

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

ANEJO N° 5:

DISEÑO NUEVAS ESTRUCTURAS

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE	2
2.1	MUROS.....	2
2.2	CUBIERTA.....	4
2.3	FORJADOS INFERIORES	4
2.4	RAMPAS.....	5
2.5	NÚCLEOS DE ESCALERAS	5
2.6	NÚCLEOS DE VENTILACIÓN.....	5
3	NUEVOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	6
3.1	ELIMINACIÓN DE HUECOS DE VENTILACIÓN EN CUBIERTA.....	6
3.2	ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	6
3.3	LOSA DE CIMENTACIÓN PARA APOYO DE EQUIPOS DE SANEAMIENTO.....	8
3.4	APERTURA DE NUEVOS HUECOS EN FORJADOS PARA LOS CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	8
3.5	APERTURA DE HUECO EN MURO SÓTANO PERIMETRAL EN NÚCLEO DE ESCALERAS B, EN SÓTANO 2	8
3.6	PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXISTENTES.....	8
4	BASES DE CÁLCULO	10
4.1	INSTRUCCIONES Y NORMAS CONSIDERADAS	10
4.2	DURABILIDAD Y VIDA ÚTIL DE LA ESTRUCTURA	11
4.3	EXIGENCIAS DE RESISTENCIA Y ESTABILIDAD.....	12
4.4	EXIGENCIAS DE APTITUD AL SERVICIO.....	12
4.5	RESISTENCIA AL FUEGO	12
4.6	CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES	12
4.7	GEOTECNIA.....	13
4.8	ACCIONES	13
4.8.1	Acciones permanentes de valor constante	13
4.8.2	Acciones variables	14
4.8.3	Sismo	14
4.9	MÉTODO DE CÁLCULO.....	14
4.10	COEFICIENTES DE PONDERACIÓN.....	15
4.10.1	Estados límites últimos	15
4.10.2	Estados límites de servicio	16
4.11	SOFTWARE UTILIZADO.....	17
5	CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN.....	18
5.1	CUMPLIMIENTO DEL DB-SE. BASES DE CÁLCULO	18
5.1.1	SE 1. Resistencia y estabilidad.....	18

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

ÍNDICE *(continuación)*

5.1.2	SE 2. Aptitud al servicio	19
5.2	CUMPLIMIENTO DEL DB-SE-AE. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN.....	19
5.3	CUMPLIMIENTO DEL DB-SE-C. CIMIENTOS	19
6	CÁLCULOS	22

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

APÉNDICES

APÉNDICE Nº 1: ESTRUCTURA METÁLICA

APÉNDICE Nº 2: ANCLAJES POSTINSTALADOS

APÉNDICE Nº 3: HUECO EN MURO SÓTANO

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

1 INTRODUCCIÓN

El Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura en el Aparcamiento de Marqués de Urquijo ha obligado a realizar una serie de modificaciones con el fin de conseguir la mayor adaptación posible a la normativa vigente y para ello debe introducir algunas modificaciones.

Desde un punto de vista de afección a la estructura, se han realizado varias modificaciones a la estructura existente:

- Cierre de rejillas de ventilación en la cubierta (techo de planta sótano -1) del edificio
- Estructura de soporte del centro de transformación situado sobre el forjado sótano -1 del edificio.
- Losa de cimentación para apoyo de equipos de saneamiento.
- Adecuación de las dimensiones y apertura de nuevos huecos en forjados para huecos de ventilación.
- Apertura de hueco en muro sótano perimetral en núcleo de escaleras B, en sótano 2.
- Protección contra el fuego de los elementos estructurales existentes.

Las nuevas estructuras propuestas se diseñan con el propósito de conseguir diferentes objetivos en cada caso en particular como se indica a lo largo de los siguientes puntos del presente anejo.

A continuación, se describen las soluciones de las nuevas estructuras y se presentan los cálculos que justifican las soluciones definidas en el proyecto.

Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31

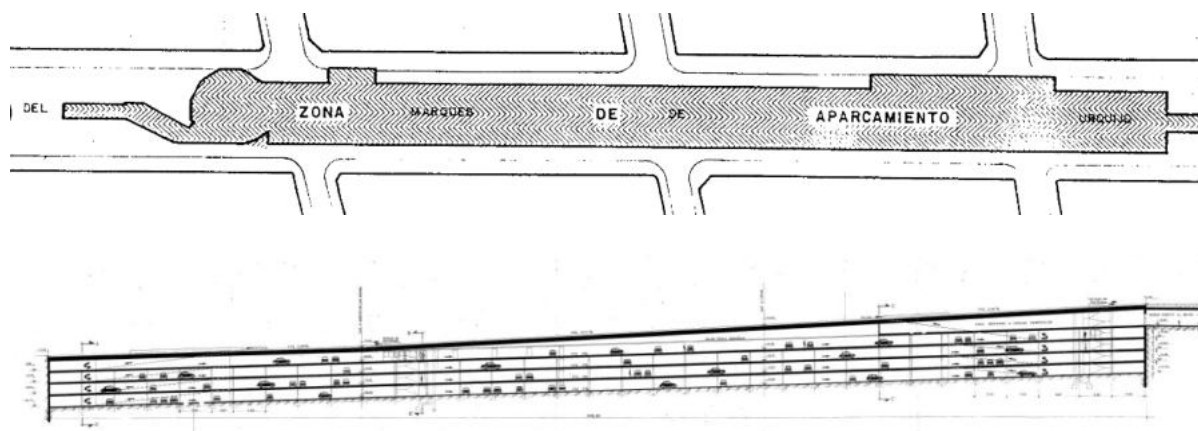
2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

El cuerpo principal del edificio se distribuye en tres plantas bajo rasante, por debajo de la calle Marqués de Urquijo, entre las calles Juan Álvarez Mendizábal y Calle del Tutor. El aparcamiento ocupa una superficie de 220 x 15.50 m² repartidos en tres plantas con gálbos de 2,30 en la primera y 2,10 en las siguientes. En sentido longitudinal el aparcamiento presenta la misma pendiente longitudinal que la calle Marqués de Urquijo.

La sección tipo del aparcamiento la estructura está formada por los dos muros pantalla paralelos, de 50 cms de espesor, empotradas 2.50 metros en la arena de miga o tosco y separados 15,50 metros entre caras interiores, que soportan, sin apoyos intermedios sendos tableros que forman los forjados.

En el extremo próximo a la calle Ferraz, los dos muros se cierran formando un círculo de 18,80 metros de radio interior que envuelve al helicoide de bajada de la rampa de bajada a las plantas inferiores

En la zona de la rampa de subida desde plantas inferiores, la pantalla del lado Norte se separa hasta 19,00 metros de la opuesta, soportando la cubierta del aparcamiento y los forjados inferiores mediante una crujía de pilares que sirven también de soporte a las rampas.

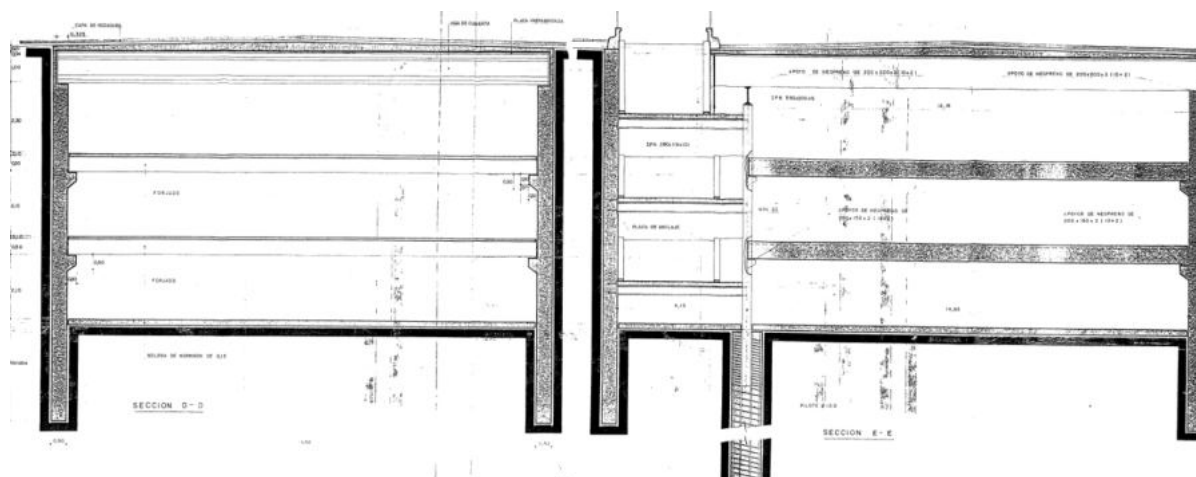


Planta general y sección longitudinal del aparcamiento tomada del proyecto de 1975

