los posibles impactos ambientales.

Para ello, previamente se lleva a cabo la recopilación de la información y documentación, preferentemente con ayuda de la Administración.

Para la obtención de parte la información objeto del presente apartado, se ha hecho uso de los visores GeoEuskadi y GeoBilbao, del Gobierno Vasco y del Ayuntamiento de Bilbao, respectivamente.

A continuación, se identifican y enumeran los efectos previsibles directos o indirectos sobre el clima, geología, geomorfología, hidrología, fauna, flora, patrimonio cultural, espacios naturales protegidos, paisaje, ruido, etc.

3.1. MEDIO FÍSICO

3.1.1. CLIMA

Según las características del Proyecto y el estudio del clima realizado en el *Anexo 4. Climatología, hidrología y drenaje*, no se considera necesario incluir la climatología entre los factores a tratar. Esto es debido principalmente a que no representa emisiones de elementos perjudiciales a la atmósfera, tales como gases de efecto invernadero.

3.1.2. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

Debido a las características del Proyecto y según el estudio de la geología y geomorfología realizado en el *Anexo 3. Estudio geológico*, si será uno de los factores a tratar. En concreto, dada la evidente afección del terreno durante la fase de construcción, se considerarán factores de estudio la alteración y pérdida de los suelos así como la alteración de la topografía.

3.1.3.HIDROLOGÍA

El Proyecto se encuentra a 180 metros de la ría de Bilbao, por lo que se considerará como factor de estudio cualquier tipo de vertido derivado de las obras.

3.2. MEDIO BIOLÓGICO

3.2.1.VEGETACIÓN

El emplazamiento del Proyecto se encuentra entre una zona urbanizada y el Parque Etxebarria. Por este motivo, la vegetación principalmente estacionaria y autóctona, será considerada como un factor relevante.

3.2.2.FAUNA

Dadas las características del entorno urbano, no existe de fauna salvaje en la zona. Sin embargo, se tendrán en cuenta los microorganismos y otros animales de reducido tamaño que puedan habitar en la vegetación de la zona.

3.3. PATRIMONIO CULTURAL

En el emplazamiento del Proyecto no existe ningún punto de interés cultural ya sea patrimonio arquitectónico, artístico o arqueológico, por lo que no se considerará entre los factores a tratar.

3.4. PAISAJE

El paisaje de la zona, caracterizado por tratarse de un espacio verde con una visión panorámica de la ciudad, se considera como un factor relevante y afectado debido a razones estéticas durante ciertas etapas de la obra.

3.5. EFECTOS SOCIALES

3.5.1.CALIDAD ACÚSTICA

Durante el proceso de construcción, así como el futuro funcionamiento del Proyecto, se generarán ruidos y vibraciones que supondrán efectos adversos en la zona.

3.5.2.SISTEMA TERRITORIAL

Debido a la ubicación urbana del Proyecto y su proximidad a varias infraestructuras y edificaciones, se considerará la afección entre los factores objeto de estudio.

4. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

A continuación, se realiza la identificación y valoración de impactos en todas las alternativas, tanto las elegidas como las que no, previsibles del Proyecto sobre el clima, geología, geomorfología, hidrología, fauna, flora, patrimonio cultural, espacios naturales protegidos, paisaje, ruido y sus interacciones.

4.1. CARÁCTER DEL IMPACTO

Previo a la exposición de los impactos resulta necesaria la definición de los siguientes conceptos en referencia a su caracterización.

- **Impacto Ambiental Compatible.** Aquel cuya recuperación es inmediata tras el cese de la actividad, y no precisa medidas preventivas o correctoras.
- **Impacto Ambiental Moderado.** Aquel cuya recuperación no precisa medidas preventivas o correctoras intensivas, y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo.
- **Impacto Ambiental Severo.** Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige medidas preventivas o correctoras, y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un período de tiempo dilatado.
- **Impacto Ambiental Crítico.** Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.

4.2. MATRIZ DE VALORACIÓN RELATIVA DE IMPACTOS

Para la evaluación cualitativa de los diferentes impactos producidos durante las tres fases identificadas, se ha realizado una matriz de valoración relativa de impactos. Dicho análisis, identificación y valoración de impactos se llevará a cabo a través de la matriz de Leopold.

La matriz se compone por los factores relevantes ordenados en filas y las acciones o impactos de mayor relevancia dispuestos en columnas. Cuando una acción impacta sobre un factor, se valora la magnitud (1 pequeña a 10 grande) en la mitad superior izquierda y la importancia (1 nula a 10 alta) en la mitad inferior derecha.

El análisis del Proyecto e identificación de impactos ambientales se realiza para las tres fases del Proyecto, esto es, para la fase de obra o construcción (I), para la fase de funcionamiento (II) y para la fase de desmantelamiento (III).

ACCIONES DEL PROYECTO			I				II		III	Impacto por subcomponente	Impacto por componente	Impacto total del Proyecto
			Explanación y obras preparatorias	Cimentación y estructura	Instalación eléctrica	Uso de maquinaria	Funcionamiento de la instalación	Mantenimiento de la instalación	Desmantelamiento			
FACTORES AMBIENTALES												
Físico	Geología	Alteración de la topografía	-1/1	-1/1		-1/1				-3/3	-7	-34
	Suelo	Alteración y pérdida de suelos	-2/2	-1/1					2/2	-1/5		
	Hidrología	Afección a la calidad del agua	-1/1	-1/1		-1/1				-3/3	11	
Biológico	Vegetación	Alteración de la cubierta vegetal	-2/2						3/3	1/5	-15	
	Fauna	Afección a la fauna	-1/1				-1/1	-1/1	2/2	-1/5		
	Paisaje	Afección a la calidad visual	-4/3	-7/5			-7/5		3/3	-15/16	26	
Social	Acústica	Generación de ruido/vibraciones	-2/3	-2/3	-1/1	-1/1	-1/1	-1/1	2/2	-6/12	-12	
	Sistema Territorial	Afección a infraestructuras	-1/1	-1/1	-1/1	-3/3				-6/6	18	55
Impacto por subfases del Proyecto			-14/14	-13/12	-2/2	-6/6	-9/7	-2/2	12/12			
Impacto por fases del Proyecto			-35			34		-11	9	12		
Impacto total del Proyecto			-34							55		-34/55

Tabla 1. Matriz de Leopold para la valoración relativa de impactos. Fuente: Autor

Como se puede observar en la matriz de Leopold, el mayor efecto negativo se dará a consecuencia de la afección a la calidad visual, como factor biológico. Dicha afección estará presente tanto en la fase de obra como en la de funcionamiento, por lo que se establecerán las medidas oportunas para su aminoración.

En segundo lugar, se encuentra la generación de los ruidos y vibraciones producidos por las obras y las afecciones a infraestructuras. A pesar de que estas molestias sean inevitables, es posible implantar ciertas medidas reductoras.

La actuación que produce mayor daño es la fase de construcción y adecuación de accesos en fase de obra. Se trata de una acción de Proyecto necesaria pero con posibilidad de implantación de ciertas medidas reductoras. En cuanto a los medios físicos, no se dan grandes efectos ambientales.

Cabe destacar la baja valoración general tanto de acciones como de factores. Por ello, se puede afirmar que el impacto medioambiental del Proyecto es bajo.

4.3. EVALUACIÓN DEL IMPACTO

A continuación, se recoge la valoración de la magnitud o importancia del impacto, al margen de la posibilidad o no de diseñar y aplicar medidas correctoras o protectoras.

En función de la diferencia entre el estado preoperacional de cada una de las variables del medio afectadas y el estado de las mismas después de la actuación, y siempre teniendo en cuenta las medidas correctoras aplicadas y el desarrollo del programa de supervisión, se incluirán en alguna de las siguientes categorías:

- No significativo.
- Poco Significativo.
- Significativo.
- Muy significativo.

A continuación, se enumerarán y evaluarán los factores ambientales considerados.

- **Alteración de la topografía.** Se trata de un efecto negativo que se da en la fase de obra con la modificación del terreno al realizar el movimiento de tierras para la excavación y posterior cimentación.

El impacto se caracteriza como permanente, directo y compatible, ya que no es posible la aplicación de medidas correctoras. Sin embargo, el movimiento de tierras proyectado es relativamente reducido, por lo que el impacto se considera poco significativo.

- **Alteración y pérdida de suelos.** La alteración y pérdida de suelos es un impacto negativo que se produce en fase de obra con la excavación y ocupación del terreno por la realización de los accesos proyectados.

El impacto se caracteriza como permanente, directo y moderado. La magnitud del impacto se considera no significativa, ya que no se alterarán los suelos existentes debido a la escasa generación de residuos dañinos para los mismos.

- **Afección a la calidad del agua.** La afección a la calidad del agua es un impacto negativo que puede darse en la fase de obra por el vertido de residuos de la excavación o de la utilización de la maquinaria de obra.

El impacto se caracteriza como permanente, directo y severo. La magnitud del impacto se considera no significativa, ya que se aplicarán medidas preventivas para evitar cualquier influencia sobre las aguas de la ría.

- **Afección de la cubierta vegetal.** La alteración de la cubierta vegetal es una afección que se produce en mayor magnitud durante la fase de obras, de carácter negativo, directo y moderado. La magnitud del impacto se considera poco significativa, ya que tras el movimiento de tierras se procederá a la revegetación de la zona.

- **Afección a la fauna.** La afección a la fauna se produce en mayor magnitud durante la fase de obras. Se trata de un factor de carácter negativo, directo y moderado. La magnitud del impacto se considera poco significativa debido a la escasez de fauna existente en la zona.

- **Afección a la calidad visual.** Se trata de un impacto producido en fase de obra y que se conserva en fase de funcionamiento. Resulta de carácter negativo, directo y moderado. La magnitud para ambas fases se ha considerado significativa, ya que la calidad del paisaje variará debido a las dimensiones del ascensor y de la pasarela peatonal, en concreto, desde varios ángulos del Parque Etxebarria.

Señalar que se trata principalmente de una afección visual ya que no resta la visibilidad ni la panorámica de la ciudad desde el Parque Etxebarria debido al emplazamiento escogido. Además, se le dará un acabado que reduzca el impacto visual, tratando de integrarse con el entorno.

- **Generación de ruidos y vibraciones.** Se trata de un impacto producido en fase de obra, pero que abarca las tres fases existentes. Resulta de carácter negativo, directo y moderado. La magnitud del impacto se considera poco significativa, debido a que únicamente colinda con una vivienda y esta no se verá considerablemente afectada.
- **Afección a infraestructuras.** La afección a infraestructuras es un impacto negativo que se produce en fase de obra con la interacción de la maquinaria y en transporte de materiales a través de las infraestructuras existentes en la zona. Se caracteriza como indirecto y moderado. La magnitud del impacto se ha considerado poco significativa, ya que hay buenos accesos y alternativas.

5. MEDIDAS PREVENTIVAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS

A continuación, se enumeran las medidas preventivas, correctoras y compensatorias que se deben analizar o desarrollar para reducir, eliminar o compensar las afecciones y los efectos medioambientales generados.

5.1. DELIMITACIÓN DE LA SUPERFICIE A OCUPAR

Previo al inicio de los trabajos constructivos, se delimitará la superficie a ocupar tanto por la obra en sí, como por los parques de maquinaria, las edificaciones e instalaciones provisionales de obra, áreas de acopio de materiales y los corredores de tránsito que utilizará la maquinaria pesada.

5.2. PROTECCIÓN DEL ESTADO DE LAS VÍAS PÚBLICAS

Debe prestarse especial atención a la salida de camiones y vehículos a la vía pública, debido al embarramiento que estos pudieran causar.

Como medida a esta afección y con el fin de no dificultar la circulación se habilitarán zonas de limpieza previas a la salida de los vehículos de obra. Estas estarán dotadas de elementos de limpieza como mangueras o rodillos.

5.3. PROTECCIÓN DEL ESTADO DE LA CALIDAD DEL AIRE

Con el fin de prevenir y minimizar el efecto del polvo sobre las poblaciones y edificaciones cercanas a la zona de obra y las formaciones de vegetación arbórea, se regarán las superficies afectadas por las obras.

Esta medida consiste en el riego periódico de las superficies de explanación del trazado, de la reposición de caminos y de las zonas de instalaciones auxiliares, de préstamos y de vertido de tierras.

En general, en aquellas zonas en las que tengan lugar movimientos de maquinaria y vehículos o de tierras, incluyendo todos los caminos de acceso a obra, a instalaciones auxiliares, a parques de maquinaria, a zonas de préstamo y a vertederos.

Se realizará con la frecuencia necesaria, dependiendo de las características del suelo y de las condiciones climatológicas y de humedad del suelo, siempre que se produzcan las circunstancias que favorezcan la disgregación de las partículas y la formación de polvo, y que tengan lugar operaciones de construcción que impliquen la excavación y carga de materiales y el transporte de los mismos, así como el movimiento de maquinaria y vehículos de transporte sobre viales de tierra.

Se trata en definitiva de mantener el sustrato en las condiciones de humedad requeridas para evitar la formación de polvo cuando se produzcan las operaciones de obra que la puedan ocasionar.

5.4. GARANTÍA DE CONTINUIDAD DE LOS SERVICIOS Y ACCESIBILIDAD

Durante la fase de obra se respetará la continuidad de todos los servicios y conducciones que puedan verse afectados, además de asegurarse la continuidad de los caminos y la accesibilidad a las viviendas y parcelas cercanas.

5.5. GESTIÓN DE RESIDUOS

Con la intención de minimizar el riesgo de contaminación y debido a la importancia de la gestión de residuos, se ha se ha llevado a cabo su desarrollo y estudio en el *Anexo 10. Gestión de residuos*.

5.6. INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA

Al finalizar la obra, se llevará a cabo una campaña exhaustiva de limpieza, retirando los restos de la obra y desmantelando todas las instalaciones temporales que se hubieran habilitado.

5.7. REVEGETACIÓN

Una vez finalizada la obra y desmanteladas tanto instalaciones temporales como accesos, se procederá a una revegetación de la zona, para evitar el contraste y deterioro de la misma.

6. PROGRAMA DE VIGILANCIA Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL

El Programa de Vigilancia Ambiental establece un sistema que garantiza el cumplimiento de las indicaciones y medidas, protectoras y correctoras, contenidas en el Estudio de Impacto Ambiental, en concreto, en el Anexo VI de la ley 21/2013.

El programa atenderá a la vigilancia, durante la fase de obras, y al seguimiento, durante la fase de explotación del Proyecto. El presupuesto del Proyecto incluirá la vigilancia y seguimiento ambiental, en fase de obras y fase de explotación, en apartado específico, el cual se incorporará al estudio de impacto ambiental.

Los objetivos del Programa de Vigilancia y Seguimiento Ambiental son los siguientes:

- **Vigilancia ambiental durante la fase de obras:**
 - Detectar y corregir desviaciones, con relevancia ambiental, respecto a lo proyectado en el Proyecto de construcción.
 - Supervisar la correcta ejecución de las medidas ambientales.
 - Determinar la necesidad de suprimir, modificar o introducir nuevas medidas.
 - Seguimiento de la evolución de los elementos ambientales relevantes.
- **Seguimiento ambiental durante la fase de explotación.** El estudio de impacto ambiental justificará la extensión temporal de esta fase, considerando la relevancia ambiental de los efectos adversos previstos:
 - Verificar la correcta evolución de las medidas aplicadas en la fase de obras.
 - Seguimiento de la respuesta y evolución ambiental del entorno a la implantación de la actividad.
 - Diseñar los mecanismos de actuación ante la aparición de efectos inesperados o el mal funcionamiento de las medidas correctoras previstas.

6.1. FASE DE CONSTRUCCIÓN

Durante la fase de construcción del elemento mecánico, el Programa de Vigilancia Ambiental se ha basado, para el correcto funcionamiento del mismo, sobre los siguientes indicadores de impactos ambientales:

- Seguimiento de las emisiones de polvo.
- Seguimiento de las afecciones del suelo.
- Seguimiento de las afecciones a la vegetación.

6.1.1. SEGUIMIENTO DE LAS EMISIONES DE POLVO

Para el seguimiento de las emisiones de polvo, producidas en su mayor parte por la maquinaria que trabaja en las obras del parque, se realizarán visitas periódicas a todas las zonas donde se localicen fuentes emisoras. En esas visitas se observará si se cumplen las medidas adoptadas como son:

- Regar las superficies donde potencialmente puede haber una cantidad superior de polvo.
- Velocidad reducida de los camiones por las pistas.
- Vigilancia de las operaciones de carga, descarga y transporte del material.

La toma de datos se realizará mediante inspecciones visuales periódicas en las que se estimará el nivel de polvo existente en la atmósfera y la direcciones predominante del viento estableciendo cuales son los lugares afectados.

Las inspecciones se realizarán una vez por semana, en las horas del día donde las emisiones de polvo se consideren altas. Como norma general, la primera inspección se realizará antes del comienzo de las actividades para tener un conocimiento de la situación previa y poder realizar comparaciones posteriores.

6.1.2.SEGUIMIENTO DE AFECCIONES SOBRE LOS SUELOS

Las tareas que pueden afectar principalmente a los suelos son la apertura de viales y el despeje y desbroce de todas las superficies necesarias para la ejecución de las obras.

Se realizarán visitas periódicas para poder observar directamente el cumplimiento de las medidas establecidas para minimizar el impacto, evitando que las operaciones se realicen fuera de las zonas señaladas para ello. Durante las visitas se observará:

- La vigilancia en el desbroce inicial, desmontes y cualquier otro movimiento de tierra para minimizar la erosión y evitar la posible inestabilidad de los terrenos.
- Modelado de las escombreras para que una vez finalizadas las extracciones y vertidos, la unidad paisajística no se vea muy modificada.
- Acopio de la tierra vegetal de forma que posteriormente se utilice para la regeneración de escombreras, viales o cualquier superficie que sea necesario acondicionar. Los acopios se deberán realizar en los lugares indicados y menos sensibles del territorio. Los montículos de tierra no superarán en ningún caso el metro y medio de altura, para evitar la pérdida de las características de la tierra.

Los posibles cambios detectados en el entorno del parque se registrarán y analizarán para adoptar en cada caso las medidas correctoras necesarias. Se realizará un estudio detectando de la zona afectada, adoptando nuevos diseños, los cuales se intentarán ejecutar con la mayor brevedad posible.

6.1.3.SEGUIMIENTO DE LAS AFECCIONES A LA FLORA Y LA FAUNA

Se seguirá el control de las medidas elegidas para la minimización de los impactos a la flora y fauna del lugar afectado por las obras del Proyecto.

Si se detectara alguna nueva afección a la vegetación o a la o a la fauna del entorno, se procedería al estudio de esta y a la adopción de nuevas medidas correctoras para intentar paliar los problemas encontrados.

6.2. FASE DE FUNCIONAMIENTO

Durante la fase de funcionamiento el aspecto principal a tener en cuenta en el Programa de Vigilancia Ambiental del presente Proyecto constructivo es el seguimiento de las actuaciones contempladas tras la finalización de la obra.

6.2.1. SEGUIMIENTO DE LAS ACTUACIONES CONTEMPLADAS TRAS LA FINALIZACIÓN DE LA OBRA

Se realizará un control de las actuaciones que se realicen a posteriori de la obra. Las tareas a realizar en este seguimiento y control son:

- Seguimiento y vigilancia de las revegetaciones analizando todas las zonas donde se han realizado actuaciones, la situación en la que se encuentran las plantaciones, etc.
- El mantenimiento durante el periodo de garantía de todas las revegetaciones realizadas, de forma que se produzca una integración con el paisaje circundante.
- La correcta limpieza de los restos de las obras en los tajos.

6.3. PRESENTACIÓN DE INFORMES SOBRE EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Cada mes, desde la fecha del comienzo de la obra, se presentará un informe sobre el desarrollo del Programa de Vigilancia Ambiental y sobre el grado de eficacia y cumplimiento de las medidas correctoras y protectoras adoptadas en este estudio. Estos informes concretarán los siguientes puntos:

- Seguimiento de las medidas medioambientales.
- Correlación de los datos existentes entre las distintas actividades de la obra y los efectos e impactos que se van produciendo.
- Eficacia real observada de las medidas correctoras adoptadas tras la fase de obras.

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 14. PLAN DE OBRA

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVO.....	3
3. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	4
4. CRONOGRAMA.....	5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción y plazo de las actividades. Fuente: Autor.....	5
---	---

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo, se presenta el plan de obra referente al Proyecto de la pasarela peatonal con ascensor entre la Plaza del Gas y el Parque Etxebarria en Bilbao.

De esta forma, se pretende proporcionar el desarrollo secuencial de las principales actividades de obra de forma clara y concisa, aunque sea meramente orientativo y pueda verse modificado por múltiples factores.

Por lo tanto, a continuación, se describe el objetivo del plan de obra, se detallan las distintas actividades de obra más relevantes, las agrupaciones generales en los que se ha dividido la obra y el plazo de ejecución de las mismas mediante un cronograma.

2. OBJETIVO

El objetivo del plan de obra es establecer las condiciones de contorno temporales que, desde el punto de vista del proyectista, se consideran razonables para la ejecución de las obras proyectadas.

Por lo tanto, los distintos plazos que a contracción se fijan están basados en la observación de proyectos similares. Además, se han considerado plazos asociados a actividades administrativas, tales como, aprobación de trámites, obtención de permisos para el inicio de las obras, etc.

El plan de obra se ha realizado teniendo en cuenta la necesidad de conseguir los siguientes objetivos:

- Garantizar la viabilidad de la obra, en el menor plazo y coste económico posible.
- Evitar interferencias entre los distintos trabajos a realizar y las características del entorno, garantizando la seguridad y la comodidad de los usuarios afectados.
- Conocer y prever, en la medida de lo posible, el camino crítico y los trabajos que puedan limitar la continuidad de las obras, con el fin de evitar retrasos debidos a estos limitantes o imprevistos.

Señalar que los plazos expuestos a continuación están basados en la observación de proyectos similares anteriores.

3. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

En la siguiente tabla se detallan las actividades que se llevarán a cabo durante la ejecución del Proyecto.

ACTIVIDADES	SUBACTIVIDADES	PLAZO (DÍAS)	
TRABAJOS PREVIOS	Señalización y delimitación de la obra	2	7
	Establecimiento de las instalaciones	3	
	Desbroce y limpieza del terreno	1	
	Replanteo	2	
DEMOLICIONES	Levantado de bordillos, barandillas y vallados	2	4
	Demolición de escaleras	2	
	Demolición de pavimento	1	
MOVIMIENTO DE TIERRAS	Excavación	4	6
	Apuntalamiento y entibación	2	
CIMENTACIÓN	Puesta en obra de equipo completo de perforación	1	21
	Ejecución de pilotes	6	
	Encofrado, armado y hormigonado de encepados	4	
	Ejecución del foso del ascensor	4	
	Encofrado, armado y hormigonado de zapatas	6	
	Encofrado, armado y hormigonado del muro	6	
	Ejecución de las escaleras	3	
ESTRUCTURA METÁLICA	Premontaje del tablero	4	15
	Emplazamiento de pilares	3	
	Colocación de la pasarela	2	
	Montaje de la estructura	6	
ACABADOS	Entarimado de la pasarela	3	7
	Vallado mediante telas metálicas	4	
	Instalación del cerramiento de metacrilato	4	
RED DE DRENAJE	Instalación de canalones y bajantes	2	3
	Conexión a la red de aguas pluviales	1	

ACTIVIDADES	SUBACTIVIDADES	PLAZO (DÍAS)	
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	Canalización y colocación de conducciones	3	9
	Instalación de la luminarias	6	
	Instalación del ascensor	3	
PAVIMENTACIÓN	Terraplenado, extensión y nivelación	3	7
	Pavimentación y chapado	4	
MOBILIARIO URBANO	Instalación de mobiliario urbano	1	3
	Siembra y plantación	2	
PRUEBA DE CARGA	Ejecución de las pruebas de carga	3	3
LIMPIEZA Y ADECUACIÓN	Transporte de materiales sobrantes	2	7
	Desmantelamiento de las instalaciones	3	
	Limpieza y puesta en servicio	2	
GESTIÓN DE RESIDUOS		75	75
CONTROL DE CALIDAD		75	75
SEGURIDAD Y SALUD		75	75

Tabla 1. Descripción y plazo de las actividades. Fuente: Autor

Para minimizar todo lo posible la ejecución de la obra, se ha tratado de establecer simultaneidad entre actividades que puedan desarrollarse al mismo tiempo. Por lo tanto, como se deduce de la tabla anterior, la duración total de la obra se estima en 75 días de trabajo.

4. CRONOGRAMA

A continuación, se adjunta el cronograma elaborado para exponer de forma gráfica el tiempo de dedicación previsto para las distintas actividades, el camino crítico de la obra y la ejecución de varias actividades de forma simultánea.

CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE ETXEBARRIA EN BILBAO

ACTIVIDADES	DÍAS	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15
TRABAJOS PREVIOS	7															
Señalización y delimitación de la obra	2															
Establecimiento de las instalaciones	3															
Desbroce y limpieza del terreno	1															
Replanteo	2															
DEMOLICIONES	4															
Levantado de bordillos, barandillas y vallados	2															
Demolición de escaleras	2															
Demolición de pavimento	1															
MOVIMIENTO DE TIERRAS	6															
Excavación	4															
Apuntalamiento y entibación	2															
CIMENTACIÓN	35															
Encofrado, armado y hormigonado del muro	6															
Puesta en obra de equipo completo de perforación	1															
Ejecución de pilotes	6															
Encofrado, armado y hormigonado de encepados	4															
Ejecución del foso del ascensor	4															
Encofrado, armado y hormigonado de zapatas	6															
Ejecución de las escaleras	3															
ESTRUCTURA METÁLICA	15															
Premontaje del tablero	4															
Emplazamiento de pilares	3															
Colocación de la pasarela	2															
Montaje de la estructura	6															
ACABADOS	11															
Entarimado de la pasarela	3															
Vallado mediante telas metálicas	4															
Instalación del cerramiento de metacrilato	4															
RED DE DRENAJE	3															
Instalación de canalones y bajantes	2															
Conexión a la red de aguas pluviales	1															
INSTALACIÓN ELÉCTRICA	12															
Canalización y colocación de conducciones	3															
Instalación de la luminarias	6															
Instalación del ascensor	3															
PAVIMENTACIÓN	7															
Terraplenado, extensión y nivelación	3															
Pavimentación y chapado	4															
MOBILIARIO URBANO	3															
Instalación de mobiliario urbano	1															
Siembra y plantación	2															
PRUEBA DE CARGA	3															
Ejecución de las pruebas de carga	3															
LIMPIEZA Y ADECUACIÓN	7															
Transporte de materiales sobrantes	2															
Desmantelamiento de las instalaciones	3															
Limpieza y puesta en servicio	2															
GESTIÓN DE RESIDUOS	75															
CONTROL DE CALIDAD	75															
SEGURIDAD Y SALUD	75															

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 15. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. GRUPOS, SUBGRUPOS Y CATEGORÍAS EN LA CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS.....	3
2.1. CLASIFICACIÓN EN GRUPOS Y SUBGRUPOS.....	3
2.2. CLASIFICACIÓN EN GRUPOS.....	7
2.3. CLASIFICACIÓN EN SUBGRUPOS.....	8
2.4. CLASIFICACIÓN EN CATEGORÍAS.....	9
2.5. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN.....	11
2.5.1. ÍNDICE DE TECNICIDAD.....	12
2.5.2. ÍNDICE DE MECANIZACIÓN.....	14
2.5.3. ÍNDICE FINANCIERO.....	15
2.5.4. EXPERIENCIA CONSTRUCTIVA GENERAL.....	15
3. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA.....	16
3.1. PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO.....	16
3.2. PRESUPUESTO POR PARTIDAS.....	16

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de los contratos. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto.....	9
Tabla 2. Importancia de la asistencia técnica contratada. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto.....	13
Tabla 3. Índice de tecnicidad. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto.....	14
Tabla 4. Índice de mecanización. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto.....	14
Tabla 5. Índice financiero. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto.....	15
Tabla 6. Experiencia constructiva general. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto.....	15
Tabla 7. Clasificación para movimiento de tierras. Fuente: Autor.....	16
Tabla 8. Clasificación para puentes, viaductos y grandes estructuras. Fuente: Autor.....	16
Tabla 9. Clasificación para instalaciones eléctricas. Fuente: Autor.....	16

1. INTRODUCCIÓN

El presente anexo tiene como objeto determinar la clasificación del contratista que ha de exigirse en la licitación de las obras definidas en el Proyecto constructivo de la pasarela peatonal con ascensor.

Para su cumplimiento, se ha seguido la siguiente normativa legal vigente:

- Ley 9/2017, de 8 de Noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014 (BOE 09/11/2017).
- Real Decreto 773/2015, de 28 de agosto, por el que se modifican determinados preceptos del Reglamento General de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, aprobado por el Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre (BOE 05/09/2015).
- Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (BOE 26/10/2001).

Según el artículo 77 de la Ley 9/2017, La clasificación de los empresarios como contratistas de obras o como contratistas de servicios de los poderes adjudicadores será exigible y surtirá efectos para la acreditación de su solvencia para contratar, esta se efectuará conforme a los requisitos de solvencia económica y financiera y requisitos de solvencia técnica o profesional.

Para los contratos de obras cuyo valor estimado sea igual o superior a 500.000 euros, el caso del presente proyecto, será requisito indispensable que el empresario se encuentre debidamente clasificado como contratista de obras de los poderes adjudicadores.

Para la conservación de la clasificación deberá justificarse anualmente el mantenimiento de la solvencia económica y financiera y, cada tres años, el de la solvencia técnica y profesional, a cuyo efecto el empresario aportará la correspondiente declaración responsable o en su defecto la documentación actualizada en los términos que se establezcan reglamentariamente.

2. GRUPOS, SUBGRUPOS Y CATEGORÍAS EN LA CLASIFICACIÓN DE CONTRATISTAS

Siguiendo la Ley 9/2017, para los Contratos del Sector Público, la clasificación del empresario en el grupo o subgrupo que en función del objeto del contrato corresponda (por carácter técnico), con categoría igual o superior a la exigida para el contrato (donde se refleja el volumen anual de la obra en ejecución), acreditará sus condiciones de solvencia para contratar.

En el Pliego de Cláusulas Administrativas Particulares deberá constar a qué grupo deberán pertenecer los contratistas para acudir a la licitación, así como la categoría en que deben estar registrados. Dicha categoría se fija en función de la Anualidad Media del Contrato.

La ley para los Contratos del Sector Público establece once grupos, cada uno dividido en subgrupos. El contratista, clasificado en un grupo determinado podrá acudir a los contratos en los que se requiere clasificación en cualquiera de los subgrupos.

2.1. CLASIFICACIÓN EN GRUPOS Y SUBGRUPOS

Según la normativa legal, los grupos y subgrupos de aplicación para la clasificación de empresas en los contratos de obras son los siguientes:

- **Grupo A. Movimiento de tierras y perforaciones.**
 - Subgrupo 1. Desmontes y vaciados.
 - Subgrupo 2. Explanaciones.
 - Subgrupo 3. Canteras.
 - Subgrupo 4. Pozos y galerías.
 - Subgrupo 5. Túneles.
- **Grupo B. Puentes, viaductos y grandes estructuras.**
 - Subgrupo 1. De fábrica u hormigón en masa.

- Subgrupo 2. De hormigón armado.
 - Subgrupo 3. De hormigón pretensado.
 - Subgrupo 4. Metálicos.
 - **Grupo C. Edificaciones.**
 - Subgrupo 1. Demoliciones.
 - Subgrupo 2. Estructuras de fábrica u hormigón.
 - Subgrupo 3. Estructuras metálicas.
 - Subgrupo 4. Albañilería, revocos y revestidos.
 - Subgrupo 5. Cantería y marmolería.
 - Subgrupo 6. Pavimentos y alicatados.
 - Subgrupo 7. Aislamientos e impermeabilizaciones
 - Subgrupo 8. Carpintería de madera.
 - Subgrupo 9. Carpintería metálica.
 - **Grupo D. Ferrocarriles.**
 - Subgrupo 1. Tendidos de vías.
 - Subgrupo 2. Elevados sobre carril o cable.
 - Subgrupo 3. Señalizaciones y enclavamientos.
 - Subgrupo 4. Electrificación de ferrocarriles.
 - Subgrupo 5. Obras de ferrocarriles sin cuantificación específica.
 - **Grupo E. Obras hidráulicas.**
 - Subgrupo 1. Abastecimientos y saneamientos.
 - Subgrupo 2. Presas.
 - Subgrupo 3. Canales.
 - Subgrupo 4. Acequias y desagües.
-

- Subgrupo 5. Defensas de márgenes y encauzamientos.
 - Subgrupo 6. Conducciones con tubería de presión de gran diámetro.
 - Subgrupo 7. Obras hidráulicas sin cuantificación específica.
 - **Grupo F. Obras marítimas.**
 - Subgrupo 1. Dragados.
 - Subgrupo 2. Escolleras.
 - Subgrupo 3. Con bloques de hormigón.
 - Subgrupo 4. Con cajones de hormigón armado.
 - Subgrupo 5. Con pilotes y tablestacas.
 - Subgrupo 6. Faros, radiofaros y señalizaciones marítimas.
 - Subgrupo 7. Obras marítimas sin cuantificación específica.
 - Subgrupo 8. Emisarios submarinos.
 - **Grupo G. Viales y pistas.**
 - Subgrupo 1. Autopistas y autovías.
 - Subgrupo 2. Pistas de aterrizaje.
 - Subgrupo 3. Con firmes de hormigón hidráulico.
 - Subgrupo 4. Con firmes de mezclas bituminosas.
 - Subgrupo 5. Señalizaciones y balizamientos viales.
 - Subgrupo 6. Obras viales sin cuantificación específica.
 - **Grupo H. Transportes de productos petrolíferos y gaseosos.**
 - Subgrupo 1. Oleoductos.
 - Subgrupo 2. Gasoductos.
 - **Grupo I. Instalaciones eléctricas.**
 - Subgrupo 1. Alumbrados, iluminaciones y balizamientos luminosos.
-

- Subgrupo 2. Centrales de producción de energía.
- Subgrupo 3. Líneas eléctricas de transporte.
- Subgrupo 4. Subestaciones.
- Subgrupo 5. Centros de transformación y distribución en alta tensión.
- Subgrupo 6. Distribución en baja tensión.
- Subgrupo 7. Telecomunicaciones e instalaciones radioeléctricas.
- Subgrupo 8. Instalaciones electrónicas.
- Subgrupo 9. Instalaciones eléctricas sin cuantificación específica.
- **Grupo J. Instalaciones mecánicas.**
 - Subgrupo 1. Elevadoras o transportadoras.
 - Subgrupo 2. De ventilación, calefacción y climatización.
 - Subgrupo 3. Frigoríficas.
 - Subgrupo 4. De fontanería y sanitarias.
 - Subgrupo 5. Instalaciones mecánicas sin cuantificación específica.
- **Grupo K. Especiales.**
 - Subgrupo 1. Cimentaciones especiales.
 - Subgrupo 2. Sondeos, inyecciones y pilotajes.
 - Subgrupo 3. Tablestacados.
 - Subgrupo 4. Pinturas y metalizaciones.
 - Subgrupo 5. Ornamentaciones y decoraciones.
 - Subgrupo 6. Jardinería y plantaciones.
 - Subgrupo 7. Restauración de bienes inmuebles histórico-artísticos.
 - Subgrupo 8. Estaciones de tratamientos de aguas.
 - Subgrupo 9. Instalaciones contra incendios.

2.2. CLASIFICACIÓN EN GRUPOS

Excepto en los grupos I, J y K, en los que no existirá clasificación en grupo, para que un contratista pueda ser clasificado en un grupo general de tipo de obra será preciso que reúna las condiciones establecidas para su clasificación en aquellos subgrupos del mismo grupo que por su mayor importancia se consideran como básicos, y que son los siguientes:

- En el grupo A, los subgrupos A-2, explanaciones, y A-5, túneles.
- En el grupo B, los subgrupos B-3, de hormigón pretensado y B-4, metálicos.
- En el grupo C, los subgrupos C-2, estructuras de fábrica u hormigón, o C-3, estructuras metálicas, alternativamente, siempre que además acrediten haber ejecutado construcciones de edificios completos con estructura de cualquiera de las dos clases a que se refieren estos subgrupos.
- En el grupo D, los subgrupos D-1, tendido de vías; D-3, señalizaciones y enclavamientos, y D-4, electrificación de ferrocarriles.
- En el grupo E, los subgrupos E-2, presas; E-3, canales. y E-6, conducciones con tubería de presión gran diámetro.
- En el grupo F, los subgrupos F-1, dragados; F-2, escolleras, y F-4, con cajones de hormigón armado.
- En el grupo G, el subgrupo G-1, autopistas, autovías.
- En el grupo H, los subgrupos H-1, oleoductos, o H-2, gasoductos, alternativamente.

2.3. CLASIFICACIÓN EN SUBGRUPOS

Para que un empresario pueda ser clasificado en un subgrupo de clasificación de contratistas de obras deberá acreditar, por cualquier medio admisible en derecho, que dispone de los medios personales, materiales, organizativos y técnicos necesarios para la ejecución de los trabajos del subgrupo, así como de las habilitaciones o autorizaciones para el ejercicio de la actividad que en su caso se requieran, y será preciso que acredite alguna de las circunstancias siguientes:

- Haber ejecutado obras específicas del subgrupo durante el transcurso de los últimos diez años.
- Haber ejecutado en el último decenio obras específicas de otros subgrupos afines, del mismo grupo, entendiéndose por subgrupos afines los que presenten analogías en cuanto a ejecución y equipos a emplear.
- Haber ejecutado, en el mismo período de tiempo señalado en los apartados anteriores, obras específicas de otros subgrupos del mismo grupo que presenten mayor complejidad en cuanto a ejecución y exijan equipos de mayor importancia, por lo que el subgrupo de que se trate pueda considerarse como dependiente de alguno de aquellos.
- Cuando, sin acreditar haber ejecutado obras específicas del subgrupo en el último decenio, acredite disponer de suficientes medios financieros, de personal experimentado en la ejecución de las obras incluidas en el subgrupo, y de maquinaria o equipos de especial aplicación al tipo de obras incluidas en el subgrupo. A tales efectos, se entenderá que dispone de suficientes medios financieros cuando su patrimonio neto acreditado fehacientemente a la fecha de tramitación del expediente, según el último balance de cuentas aprobadas, supere los importes fijados para la máxima categoría de clasificación que pueda llegar a obtener en cualquiera de los grupos y subgrupos solicitados.

2.4. CLASIFICACIÓN EN CATEGORÍAS

Los contratos de obras se clasifican en categorías según su cuantía. La expresión de la cuantía se efectuará por referencia al valor estimado del contrato, cuando la duración de este sea igual o inferior a un año, y por referencia al valor medio anual del mismo, cuando se trate de contratos de duración superior.

Las categorías de los contratos de obras serán las siguientes:

CATEGORÍA	CUANTÍA
CATEGORÍA 1	$\leq 150.000 \text{ €}$
CATEGORÍA 2	$150.000 \text{ €} < X \leq 360.000 \text{ €}$
CATEGORÍA 3	$360.000 \text{ €} < X \leq 840.000 \text{ €}$
CATEGORÍA 4	$840.000 \text{ €} < X \leq 2.400.000 \text{ €}$
CATEGORÍA 5	$2.400.000 \text{ €} < X \leq 5.000.000 \text{ €}$
CATEGORÍA 6	$> 5.000.000 \text{ €}$

Tabla 1. Categorías de los contratos. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto

Las categorías 5 y 6 no serán de aplicación en los subgrupos pertenecientes a los grupos I, J y K. Para dichos subgrupos la máxima categoría de clasificación será la categoría 4, y dicha categoría será de aplicación a los contratos de dichos subgrupos cuya cuantía sea superior a 840.000 euros.