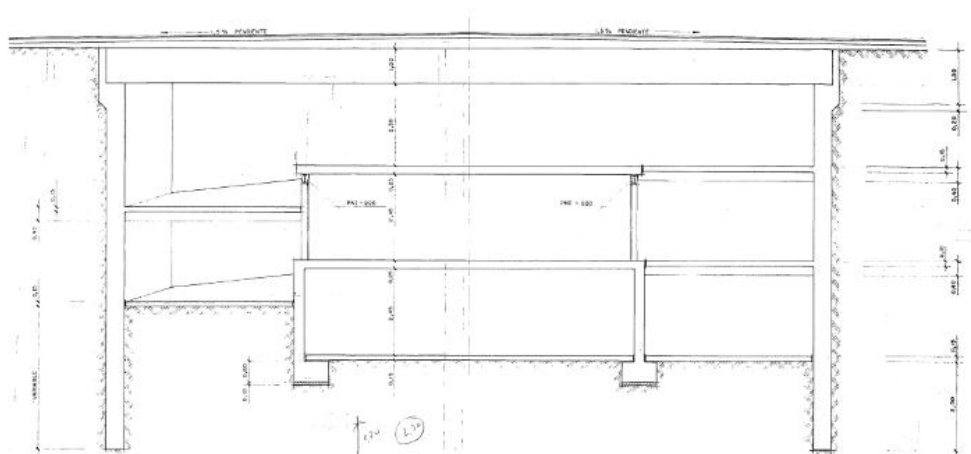
2.1 MUROS

Los muros circundantes son pantallas de hormigón armado de 0,50 metros de anchura empotrados en la arena de miga o en el tosco 2,50 metros realizados con paneles de ancho variable.

Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31



Secciones transversales tipo (Proyecto 1975)



Sección transversal por el helicoide

Estos muros sirven de apoyo a los forjados, para lo que disponen de ménsulas de hormigón armado para los forjados inferiores. El forjado de cubierta, apoya directamente en las pantallas perimetrales quedando protegido por un murete de guarda de 15 cm. de espesor, en prolongación de la pantalla.

Para el apoyo de las vigas de las rampas se han dejado embutidas en la pantalla unas placas metálicas, a las que se han soldado las vigas mediante angulares.

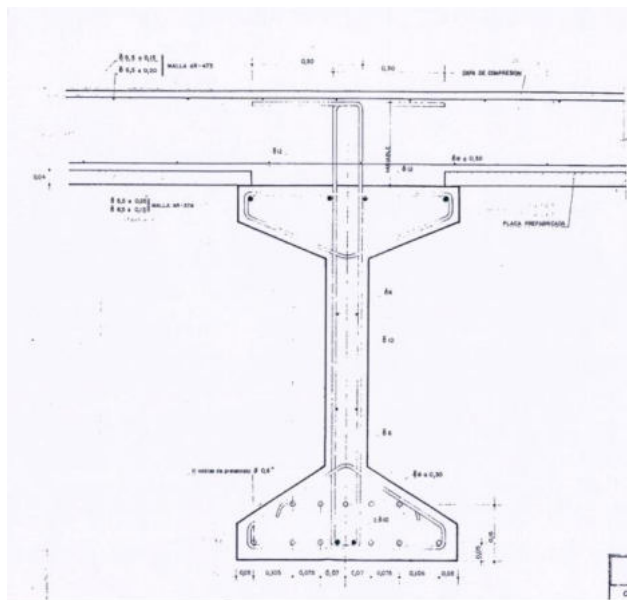
En el interior del helicoide se ha dispuesto un muro sobre el que se apoya el forjado circular interior de la segunda planta y los pilares soporte de la primera, con lo que la primera vuelta del helicoide se construye directamente sobre el terreno.