La asignación de categorías de clasificación se define de la siguiente forma:

- La asignación a un empresario de una categoría de clasificación en un determinado grupo o subgrupo exigirá que el empresario acredite su solvencia económica y financiera en los términos establecidos en este reglamento, y que demuestre su capacidad técnica y profesional para la ejecución de los contratos correspondientes a dicho grupo o subgrupo.
- La categoría asignada al empresario en un subgrupo de clasificación respecto del cual cumpla con los requisitos establecidos en el apartado anterior será fijada tomando como base el mayor de los siguientes valores:
 - El máximo importe anual ejecutado por el contratista en el último decenio en una obra correspondiente al subgrupo.

- El importe máximo ejecutado durante cualquiera de los diez últimos años naturales vencidos, o durante el año en curso si fuera superior, en un máximo de seis obras del subgrupo.

A estos efectos, las obras ejecutadas por una sociedad extranjera filial del contratista de obras tendrán la misma consideración que las directamente ejecutadas por el propio contratista, siempre que este último ostente directa o indirectamente el control de aquélla en los términos establecidos en el Código de Comercio. Cuando se trate de obras ejecutadas por una sociedad extranjera participada por el contratista sin que se cumpla dicha condición, solo se reconocerá como experiencia atribuible al contratista la obra ejecutada por la sociedad participada en la proporción de la participación de aquél en el capital social de esta.

- La cifra básica así obtenida podrá ser mejorada en los porcentajes que a continuación se señalan:
 - Un 20 % fijo, de aplicación general a todos los contratistas, en concepto de natural expansión de las empresas.
 - Hasta un 50 % según cuál sea el número y categoría profesional de su personal directivo y técnico en su relación con el importe anual medio de obra ejecutada en el último quinquenio. También será tomada en consideración, en su caso, la asistencia técnica contratada.
 - Hasta un 70 % en función del importe actual de su parque de maquinaria relacionado también con el importe anual medio de la obra ejecutada en el último quinquenio. Serán también considerados los importes pagados por el concepto de alquiler de maquinaria.
 - Hasta un 80 % como consecuencia de la relación que exista entre el importe medio anual del patrimonio neto en los tres últimos ejercicios y el importe, también medio anual, de la obra ejecutada en el último quinquenio.
 - Hasta un 100 % dependiente del número de años de experiencia constructiva del contratista o de los importes de obra ejecutada en el último quinquenio.
-

Todos los porcentajes que correspondan aplicar operarán directamente sobre la base, por lo que el mínimo aumento que ésta podrá experimentar será de un 20 % y el máximo de un 320 %.

- En los casos comprendidos en el último punto del apartado anterior, solo podrá otorgarse la clasificación con la categoría 1.
- La categoría obtenida directamente en un subgrupo se hará extensiva a todos los subgrupos afines o dependientes del mismo.
- La categoría en un grupo será una resultante de las obtenidas en los subgrupos básicos del mismo, deducida en la forma siguiente:
 - Si el número de subgrupos básicos de un grupo no es superior a dos, la categoría en el grupo será la mínima obtenida en aquellos subgrupos.
 - Si el número de subgrupos básicos de un grupo es superior a dos, la categoría en el grupo será la mínima de las obtenidas en los dos subgrupos en los que haya alcanzado las más elevadas.
- La categoría obtenida en un grupo dará lugar a la clasificación con igual categoría en todos los subgrupos del mismo, salvo que le hubiera correspondido directamente otra mayor en alguno de ellos, en cuyos casos les serán éstas mantenidas.

2.5. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN

A los efectos de lo dispuesto en el apartado anterior la categoría de la clasificación de cada empresa se determinará en función de la experiencia y del índice propio de la empresa que vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$I = 1,2 + T + M + F + E$$

Donde:

I Índice de la empresa.

T Término correspondiente a su índice de tecnicidad.

M Término correspondiente a su índice de mecanización.

F Término correspondiente a su índice financiero.

E Término correspondiente a su experiencia constructiva general.

Este índice de empresa (I) tendrá un valor mínimo de 1,2 y máximo de 4,2 siendo el de los distintos términos que lo componen los deducidos en la forma que se establece en los apartados que se desarrollan a continuación.

2.5.1. ÍNDICE DE TECNICIDAD

- El índice de tecnicidad de una empresa es función dependiente del número y categoría de su personal técnico, tanto el que constituye su plantilla como el representado por la asistencia técnica contratada, y del importe de obra ejecutada.
- A los efectos de su determinación se establece la siguiente escala de puntos:
 - Técnico superior con más de quince años de experiencia profesional, 8 puntos.
 - Técnico superior con menos de quince años y más de cinco años de experiencia profesional, 7 puntos.
 - Técnico superior con menos de cinco años de experiencia profesional, 6 puntos.
 - Técnico medio con más de diez años de experiencia profesional, 5 puntos.
 - Técnico medio con menos de diez años de experiencia profesional, 4 puntos.
 - Técnico no titulado, 3 puntos.
 - Encargado de obras, 2 puntos.
- Las personas con puesto de Director-Gerente, Director-Técnico o asimilable serán puntuadas como incluidas en la categoría inmediata superior a la que por su propio título y circunstancias le corresponda o, en otro caso, a la mayor profesional que alcance el personal de su empresa. Si alguno de ésta alcanzase la categoría máxima de 8 puntos, los cargos directivos se puntuarán como 10 y, en ningún caso, merecerán menos de 6 puntos.

- De no existir técnicos superiores o medios en la empresa, el número de encargados y técnicos no titulados que puntúen no podrá ser superior a 5. De existir aquellos, el número de éstos que puntúen podrá superar la cifra de 5 en la suma del número de técnicos medios multiplicados por dos y del de técnicos superiores multiplicado por tres.
- La asistencia técnica contratada se computará como un porcentaje de incremento sobre la puntuación total obtenida por el personal de plantilla y será apreciada estimativamente por la Comisión de Clasificación considerando la importancia que esta asistencia puede representar en relación con el personal técnico de que dispone la empresa, con arreglo a la siguiente tabla:

IMPORTANCIA DE LA ASISTENCIA TÉCNICA CONTRATADA	ESCASA	MEDIA	ELEVADA
PORCENTAJE DE INCREMENTO EN LA PUNTUACIÓN	5	10	15

Tabla 2. Importancia de la asistencia técnica contratada. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto

- El índice de tecnicidad (T) vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$T = \frac{2 \times 60.101 \times S}{V}$$

Donde:

S Total de puntos obtenidos por la empresa considerando su propio personal técnico y la asistencia técnica contratada.

V Importe anual medio, en euros, de la obra ejecutada en el último quinquenio.

- El valor del término correspondiente al índice de tecnicidad (T) que debe ser considerado en la fórmula del apartado anterior es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones en el que se establecen cuatro escalas diferentes según cual sea la cuantía del importe anual medio de la obra ejecutada en el último quinquenio (V).

V ≤ 900.000	>	-	1,0	1,9	2,8	3,7	4,6
	≤	1,0	1,9	2,8	3,7	4,6	-
900.000 € < 4.500.000 €	>	-	1,0	1,8	2,6	3,4	4,2
	≤	1,0	1,8	2,6	3,4	4,2	-

4.500.000 € < 15.000.000 €	>	-	1,0	1,6	2,2	2,8	3,4
	≤	1,0	1,6	2,2	2,8	3,4	-
V ≥ 15.000.000 €	>	-	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6
	≤	1,0	1,4	1,8	2,2	2,6	-
ÍNDICE DE TECNICIDAD		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Tabla 3. Índice de tecnicidad. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto

2.5.2. ÍNDICE DE MECANIZACIÓN

El índice de mecanización de una empresa es una función dependiente del valor actual de su parque de maquinaria, del importe pagado en concepto de alquiler de maquinaria, y del importe de obra ejecutada.

El índice de mecanización (M) vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$M = \frac{P + 2 \times A}{V}$$

P Valor actual del parque de maquinaria propiedad de la empresa y de la que disponga en régimen de arrendamiento financiero.

A Importe anual medio pagado por alquiler de maquinaria en el último quinquenio.

V Importe anual medio de obra ejecutada en el último quinquenio.

El valor máximo correspondiente al índice de mecanización (M) que debe ser considerado en la fórmula del artículo 30 es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones:

>	-	0,10	0,16	0,22	0,28	0,34	0,40	0,46
≤	0,10	0,16	0,22	0,28	0,34	0,40	0,46	-
M	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7

Tabla 4. Índice de mecanización. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto

2.5.3. ÍNDICE FINANCIERO

El índice financiero de una empresa es la relación existente entre el importe anual medio de sus fondos propios en el último trienio (C) y el importe anual medio de la obra ejecutada en el último quinquenio (V), por lo que vendrá dado por el valor obtenido en la siguiente fórmula:

$$F = C/V$$

El valor del término correspondiente al índice de financiación (F) que debe ser considerado en la fórmula es el dado por el siguiente cuadro de correlaciones:

>	-	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48
≤	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	-
F	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8

Tabla 5. Índice financiero. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto

2.5.4. EXPERIENCIA CONSTRUCTIVA GENERAL

El término de la experiencia constructiva general de la empresa (E) que debe ser considerado en la fórmula del artículo 30 será el mayor que corresponda considerando, bien sus años de antigüedad en el trabajo de la construcción, bien el importe total de obra ejecutada en el último quinquenio, con arreglo a la siguiente tabla:

AÑOS DE EXPERIENCIA	>	-	2	5	10	15	20
	≤	2	5	10	15	20	-
IMPORTE DE OBRA EJECUTADA EN EL ÚLTIMO QUINQUENIO	>	-	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10.500.000	13.500.000
	≤	1.500.000	4.500.000	7.500.000	10.500.000	13.500.000	-
E	=	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0

Tabla 6. Experiencia constructiva general. Fuente: RD 773/2015, de 28 de agosto

3. CLASIFICACIÓN DEL CONTRATISTA

3.1. PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO

El plazo de ejecución de la obra proyectada es de 75 días laborables y 105 días naturales según se indica en el *Anexo 14. Plan de Obra* estudiado y desarrollado previamente.

3.2. PRESUPUESTO POR PARTIDAS

El presupuesto de ejecución material (EM) de la obra asciende a la cantidad de 284.282,15 €.

Según dicta la norma, se exige la clasificación del contratista por la Administración cuando el importe de la obra parcial sea superior al 20% del precio total del contrato.

- **Clasificación para movimiento de tierras:**

GRUPO	SUBGRUPO	EM (€)	%	CATEGORÍA
A	1,2	3.885,67	1,37	2

Tabla 7. Clasificación para movimiento de tierras. Fuente: Autor

- **Clasificación para puentes, viaductos y grandes estructuras:**

GRUPO	SUBGRUPO	EM (€)	%	CATEGORÍA
B	4	77.781,98	27,36	4

Tabla 8. Clasificación para puentes, viaductos y grandes estructuras. Fuente: Autor

- **Clasificación para edificaciones:**

GRUPO	SUBGRUPO	EM (€)	%	CATEGORÍA
C	1,2,3,6,9	111.182,00	39,11	4

Tabla 9. Clasificación para instalaciones eléctricas. Fuente: Autor

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 16. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA..... 2

1. DECLARACIÓN DE OBRA COMPLETA

En cumplimiento con la Ley 9/2017, de 8 de noviembre, de Contratos del Sector Público, por la que se transponen al ordenamiento jurídico español las Directivas del Parlamento Europeo y del Consejo 2014/23/UE y 2014/24/UE, de 26 de febrero de 2014, se manifiesta que el presente Proyecto Constructivo comprende una obra completa en el sentido exigido de dicha ley, ya que comprende todos y cada uno de los elementos que son precisos para la utilización de las obras, siendo susceptibles de ser entregados al uso público, sin interrumpir ningún servicio que afecte a terceros.

Por todo ello, considerando que el presente Proyecto se ha realizado de acuerdo con las Normativas Técnicas y Administrativas vigentes, y que con los documentos que integran este Proyecto se encuentran detallados todos los elementos que lo componen, se somete a la consideración de la Administración para su aprobación y posterior tramitación.



Rubén Eraña Martínez

Ingeniero Civil

Bilbao, 4 de junio de 2021

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

ANEXO 17. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	3

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anexo tiene como objeto la justificación de los precios utilizados en la elaboración del presupuesto. Para el estudio del presupuesto y sus mediciones, se ha hecho uso del software CYPE 2021.d, que integra la gestión y el control de costes para edificación y obra civil.

Los precios utilizados corresponden principalmente con los obtenidos a través del “Generador de precios de la construcción” del software CYPE 2021.d. Por otro lado, el resto de importes ha sido obtenido mediante la consulta a diversas empresas descritas a lo largo del presente Proyecto.

2. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

A continuación, se adjunta la tabla de justificación de precios correspondiente al Proyecto de una pasarela peatonal con ascensor entre la Plaza del Gas y el Parque Etxebarria en Bilbao.

CAPÍTULO 1: DEMOLICIONES				
Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
1.1	m	Levantado de bordillo Levantado de bordillo sobre base de hormigón, con medios manuales y recuperación del 80% del material para su posterior reutilización, sin deteriorar los elementos constructivos contiguos, y carga manual sobre camión o contenedor.		
	0,054 h	Peón especializado construcción.	22,490 €	1,21 €
	0,107 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	2,35 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	3,560 €	0,07 €
		3,000 % Costes indirectos	3,630 €	0,11 €
		Precio total por m		3,74 €
1.2	m	Levantado de barandilla metálica Levantado con medios manuales y equipo de oxicorte, de barandilla metálica en forma recta, de 110 cm de altura, situada en escalera y fijada mediante atornillado en hormigón, sin deteriorar los elementos constructivos a los que está sujeta y recuperación, acopio y montaje del material en el mismo emplazamiento, y carga manual sobre camión o contenedor.		
	2,000 Ud	Anclaje mecánico tipo tornillo de cabeza avellanada con estrella interior de seis puntas para llave Torx, de acero galvanizado.	1,290 €	2,58 €
	0,144 h	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente.	7,490 €	1,08 €
	0,298 h	Oficial 1ª soldador.	25,750 €	7,67 €
	0,595 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	13,06 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	24,390 €	0,49 €
		3,000 % Costes indirectos	24,880 €	0,75 €
		Precio total por m		25,63 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
1.3	m³	Demolición de muro de contención de hormigón armado Demolición de muro de contención de hormigón armado con retroexcavadora con martillo rompedor y equipo de oxicorte, y carga mecánica sobre camión o contenedor.		
	0,383 h	Retroexcavadora sobre neumáticos, de 85 kW, con martillo rompedor.	66,330 €	25,40 €
	0,179 h	Miniretrocargadora sobre neumáticos de 15 kW.	41,790 €	7,48 €
	1,404 h	Equipo de oxicorte, con acetileno como combustible y oxígeno como comburente.	7,490 €	10,52 €
	1,608 h	Oficial 1 ^a soldador.	25,750 €	41,41 €
	0,402 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	8,82 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	93,630 €	1,87 €
		3,000 % Costes indirectos	95,500 €	2,87 €
		Precio total por m³		98,37 €
1.4	m²	Demolición de pavimento exterior de baldosas y/o losetas de hormigón Demolición de pavimento exterior de baldosas y/o losetas de hormigón mediante retroexcavadora con martillo rompedor, y carga mecánica sobre camión o contenedor.		
	0,026 h	Retroexcavadora sobre neumáticos, de 85 kW, con martillo rompedor.	66,330 €	1,72 €
	0,010 h	Miniretrocargadora sobre neumáticos de 15 kW.	41,790 €	0,42 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	2,140 €	0,04 €
		3,000 % Costes indirectos	2,180 €	0,07 €
		Precio total por m²		2,25 €

CAPÍTULO 2: MOVIMIENTO DE TIERRAS

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
2.1	m²	Desbroce y limpieza del terreno Desbroce y limpieza del terreno, con medios manuales. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 15 cm; y carga manual a camión.		
	0,023 h	Desbrozadora equipada con disco de dientes de sierra o con hilo de corte, de 0,42 kW de potencia.	4,050 €	0,09 €
	0,287 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	6,30 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	6,390 €	0,13 €
		3,000 % Costes indirectos	6,520 €	0,20 €
		Precio total por m²		6,72 €
2.2	m³	Desmante en tierra Desmante en tierra, para dar al terreno la rasante de explanación prevista, con empleo de medios mecánicos, y carga a camión.		
	0,053 h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³ .	41,050 €	2,18 €
	0,012 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	0,26 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	2,440 €	0,05 €
		3,000 % Costes indirectos	2,490 €	0,07 €
		Precio total por m³		2,56 €
2.3	m³	Terraplenado para cimiento de terraplén Terraplenado para cimiento de terraplén, mediante el extendido en tongadas de espesor no superior a 30 cm de material de la propia excavación, que cumple los requisitos expuestos en el art. 330.3.1 del PG-3 y posterior compactación con medios mecánicos hasta alcanzar una densidad seca no inferior al 95% de la máxima obtenida en el ensayo Proctor Modificado, realizado según UNE 103501, y ello cuantas veces sea necesario, hasta conseguir la cota de subrasante.		
	0,038 h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³ .	41,050 €	1,56 €
	0,055 h	Camión basculante de 10 t de carga, de 147 kW.	33,500 €	1,84 €
	0,026 h	Motoniveladora de 141 kW.	69,160 €	1,80 €
	0,060 h	Compactador monocilíndrico vibrante autopropulsado, de 129 kW, de 16,2 t, anchura de trabajo 213,4 cm.	63,150 €	3,79 €
	0,025 h	Camión cisterna de 8 m ³ de capacidad.	40,630 €	1,02 €
	0,103 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	2,26 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
	2,000 %	Costes directos complementarios	12,270 €	0,25 €
	3,000 %	Costes indirectos	12,520 €	0,38 €
		Precio total por m³		12,90 €
2.4	m³	Excavación a cielo abierto Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios manuales, y carga manual a camión.		
	1,941 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	42,60 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	42,600 €	0,85 €
	3,000 %	Costes indirectos	43,450 €	1,30 €
		Precio total por m³		44,75 €
2.5	m²	Apuntalamiento y entibación Apuntalamiento y entibación cuajada para una protección del 100%, mediante módulos metálicos, compuestos por paneles de chapa de acero y codales extensibles, amortizables en 200 usos, en zanjas de hasta 3 m de profundidad y de entre 1 y 2 m de anchura.		
	0,005 m ²	Módulo metálico, compuesto por paneles de chapa de acero y codales extensibles, para apuntalamiento y entibación de excavaciones de hasta 3 m de profundidad y entre 1 y 2 m de anchura.	247,360 €	1,24 €
	0,191 h	Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 125 kW.	51,020 €	9,74 €
	0,191 h	Oficial 1ª encofrador.	26,490 €	5,06 €
	0,381 h	Ayudante encofrador.	23,550 €	8,97 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	25,010 €	0,50 €
	3,000 %	Costes indirectos	25,510 €	0,77 €
		Precio total por m²		26,28 €
2.6	m³	Trasporte de tierras dentro de la obra Transporte de tierras con camión de 8 t de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra.		
	0,037 h	Camión basculante de 8 t de carga, de 132 kW.	31,400 €	1,16 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	1,160 €	0,02 €
	3,000 %	Costes indirectos	1,180 €	0,04 €
		Precio total por m³		1,22 €

CAPÍTULO 3: CIMENTACIÓN

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
3.1	m²	Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido con cubilote, en el fondo de la excavación previamente realizada.		
	0,105 m ³	Hormigón de limpieza HL-150/B/20, fabricado en central.	62,280 €	6,54 €
	0,012 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	26,490 €	0,32 €
	0,053 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	23,550 €	1,25 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	8,110 €	0,16 €
		3,000 % Costes indirectos	8,270 €	0,25 €
		Precio total por m²		8,52 €
3.2	Ud	Trasporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de perforación Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo de perforación, para la realización de pilotes de extracción con entubación recuperable, CPI-4, a una distancia de hasta 50 km.		
	1,255 Ud	Transporte, puesta en obra y retirada de equipo completo para perforación de pilote de extracción con entubación recuperable, CPI-4, a una distancia de hasta 50 km, limpieza y retirada de sobrantes.	9.375,800 €	11.766,63 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	11.766,630 €	235,33 €
		3,000 % Costes indirectos	12.001,960 €	360,06 €
		Precio total por Ud		12.362,02 €
3.3	m	Pilote de cimentación de hormigón armado Pilote de cimentación de hormigón armado de 45 cm de diámetro, para grupo de pilotes CPI-4 según NTE-CPI. Ejecutado por extracción de tierras mediante sistema mecánico que se desplaza por el interior de una entubación recuperable y posterior hormigonado continuo sumergido del pilote. Realizado con hormigón HA-25/F/12/IIa fabricado en central con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), con aditivo hidrófugo, y vertido desde camión a través de tubo Tremie, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 6,85 kg/m. Incluso alambre de atar y separadores.		
	3,000 Ud	Separador homologado para pilotes.	0,100 €	0,30 €
	6,850 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	11,10 €
	0,041 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,130 €	0,05 €
	0,183 m ³	Hormigón HA-25/F/12/IIa, fabricado en central, con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), con aditivo hidrófugo.	86,000 €	15,74 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
	0,251 h	Equipo completo para perforación de pilote de extracción con entubación recuperable, CPI-4.	295,970 €	74,29 €
	0,042 h	Oficial 1ª ferrallista.	26,490 €	1,11 €
	0,042 h	Ayudante ferrallista.	23,550 €	0,99 €
	2,283 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	26,490 €	60,48 €
	2,283 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	23,550 €	53,76 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	217,820 €	4,36 €
		3,000 % Costes indirectos	222,180 €	6,67 €
		Precio total por m		228,85 €
3.4	m³	Encepado de hormigón armado		
		Encepado de hormigón armado, agrupando cabezas de pilotes descabezados, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 30 kg/m ³ , correspondiente al conjunto de armaduras propias, de espera de los elementos de atado y centrado de cargas a que haya lugar, y de espera del pilar al que sirve de base para transmitir las cargas al pilotaje. Incluso alambre de atar y separadores.		
	8,000 Ud	Separador homologado para cimentaciones.	0,150 €	1,20 €
	30,000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	48,60 €
	0,210 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,130 €	0,24 €
	1,050 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central, con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.).	75,610 €	79,39 €
	0,273 h	Oficial 1ª ferrallista.	26,490 €	7,23 €
	0,319 h	Ayudante ferrallista.	23,550 €	7,51 €
	0,182 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	26,490 €	4,82 €
	0,728 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	23,550 €	17,14 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	166,130 €	3,32 €
		3,000 % Costes indirectos	169,450 €	5,08 €
		Precio total por m³		174,53 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
3.5	m²	Montaje de sistema de encofrado recuperable de madera para encepado Montaje de sistema de encofrado recuperable de madera, para encepado de grupo de pilotes, formado por tablonces de madera, amortizables en 10 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.		
	0,005 m ³	Madera para encofrar, de 26 mm de espesor.	394,700 €	1,97 €
	0,120 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,130 €	0,14 €
	0,050 kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	7,180 €	0,36 €
	0,030 l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	2,250 €	0,07 €
	0,759 h	Oficial 1ª encofrador.	26,490 €	20,11 €
	0,835 h	Ayudante encofrador.	23,550 €	19,66 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	42,310 €	0,85 €
		3,000 % Costes indirectos	43,160 €	1,29 €
		Precio total por m²		44,45 €
3.6	m³	Viga de atado de hormigón armado Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 40 kg/m ³ . Incluso alambre de atar, y separadores.		
	10,000 Ud	Separador homologado para cimentaciones.	0,150 €	1,50 €
	40,000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	64,80 €
	0,320 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,130 €	0,36 €
	1,050 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central, con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.).	75,610 €	79,39 €
	0,195 h	Oficial 1ª ferrallista.	26,490 €	5,17 €
	0,195 h	Ayudante ferrallista.	23,550 €	4,59 €
	0,107 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	26,490 €	2,83 €
	0,427 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	23,550 €	10,06 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	168,700 €	3,37 €
		3,000 % Costes indirectos	172,070 €	5,16 €
		Precio total por m³		177,23 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
3.7	m ²	Montaje de encofrado recuperable de madera para viga centradora Montaje de sistema de encofrado recuperable de madera, para viga centradora, formado por tablonces de madera, amortizables en 10 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.		
	0,008 m ³	Madera para encofrar, de 26 mm de espesor.	394,700 €	3,16 €
	0,100 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,130 €	0,11 €
	0,050 kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	7,180 €	0,36 €
	0,030 l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	2,250 €	0,07 €
	0,686 h	Oficial 1ª encofrador.	26,490 €	18,17 €
	0,762 h	Ayudante encofrador.	23,550 €	17,95 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	39,820 €	0,80 €
		3,000 % Costes indirectos	40,620 €	1,22 €
		Precio total por m²		41,84 €
3.8	m ³	Foso del ascensor a nivel de cimentación Foso de ascensor a nivel de cimentación, mediante vaso de hormigón armado, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 10 kg/m ³ . Incluso armaduras para formación de zunchos de borde y refuerzos, armaduras de espera, alambre de atar, separadores y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.		
	0,025 m ²	Paneles metálicos de varias dimensiones, para encofrar elementos de hormigón.	53,310 €	1,33 €
	0,100 m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	5,450 €	0,55 €
	0,065 Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	16,580 €	1,08 €
	0,500 m	Fleje de acero galvanizado, para encofrado metálico.	0,300 €	0,15 €
	0,290 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,130 €	0,33 €
	0,500 kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	7,180 €	3,59 €
	0,150 l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	2,250 €	0,34 €
	4,000 Ud	Separador homologado de plástico para armaduras de cimentaciones de varios diámetros.	0,130 €	0,52 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
	8,000 Ud	Separador homologado para muros.	0,060 €	0,48 €
	10,000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	16,20 €
	1,100 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central, con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.).	75,610 €	83,17 €
	2,289 h	Oficial 1ª encofrador.	26,490 €	60,64 €
	3,052 h	Ayudante encofrador.	23,550 €	71,87 €
	0,061 h	Oficial 1ª ferrallista.	26,490 €	1,62 €
	0,092 h	Ayudante ferrallista.	23,550 €	2,17 €
	0,382 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de obra.	26,490 €	10,12 €
	0,763 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	23,550 €	17,97 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	272,130 €	5,44 €
		3,000 % Costes indirectos	277,570 €	8,33 €
		Precio total por m³		285,90 €
3.9	m³	Zapata de cimentación de hormigón armado Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 40 kg/m ³ . Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores.		
	8,000 Ud	Separador homologado para cimentaciones.	0,150 €	1,20 €
	40,000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S.	1,620 €	64,80 €
	0,160 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm.	1,130 €	0,18 €
	1,100 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central, con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.).	75,610 €	83,17 €
	0,098 h	Oficial 1ª ferrallista.	26,490 €	2,60 €
	0,147 h	Ayudante ferrallista.	23,550 €	3,46 €
	0,076 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	26,490 €	2,01 €
	0,687 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	23,550 €	16,18 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	173,600 €	3,47 €
		3,000 % Costes indirectos	177,070 €	5,31 €
		Precio total por m³		182,38 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
3.10	m³	Zapata corrida de cimentación de sección en "T" invertida Zapata corrida de cimentación de sección en "T" invertida, de hormigón armado, realizada en excavación previa, con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 30 kg/m ³ . Incluso armaduras de espera de los pilares u otros elementos, alambre de atar, y separadores.		
	7,000 Ud	Separador homologado para cimentaciones.	0,150 €	1,05 €
	30,000 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	48,60 €
	0,120 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,130 €	0,14 €
	1,100 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central, con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.).	75,610 €	83,17 €
	0,073 h	Oficial 1ª ferrallista.	26,490 €	1,93 €
	0,073 h	Ayudante ferrallista.	23,550 €	1,72 €
	0,076 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	26,490 €	2,01 €
	0,382 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	23,550 €	9,00 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	147,620 €	2,95 €
		3,000 % Costes indirectos	150,570 €	4,52 €
		Precio total por m³		155,09 €
3.11	m³	Muro de contención de tierras de superficie plana sin puntera Muro de contención de tierras de superficie plana, sin puntera, de hormigón armado, de hasta 3 m de altura, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.), y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 22 kg/m ³ . Incluso tubos de PVC para drenaje, alambre de atar y separadores.		
	8,000 Ud	Separador homologado para muros.	0,060 €	0,48 €
	22,440 kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, de varios diámetros.	1,240 €	27,83 €
	0,286 kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	1,130 €	0,32 €
	0,050 m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, con extremo abocardado, según UNE-EN 1329-1.	3,560 €	0,18 €
	1,050 m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central, con Distintivo de calidad Oficialmente Reconocido (D.O.R.).	75,610 €	79,39 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
	0,310 h	Oficial 1ª ferrallista.	26,490 €	8,21 €
	0,395 h	Ayudante ferrallista.	23,550 €	9,30 €
	0,231 h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	26,490 €	6,12 €
	0,922 h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	23,550 €	21,71 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	153,540 €	3,07 €
		3,000 % Costes indirectos	156,610 €	4,70 €
		Precio total por m³		161,31 €
3.12	m²	Montaje y desmontaje en una cara del muro Montaje y desmontaje en una cara del muro, de sistema de encofrado a dos caras con acabado tipo industrial para revestir, realizado con paneles metálicos modulares, amortizables en 150 usos, para formación de muro de hormigón armado, de hasta 3 m de altura y superficie plana, para contención de tierras. Incluso tubos de PVC para formación de mechinales; pasamuros para paso de los tensores; elementos de sustentación, fijación y apuntalamiento necesarios para su estabilidad; y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.		
	0,007 m ²	Paneles metálicos modulares, para encofrar muros de hormigón de hasta 3 m de altura.	205,040 €	1,44 €
	0,007 Ud	Estructura soporte de sistema de encofrado vertical, para muros de hormigón a dos caras, de hasta 3 m de altura, formada por tornapuntas metálicos para estabilización y aplomado de la superficie encofrante.	281,930 €	1,97 €
	0,030 l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	2,250 €	0,07 €
	0,020 m	Tubo de PVC liso, de varios diámetros.	6,830 €	0,14 €
	0,400 Ud	Pasamuros de PVC para paso de los tensores del encofrado, de varios diámetros y longitudes.	0,950 €	0,38 €
	0,359 h	Oficial 1ª encofrador.	26,490 €	9,51 €
	0,392 h	Ayudante encofrador.	23,550 €	9,23 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	22,740 €	0,45 €
		3,000 % Costes indirectos	23,190 €	0,70 €
		Precio total por m²		23,89 €

CAPÍTULO 4: ESTRUCTURA METÁLICA

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
4.1	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas compuestas de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.		
	1,000 kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas compuestas, para aplicaciones estructurales, de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,060 €	1,06 €
	0,018 h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	3,250 €	0,06 €
	0,023 h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	26,490 €	0,61 €
	0,023 h	Ayudante montador de estructura metálica.	23,550 €	0,54 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	2,270 €	0,05 €
		3,000 % Costes indirectos	2,320 €	0,07 €
		Precio total por kg		2,39 €
4.2	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas compuestas de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.		
	1,000 kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas compuestas, para aplicaciones estructurales, de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante. Trabajado y montado en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,060 €	1,06 €
	0,021 h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	3,250 €	0,07 €
	0,028 h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	26,490 €	0,74 €
	0,015 h	Ayudante montador de estructura metálica.	23,550 €	0,35 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	2,220 €	0,04 €
		3,000 % Costes indirectos	2,260 €	0,07 €
		Precio total por kg		2,33 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
4.3	Ud	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado, de 300x300 mm y espesor 20 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 55 cm de longitud total.		
	16,450 kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. Trabajada y montada en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,380 €	22,70 €
	3,471 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	5,62 €
	0,023 h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	3,250 €	0,07 €
	0,776 h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	26,490 €	20,56 €
	0,776 h	Ayudante montador de estructura metálica.	23,550 €	18,27 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	67,220 €	1,34 €
		3,000 % Costes indirectos	68,560 €	2,06 €
		Precio total por Ud		70,62 €
4.4	Ud	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 49 cm de longitud total.		
	12,918 kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. Trabajada y montada en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,380 €	17,83 €
	3,092 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	5,01 €
	0,023 h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	3,250 €	0,07 €
	0,696 h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	26,490 €	18,44 €
	0,696 h	Ayudante montador de estructura metálica.	23,550 €	16,39 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	57,740 €	1,15 €
		3,000 % Costes indirectos	58,890 €	1,77 €
		Precio total por Ud		60,66 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
4.5	Ud	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 450x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 51 cm de longitud total.		
	15,896 kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. Trabajada y montada en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,380 €	21,94 €
	3,218 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	5,21 €
	0,018 h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	3,250 €	0,06 €
	0,661 h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	26,490 €	17,51 €
	0,661 h	Ayudante montador de estructura metálica.	23,550 €	15,57 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	60,290 €	1,21 €
		3,000 % Costes indirectos	61,500 €	1,85 €
		Precio total por Ud		63,35 €
4.6	Ud	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado, de 250x300 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 12 mm de diámetro y 51 cm de longitud total.		
	10,401 kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. Trabajada y montada en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	1,380 €	14,35 €
	1,810 kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	1,620 €	2,93 €
	0,023 h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	3,250 €	0,07 €
	0,599 h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	26,490 €	15,87 €
	0,599 h	Ayudante montador de estructura metálica.	23,550 €	14,11 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	47,330 €	0,95 €
		3,000 % Costes indirectos	48,280 €	1,45 €
		Precio total por Ud		49,73 €

CAPÍTULO 5: PAVIMENTOS Y ACABADOS

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
5.1	m ²	Tarima para exterior formada por tablas de madera maciza de elondo Tarima para exterior, formada por tablas de madera maciza, de elondo, de 35x155x800/2800 mm, resistencia al deslizamiento clase 3, según CTE DB SU, fijadas mediante el sistema de fijación vista, sobre rastreles de madera de pino, de 65x38 mm, con clase de uso 4 según UNE-EN 335, separados 60 cm entre sí y fijados a la solera de hormigón con tacos expansivos metálicos y tirafondos; cepillado y posterior aplicación de dos manos de lasur al agua de secado rápido para exterior, color Pino, acabado satinado rendimiento: 0,083 l/m ² cada mano como tratamiento protector y decorativo. Incluso tirafondos para sujeción de las tablas a los rastreles y piezas especiales.		
	2,500 m	Rastrel de madera de pino, de 65x38 mm, tratada en autoclave, con clase de uso 4 según UNE-EN 335, para apoyo y fijación de las tarimas de exterior.	2,640 €	6,60 €
	1,050 m ²	Tablas de madera maciza, de elondo, de 35x155x800/2800 mm, sin tratar, para cepillado y aplicación de un tratamiento protector y decorativo en obra; resistencia al deslizamiento clase 3, según CTE DB SU; con accesorios de montaje. Según UNE-EN 13810-1 y UNE-EN 14342	66,980 €	70,33 €
	28,000 Ud	Tirafondo latonado, para madera, de cabeza avellanada hexagonal, para llave Allen.	0,240 €	6,72 €
	5,000 Ud	Taco expansivo metálico y tirafondo, para fijación de rastreles o correas de madera sobre soporte base de hormigón.	1,240 €	6,20 €
	0,166 l	Lasur al agua de secado rápido para exterior, color Pino, acabado satinado, a base de resinas acrílicas híbridas y copolímeros de poliuretano, con un agente biocida, contra hongos de mancha azul y moho, con resistencia a la intemperie, para aplicar con brocha, rodillo o pistola sobre pavimentos exteriores de madera, como tratamiento protector y decorativo.	26,620 €	4,42 €
	0,653 h	Oficial 1ª instalador de pavimentos de madera.	25,420 €	16,60 €
	0,653 h	Ayudante instalador de pavimentos de madera.	22,590 €	14,75 €
	0,392 h	Oficial 1ª pintor.	25,420 €	9,96 €
	0,065 h	Ayudante pintor.	22,590 €	1,47 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	137,050 €	2,74 €
		3,000 % Costes indirectos	139,790 €	4,19 €
		Precio total por m²		143,98 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
5.2	m	Vallado de pasarela formado por tela metálica Vallado de parcela formado por tela metálica de alambre ondulado diagonal, de 20 mm de paso de malla y 2 mm de diámetro, acabado galvanizado y postes de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1 m de altura, empotrados en dados de hormigón, en pozos excavados en el terreno. Incluso accesorios para la fijación de la tela metálica a los postes metálicos.		
	0,220 Ud	Poste intermedio de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 1 m.	7,670 €	1,69 €
	0,060 Ud	Poste interior de refuerzo de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 1 m.	8,500 €	0,51 €
	0,040 Ud	Poste extremo de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 1 m.	10,430 €	0,42 €
	0,200 Ud	Poste en escuadra de tubo de acero galvanizado de 48 mm de diámetro y 1,5 mm de espesor, altura 1 m.	11,760 €	2,35 €
	1,200 m ²	Tela metálica de alambre ondulado diagonal, de 20 mm de paso de malla y 2 mm de diámetro, acabado galvanizado.	4,490 €	5,39 €
	1,000 Ud	Accesorios para la fijación de la tela metálica a los postes metálicos.	0,890 €	0,89 €
	0,015 m ³	Hormigón HM-20/B/20/I, fabricado en central.	69,000 €	1,04 €
	0,141 h	Ayudante construcción de obra civil.	22,590 €	3,19 €
	0,127 h	Oficial 1ª montador.	26,120 €	3,32 €
	0,127 h	Ayudante montador.	22,590 €	2,87 €
	3,000 %	Costes directos complementarios	21,670 €	0,65 €
		3,000 % Costes indirectos	22,320 €	0,67 €
		Precio total por m		22,99 €
5.3	m²	Lasur sintético para exteriores Lasur sintético, para exteriores, incoloro, acabado satinado, sobre superficie de carpintería de madera, preparación del soporte, mano de fondo protector, insecticida, fungicida y termicida (rendimiento: 0,24 l/m ²) y dos manos de acabado con lasur sintético a poro abierto (rendimiento: 0,083 l/m ² cada mano).		
	0,240 l	Fondo protector, insecticida, fungicida y termicida para exterior, transparente e incoloro, con base disolvente, destinado al tratamiento preventivo de la madera, aplicado por pulverización, pincelado o inmersión.	15,710 €	3,77 €
	0,166 l	Lasur sintético para exterior, a poro abierto, acabado satinado, a base de resinas alcídicas y filtros ultravioleta, incoloro, aplicado con brocha, pincel o pistola.	30,200 €	5,01 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
	0,423 h	Oficial 1ª pintor.	25,420 €	10,75 €
	0,066 h	Ayudante pintor.	22,590 €	1,49 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	21,020 €	0,42 €
		3,000 % Costes indirectos	21,440 €	0,64 €
		Precio total por m²		22,08 €
5.4	m²	Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético sobre viga Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color blanco, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m ² cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación sintética antioxidante de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color gris, acabado mate (rendimiento: 0,125 l/m ²), sobre viga formada por piezas compuestas de perfiles laminados de acero.		
	0,125 l	Imprimación sintética antioxidante de secado rápido, color gris, acabado mate, a base de resinas alquídicas, pigmentos orgánicos, pigmentos inorgánicos, pigmentos antioxidantes y disolvente formulado a base de una mezcla de hidrocarburos, para aplicar con brocha, rodillo o pistola sobre superficies metálicas.	3,320 €	0,42 €
	0,154 l	Esmalte sintético de secado rápido, para exterior, color blanco, acabado brillante, a base de resinas alquídicas, pigmentos orgánicos, pigmentos inorgánicos, pigmentos antioxidantes y disolvente formulado a base de una mezcla de hidrocarburos, para aplicar con brocha, rodillo o pistola sobre superficies metálicas.	14,170 €	2,18 €
	0,011 Ud	Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor diésel, de 16 m de altura máxima de trabajo, incluso mantenimiento y seguro de responsabilidad civil.	123,060 €	1,35 €
	1,060 h	Oficial 1ª pintor.	25,420 €	26,95 €
	0,180 h	Ayudante pintor.	22,590 €	4,07 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	34,970 €	0,70 €
		3,000 % Costes indirectos	35,670 €	1,07 €
		Precio total por m²		36,74 €
5.5	m²	Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético sobre pilar Aplicación manual de dos manos de esmalte sintético de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color blanco, acabado brillante, (rendimiento: 0,077 l/m ² cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación sintética antioxidante de secado rápido, a base de resinas alquídicas, color gris, acabado mate (rendimiento: 0,125 l/m ²), sobre pilar formado por piezas compuestas de perfiles laminados de acero.		

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
0,125 l		Imprimación sintética antioxidante de secado rápido, color gris, acabado mate, a base de resinas alquídicas, pigmentos orgánicos, pigmentos inorgánicos, pigmentos antioxidantes y disolvente formulado a base de una mezcla de hidrocarburos, para aplicar con brocha, rodillo o pistola sobre superficies metálicas.	3,320 €	0,42 €
0,154 l		Esmalte sintético de secado rápido, para exterior, color blanco, acabado brillante, a base de resinas alquídicas, pigmentos orgánicos, pigmentos inorgánicos, pigmentos antioxidantes y disolvente formulado a base de una mezcla de hidrocarburos, para aplicar con brocha, rodillo o pistola sobre superficies metálicas.	14,170 €	2,18 €
0,011 Ud		Alquiler diario de cesta elevadora de brazo articulado, motor diésel, de 16 m de altura máxima de trabajo, incluso mantenimiento y seguro de responsabilidad civil.	123,060 €	1,35 €
0,971 h		Oficial 1ª pintor.	25,420 €	24,68 €
0,173 h		Ayudante pintor.	22,590 €	3,91 €
2,000 %		Costes directos complementarios	32,540 €	0,65 €
		3,000 % Costes indirectos	33,190 €	1,00 €
Precio total por m²				34,19 €
5.6	m²	Aplicación manual de dos manos de pintura plástica color a elegir		
		Aplicación manual de dos manos de pintura plástica color a elegir, acabado mate, textura lisa, la primera mano diluida con un 15 a 20% de agua y la siguiente diluida con un 5 a 10% de agua o sin diluir, (rendimiento: 0,1 l/m ² cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación acrílica, reguladora de la absorción, sobre paramento exterior.		
0,096 l		Imprimación acrílica, reguladora de la absorción a base de copolímeros acrílicos color a elegir, con un contenido de sustancias orgánicas volátiles (VOC) < 5 g/l, para aplicar con brocha, rodillo o pistola.	7,490 €	0,72 €
0,200 l		Pintura para exteriores, a base de polímeros acrílicos en emulsión acuosa, color a elegir, acabado mate, textura lisa, impermeabilizante y transpirable, con un contenido de sustancias orgánicas volátiles (VOC) < 5 g/l, con Etiqueta Ecológica Europea (EEE); para aplicar con brocha, rodillo o pistola, según UNE-EN 1504-2.	12,950 €	2,59 €
0,204 h		Oficial 1ª pintor.	25,420 €	5,19 €
0,204 h		Ayudante pintor.	22,590 €	4,61 €
2,000 %		Costes directos complementarios	13,110 €	0,26 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
		3,000 % Costes indirectos	13,370 €	0,40 €
		Precio total por m²		13,77 €
5.7	m²	Vidrio de silicato sodocálcico templado de control solar Vidrio de silicato sodocálcico templado de control solar, incoloro, de 8 mm de espesor, clasificación de prestaciones 1C2, según UNE-EN 12600, fijado sobre carpintería con acañado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora (no acrílica), compatible con el material soporte.		
	1,006 m ²	Vidrio de silicato sodocálcico templado de control solar, incoloro, de 8 mm de espesor, clasificación de prestaciones 1C2, según UNE-EN 12600. Según UNE-EN 12150-1.	56,700 €	57,04 €
	0,290 Ud	Cartucho de 310 ml de silicona neutra, incolora, dureza Shore A aproximada de 23, según UNE-EN ISO 868 y recuperación elástica >=80%, según UNE-EN ISO 7389.	6,010 €	1,74 €
	1,500 Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,310 €	1,97 €
	0,862 h	Oficial 1ª cristalero.	27,140 €	23,39 €
	0,862 h	Ayudante cristalero.	24,130 €	20,80 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	104,940 €	2,10 €
		3,000 % Costes indirectos	107,040 €	3,21 €
		Precio total por m²		110,25 €
5.8	m²	Capa de mezcla bituminosa continua en caliente AC22 bin D Capa de 8 cm de espesor de mezcla bituminosa continua en caliente AC22 bin D, para capa intermedia, de composición densa, con árido granítico de 22 mm de tamaño máximo y betún asfáltico de penetración.		
	0,184 t	Mezcla bituminosa continua en caliente AC22 bin D, para capa intermedia, de composición densa, con árido granítico de 22 mm de tamaño máximo y betún asfáltico de penetración, según UNE-EN 13108-1.	54,070 €	9,95 €
	0,002 h	Extendidora asfáltica de cadenas, de 81 kW.	81,430 €	0,16 €
	0,003 h	Rodillo vibrante tándem autopropulsado, de 24,8 kW, de 2450 kg, anchura de 100 cm.	16,810 €	0,05 €
	0,002 h	Compactador de neumáticos autopropulsado, de 12/22 t.	58,990 €	0,12 €
	0,005 h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	25,420 €	0,13 €
	0,023 h	Ayudante construcción de obra civil.	22,590 €	0,52 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	10,930 €	0,22 €
		3,000 % Costes indirectos	11,150 €	0,33 €
		Precio total por m²		11,48 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
5.9	m ²	Solado de baldosas de granito Blanco Cristal Solado de baldosas de granito Blanco Cristal, para interiores, 60x40x2 cm, acabado abujardado, recibidas con adhesivo cementoso mejorado, C2 y rejuntadas con mortero de juntas cementoso, CG1, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), con la misma tonalidad de las piezas.		
	8,000 kg	Adhesivo cementoso mejorado, C2 TE, con deslizamiento reducido y tiempo abierto ampliado, compuesto de cemento, áridos seleccionados, aditivos especiales y resinas, para la colocación en capa fina de pavimentos de piedra natural.	1,190 €	9,52 €
	1,050 m ²	Baldosa de granito nacional, Blanco Cristal, 60x40x2 cm, acabado abujardado, según UNE-EN 12058.	57,050 €	59,90 €
	0,150 kg	Mortero de juntas cementoso, CG1, para junta mínima entre 1,5 y 3 mm, según UNE-EN 13888.	0,720 €	0,11 €
	0,441 h	Oficial 1ª solador.	25,420 €	11,21 €
	0,441 h	Ayudante solador.	22,590 €	9,96 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	90,700 €	1,81 €
		3,000 % Costes indirectos	92,510 €	2,78 €
		Precio total por m²		95,29 €
5.10	m ²	Chapado con plaquetas prefabricadas de hormigón Chapado con plaquetas prefabricadas de hormigón, color gris, 20x40x2 cm, fijadas con mortero de cemento M-5, en paramento vertical, hasta 3 m de altura.		
	1,050 m ²	Plaqueta prefabricada de hormigón gris, 20x40x2 cm.	11,000 €	11,55 €
	0,025 m ³	Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/6.	119,170 €	2,98 €
	0,150 kg	Mortero de juntas para prefabricados de hormigón y piedra artificial, compuesto de cemento, áridos, pigmentos y aditivos especiales.	2,550 €	0,38 €
	0,430 h	Oficial 1ª construcción.	25,420 €	10,93 €
	0,430 h	Ayudante construcción.	22,590 €	9,71 €
	0,430 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	9,44 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	44,990 €	0,90 €
		3,000 % Costes indirectos	45,890 €	1,38 €
		Precio total por m²		47,27 €

CAPÍTULO 6: RED DE DRENAJE

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
6.1	m	Canalón circular de PVC		
		Canalón circular de PVC con óxido de titanio, de desarrollo 250 mm, color gris claro.		
	1,100 m	Canalón circular de PVC con óxido de titanio, de desarrollo 250 mm, color gris claro, unión pegada con adhesivo, según UNE-EN 607. Incluso soportes, esquinas, tapas, remates finales, piezas de conexión a bajantes y piezas especiales.	5,280 €	5,81 €
	0,233 h	Oficial 1ª fontanero.	26,120 €	6,09 €
	0,233 h	Ayudante fontanero.	22,560 €	5,26 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	17,160 €	0,34 €
		3,000 % Costes indirectos	17,500 €	0,53 €
		Precio total por m		18,03 €
6.2	m	Bajante exterior de PVC		
		Bajante exterior de la red de evacuación de aguas pluviales, formada por tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor; unión pegada con adhesivo. Incluso líquido limpiador, adhesivo para tubos y accesorios de PVC, material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales.		
	1,000 Ud	Material auxiliar para montaje y sujeción a la obra de las tuberías de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro.	0,200 €	0,20 €
	1,000 m	Tubo de PVC, serie B, de 75 mm de diámetro y 3 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1, con el precio incrementado el 20% en concepto de accesorios y piezas especiales.	3,930 €	3,93 €
	0,011 l	Líquido limpiador para pegado mediante adhesivo de tubos y accesorios de PVC.	16,530 €	0,18 €
	0,006 l	Adhesivo para tubos y accesorios de PVC.	22,910 €	0,14 €
	0,113 h	Oficial 1ª fontanero.	26,120 €	2,95 €
	0,056 h	Ayudante fontanero.	22,560 €	1,26 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	8,660 €	0,17 €
		3,000 % Costes indirectos	8,830 €	0,26 €
		Precio total por m		9,09 €

CAPÍTULO 7: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
7.1	Ud	Luminaria BOB18 de Linea Light Group De aluminio texturizado empotrado en la solera con lámpara LED y potencia de 7W con montaje incluido. De superficie redondeada, presenta un diámetro de 185 mm y una profundidad de 130 mm. El cuerpo y la montura están formados por aluminio texturado y el difusor es de vidrio transparente. La superficie superior deberá estar enrasada con la superficie del tablero. Incluye: replanteo, montaje, instalación, conexión y comprobación de su correcto funcionamiento.		
		Sin descomposición		34,786 €
		3,000 % Costes indirectos	34,786 €	1,04 €
		Precio total redondeado por Ud		35,83 €
7.2	Ud	Luminaria Avenida Lens LED 49W 6050LM 3000K IP66 de LUG De aluminio fundido a alta presión con difusor de vidrio transparente. Con lámpara LED y potencia de 49W con montaje incluido. De superficie redondeada, presenta un diámetro L de 561 mm y una altura H ajustable de 570 mm. Incluye: replanteo, montaje, instalación, conexión y comprobación de su correcto funcionamiento. Incluye, además, un poste por luminaria de 4 metros de altura.		
		Sin descomposición		172,068 €
		3,000 % Costes indirectos	172,068 €	5,16 €
		Precio total redondeado por Ud		177,23 €
7.3	Ud	Ascensor Orona 3G 2016 Suministro e instalación completa de ascensor eléctrico de adherencia de 1 m/s de velocidad, 2 paradas, 1600 kg de carga nominal, con capacidad para 21 personas. Nivel básico de acabado en cabina de 1700x1950 mm, con alumbrado eléctrico permanente de 50 lux como mínimo, maniobra universal simple, puertas interiores automáticas de acero inoxidable y puertas exteriores automáticas en acero para pintar de 2450x2.00 mm. Incluso ganchos de fijación, lamparas de alumbrado del hueco, guías, cables de tracción y pasacables, amortiguadores de foso, contrapesos, puertas de acceso, grupo tractor, cuadro y cable de maniobra, bastidor, chasis y puertas de cabina con acabados, limitador de velocidad y paracaídas, botoneras de piso y de cabina, selector de paradas, instalación eléctrica y sistemas de seguridad. Incluye: replanteo de guías y niveles. Colocación de los puntos de fijación. Instalación de las lámparas de alumbrado el hueco. Montaje de guías, cables de tracción y pasacables. Colocación de los amortiguadores e foso. Colocación de contrapesos. Presentación de las puertas de acceso. Montaje del grupo ractor. Montaje del cuadro y conexión del cable de maniobra. Montaje del bastidor, el chasis y las puertas de cabina con sus acabados. Instalación del limitador de velocidad y el paracaídas. Instalación de las botoneras de piso y de cabina. Instalación del selector de paradas.		
		Sin descomposición		24.358,770 €
		3,000 % Costes indirectos	24.358,770 €	730,76 €
		Precio total redondeado por Ud		25.089,53 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
7.4	m	Cable eléctrico multiconductor		
		Cable eléctrico multiconductor, Afumex Class Expo (AS) "PRYSMIAN", para servicios móviles, tipo H07ZZ-F (AS), tensión nominal 450/750 V, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductores de cobre recocido, flexible (clase 5), de 3G1,5 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, cubierta de poliolefina reticulada, de tipo Afumex, de color gris con banda verde.		
	1,000 m	Cable eléctrico multiconductor, Afumex Class Expo (AS) "PRYSMIAN", para servicios móviles, tipo H07ZZ-F (AS), tensión nominal 450/750 V, de alta seguridad en caso de incendio (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductores de cobre recocido, flexible (clase 5), de 3G1,5 mm ² de sección, aislamiento de elastómero reticulado, cubierta de poliolefina reticulada, de tipo Afumex, de color gris con banda verde, de alta seguridad, para servicios móviles. Según UNE-EN 50525-3-21.	2,130 €	2,13 €
	0,025 h	Oficial 1ª electricista.	26,120 €	0,65 €
	0,025 h	Ayudante electricista.	22,560 €	0,56 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	3,340 €	0,07 €
		3,000 % Costes indirectos	3,410 €	0,10 €
		Precio total redondeado por m		3,51 €
7.5	Ud	Toma de tierra con una pica		
		Toma de tierra con una pica de acero cobreado de 2 m de longitud.		
	1,000 Ud	Electrodo para red de toma de tierra cobreado con 300 µm, fabricado en acero, de 15 mm de diámetro y 2 m de longitud.	19,210 €	19,21 €
	0,250 m	Conductor de cobre desnudo, de 35 mm ² .	3,000 €	0,75 €
	1,000 Ud	Grapa abarcón para conexión de pica.	1,070 €	1,07 €
	1,000 Ud	Arqueta de polipropileno para toma de tierra, de 300x300 mm, con tapa de registro.	78,970 €	78,97 €
	1,000 Ud	Puente para comprobación de puesta a tierra de la instalación eléctrica.	49,090 €	49,09 €
	0,333 Ud	Saco de 5 kg de sales minerales para la mejora de la conductividad de puestas a tierra.	3,740 €	1,25 €
	1,000 Ud	Material auxiliar para instalaciones de toma de tierra.	1,230 €	1,23 €
	0,301 h	Oficial 1ª electricista.	26,120 €	7,86 €
	0,301 h	Ayudante electricista.	22,560 €	6,79 €
	0,003 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	0,07 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	166,290 €	3,33 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
		3,000 % Costes indirectos	169,620 €	5,09 €
		Precio total redondeado por Ud		174,71 €
7.6	m	Cable eléctrico para transmisión de datos, señales analógicas y digitales		
		Cable eléctrico para transmisión de datos, señales analógicas y digitales en plantas industriales e instrumentos de medida y control en zonas con ruidos eléctricos, Datax "PRYSMIAN", tipo LiYCY, tensión nominal 250 V, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 2x0,22 mm ² de sección, aislamiento de policloruro de vinilo (PVC), apantallado con trenza de cobre estañado (cobertura superior al 65%), cubierta de policloruro de vinilo (PVC).		
	1,000 m	Cable eléctrico para transmisión de datos, señales analógicas y digitales en plantas industriales e instrumentos de medida y control en zonas con ruidos eléctricos, Datax "PRYSMIAN", tipo LiYCY, tensión nominal 250 V, con conductor de cobre recocido, flexible (clase 5), de 2x0,22 mm ² de sección, aislamiento de policloruro de vinilo (PVC), apantallado con trenza de cobre estañado (cobertura superior al 65%), cubierta de policloruro de vinilo (PVC), y con las siguientes características: no propagación de la llama, baja emisión de humos opacos, libre de halógenos y nula emisión de gases corrosivos. Según VDE 812 LiYCY.	0,270 €	0,27 €
	0,019 h	Oficial 1ª electricista.	26,120 €	0,50 €
	0,019 h	Ayudante electricista.	22,560 €	0,43 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	1,200 €	0,02 €
		3,000 % Costes indirectos	1,220 €	0,04 €
		Precio total redondeado por m		1,26 €

CAPÍTULO 8: MOBILIARIO URBANO

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
8.1	Ud	Banco similar C-1015 Los pies son de fundición de hierro (hierro dúctil), los cinco listones son de madera de Guinea y la tornillería es de acero zincado, lo que aporta al elemento una gran durabilidad y menor necesidad de mantenimiento, siendo capaz de soportar las condiciones climáticas del entorno. Los pies están cubiertos por esmalte sintético o pintura en polvo (tipo forja) y los listones por barniz color avellana, adquiriendo así la continuidad en cuanto al diseño de los equipamientos frente a los actuales (resumido).		
	1,000 Ud	Banco con respaldo, de listones de madera tropical de 2,5x2,5 cm, sencillo, de 200 cm de longitud, pintado y barnizado, con soportes de pasamanos y tornillos y pasadores de acero cadmiado.	208,530 €	208,53 €
	1,000 Ud	Repercusión, en la colocación de banco, de elementos de fijación sobre hormigón: tacos de expansión de acero, tornillos especiales y pasta química.	4,450 €	4,45 €
	0,200 m ³	Hormigón HM-20/P/20/I, fabricado en central.	65,230 €	13,05 €
	0,523 h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	25,420 €	13,29 €
	1,046 h	Ayudante construcción de obra civil.	22,590 €	23,63 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	262,950 €	5,26 €
		3,000 % Costes indirectos	268,210 €	8,05 €
		Precio total redondeado por Ud		276,26 €
8.2	Ud	Papelera Ona Bilbao La papelera tiene una altura de 930 mm y un diámetro máximo de 400 mm. La abertura de la papelera es de 290 mm x 130 mm y además posee un depósito semicircular para colillas de 100 mm de diámetro. El cuerpo principal de forma circular es de acero galvanizado en caliente, acabado con pintura epoxi-poliéster al horno, de color gris oxirón forja y personalizada con el logotipo de la ciudad. Apertura mediante el uso de llave y el cierre se realiza por presión. La cubeta interior posee una capacidad de 70 litros. Se realiza mediante 4 tornillos expansivos métrica 8 mm. Base de hormigón HM-20/P/20/I. Incluso excavación y hormigonado de la base de apoyo.		
	1,000 Ud	Papelera de acero electrozincado, con soporte vertical, de tipo basculante con llave, boca rectangular, de 40 litros de capacidad, de chapa de 1 mm de espesor pintada con pintura de poliéster color dimensiones totales 1000x360x320.	111,490 €	111,49 €
	1,000 Ud	Repercusión, en la colocación de papelera, de elementos de fijación sobre hormigón: tacos de expansión de acero, tornillos especiales y pasta química.	4,450 €	4,45 €
	0,100 m ³	Hormigón HM-20/P/20/I, fabricado en central.	65,230 €	6,52 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
	0,327 h	Oficial 1ª construcción de obra civil.	25,420 €	8,31 €
	0,654 h	Ayudante construcción de obra civil.	22,590 €	14,77 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	145,540 €	2,91 €
		3,000 % Costes indirectos	148,450 €	4,45 €
		Precio total redondeado por Ud		152,90 €
8.3	m²	Césped por siembra de mezcla de semillas		
		Césped por siembra de mezcla de semillas de lodium, agrostis, festuca y poa.		
	0,030 kg	Mezcla de semilla para césped.	5,170 €	0,16 €
	0,150 m ³	Tierra vegetal cribada, suministrada a granel.	24,500 €	3,68 €
	6,000 kg	Mantillo limpio cribado.	0,030 €	0,18 €
	0,100 kg	Abono para presiembra de césped.	0,420 €	0,04 €
	0,150 m ³	Agua.	1,540 €	0,23 €
	0,029 h	Rodillo ligero.	3,550 €	0,10 €
	0,058 h	Motocultor 60/80 cm.	2,740 €	0,16 €
	0,138 h	Oficial 1ª jardinero.	25,420 €	3,51 €
	0,277 h	Peón jardinero.	21,950 €	6,08 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	14,140 €	0,28 €
		3,000 % Costes indirectos	14,420 €	0,43 €
		Precio total redondeado por m²		14,85 €

CAPÍTULO 9: GESTIÓN DE RESIDUOS

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
9.1	m³	Transporte de tierras con camión Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km.		
	0,116 h	Camión basculante de 12 t de carga, de 162 kW.	40,830 €	4,74 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	4,740 €	0,09 €
		3,000 % Costes indirectos	4,830 €	0,14 €
		Precio total redondeado por m³		4,97 €
9.2	m³	Canon de vertido por entrega de tierras Canon de vertido por entrega de tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.		
	1,221 m ³	Canon de vertido por entrega de tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de mampostero de albañil de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.	2,030 €	2,48 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	2,480 €	0,05 €
		3,000 % Costes indirectos	2,530 €	0,08 €
		Precio total redondeado por m³		2,61 €
9.3	Ud	Transporte de residuos inertes con contenedor de 7 m³ Transporte de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 7 m ³ , a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.		
	1,221 Ud	Carga y cambio de contenedor de 7 m ³ , para recogida de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, colocado en obra a pie de carga, incluso servicio de entrega y alquiler.	158,060 €	192,99 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	192,990 €	3,86 €
		3,000 % Costes indirectos	196,850 €	5,91 €
		Precio total redondeado por Ud		202,76 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
9.4	Ud	Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m³ Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m ³ con mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.		
	1,221 Ud	Canon de vertido por entrega de contenedor de 7 m ³ con mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de mampostero de albañil de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos.	104,170 €	127,19 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	127,190 €	2,54 €
		3,000 % Costes indirectos	129,730 €	3,89 €
		Precio total redondeado por Ud		133,62 €
9.5	Ud	Bidón de 100 litros de capacidad para residuos peligrosos Bidón de 100 litros de capacidad para residuos peligrosos procedentes de la construcción o demolición.		
	1,000 Ud	Bidón de 100 litros de capacidad, apto para almacenar residuos peligrosos.	53,310 €	53,31 €
	0,153 h	Peón ordinario construcción.	21,950 €	3,36 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	56,670 €	1,13 €
		3,000 % Costes indirectos	57,800 €	1,73 €
		Precio total redondeado por Ud		59,53 €
9.6	Ud	Transporte de bidón de 100 litros de capacidad con residuos peligrosos Transporte de bidón de 100 litros de capacidad con residuos peligrosos procedentes de la construcción o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, considerando la carga y descarga de los bidones.		
	1,000 Ud	Transporte de bidón de 100 litros de capacidad, apto para almacenar residuos peligrosos, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de mampostero de albañil de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, incluso servicio de entrega.	51,260 €	51,26 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	51,260 €	1,03 €
		3,000 % Costes indirectos	52,290 €	1,57 €
		Precio total redondeado por Ud		53,86 €

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
9.7	Ud	Canon de vertido por entrega de bidón de 100 litros Canon de vertido por entrega a gestor autorizado de residuos peligrosos, de bidón de 100 litros de capacidad con residuos peligrosos procedentes de la construcción o demolición.		
	1,000 Ud	Canon de vertido por entrega a gestor autorizado de residuos peligrosos de bidón de 100 litros de capacidad, con residuos peligrosos procedentes de la construcción o demolición.	135,950 €	135,95 €
	2,000 %	Costes directos complementarios	135,950 €	2,72 €
	3,000 %	Costes indirectos	138,670 €	4,16 €
		Precio total redondeado por Ud		142,83 €

CAPÍTULO 10: SEGURIDAD Y SALUD

Nº	Ud	Descripción	Importe	Total
10.1	Ud	Estudio de seguridad y salud El presupuesto parcial correspondiente a este capítulo se detalla en el Documento 5. Estudio de Seguridad y Salud.		
		Sin descomposición		26.080,874 €
		3,000 % Costes indirectos	26.080,874 €	782,43 €
		Precio total redondeado por Ud		26.863,30 €

GRADO EN INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO FIN DE GRADO

***CONSTRUCCIÓN DE UNA PASARELA
PEATONAL CON ASCENSOR ENTRE LA
PLAZA DEL GAS Y EL PARQUE
ETXEBARRIA EN BILBAO***

***ANEXO 18. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA
ADMINISTRACIÓN***

Alumno/Alumna: Eraña Martínez, Rubén

Director/Directora: Larrauri Gil, Marcos Ignacio

Curso: 2020-2021

Fecha: 04/06/2021

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	2
1.2. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN.....	2
1.3. EXPROPIACIONES.....	2

1. INTRODUCCIÓN

A continuación, se detalla el presupuesto del presente Proyecto, cuya inclusión es de carácter obligatorio.

1.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

El Presupuesto de Ejecución Material (PEM) del Proyecto asciende a la cantidad de DOSCIENTOS OCHENTA Y CUATRO MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y DOS EUROS con QUINCE CÉNTIMOS (284.282,15 €).

1.2. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

El Presupuesto Base de Licitación (PBL) se obtiene mediante la aplicación al PEM del 13% de Gastos Generales y del 6% de Beneficio Industrial. De acuerdo con lo indicado, se obtiene:

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	284.282,15 €
GASTOS GENERALES (13 %)	36.956,68 €
BENEFICIO INDUSTRIAL (6 %)	17.056,93 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (SIN IVA)	338.295,76 €

El Presupuesto Base de Licitación asciende a la cantidad de TRESCIENTOS TREINTA Y OCHO MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CINCO EUROS con SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS (338.295,76 €).

IVA (21 %)	71.042,11 €
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (CON IVA)	409.337,87 €

El Presupuesto General asciende a la cantidad de CUATROCIENTOS NUEVE MIL TRESCIENTOS TREINTA Y SIETE con OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS (409.337,87 €).

1.3. EXPROPIACIONES

No será objeto del presente Proyecto la realización de expropiaciones ya que los terrenos del emplazamiento son de titularidad municipal.