Los muros se han ejecutado con hormigón de resistencia $f_{ck} = 175 \text{ Kg/cm}^2$ y armaduras pasivas de tetracero de límite elástico 4.100 Kg/cm^2 ,

2.2 CUBIERTA

El tablero de cubierta está formado por vigas prefabricadas de hormigón pretensado con sección de doble T de 1,00 m. de canto, cabezas de 0,60 de ancho y alma de 12 cms, sobre la que se apoya la losa de compresión de hormigón armado de espesor variable.

Las vigas descansan sobre apoyos de neopreno en los muros laterales. La longitud de las vigas es de 16,50 m. prácticamente en la totalidad del aparcamiento excepto en las zonas de rampas rectas que es de 18,65 m. En el helicoide la longitud de las vigas es variable puesto que forman las cuerdas del círculo. La separación de las vigas es de 1,50 m cuando su longitud es de 16,15 y de 1,00 cuando es de 19.65.



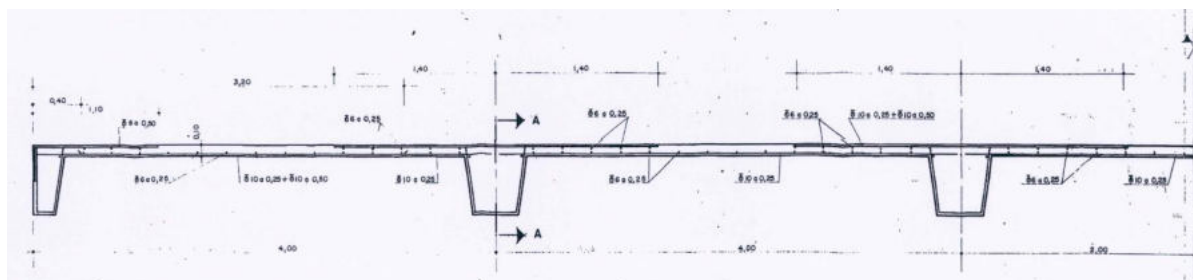
Sección tipo de las vigas de cubierta (Proyecto 1975)

Las vigas se han ejecutado con hormigón de resistencia característica mayor de 350 Kg/cm², mientras que la losa de compresión se ha ejecutado con hormigón de 300 Kg/cm². En el caso de las vigas de cubierta, postensada, se ha utilizado acero de 0,6" y de carga de rotura de 167 Kg/mm². El acero para armar, han sido barras de calidad $f_y = 4.200$ Kg/cm. La losa de compresión de la cubierta se ha armado con acero de calidad $f_y = 5.000$ Kg/cm² y mallazos con el mismo límite elástico.

2.3 FORJADOS INFERIORES

Los tableros inferiores son de hormigón armado formando una losa nervada de 10 cms de canto con vigas de forma trapezoidal que descuelgan 50 cms por debajo de la losa de canto constante. La luz es de 15.50 m. en general excepto en la zona de rampa en que se alcanzan los 19.00 m.

Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31



Sección tipo de forjados inferiores (Proyecto 1975)

Estos elementos se han ejecutado con hormigón de resistencia característica mayor de 250 Kg/cm². El acero para armar, han sido barras de calidad $f_y = 5.000$ Kg/cm² y mallazos con el mismo límite elástico.

2.4 RAMPAS

Las rampas, tanto rectas como helicoidales, son losas de hormigón armado de 15 cms de canto apoyadas en vigas metálicas con luces y separación variables según los casos. Estos elementos se han ejecutado con hormigón de 175 Kg/cm² de resistencia característica. El acero para armar, han sido barras de calidad $f_y = 5.000$ Kg/cm² y mallazos con el mismo límite elástico.

2.5 NÚCLEOS DE ESCALERAS

Existen tres núcleos de escaleras, dos de los cuales, los de los extremos, se ejecutaron de acuerdo al proyecto inicial, "Estacionamiento de vehículos en I C/ Marques de Urquijo", y el tercero se implementó a partir de un proyecto de adecuación realizado en el año 1997: "Proyecto de ejecución para la adecuación a la normativa vigente del aparcamiento subterráneo para vehículos automóviles de uso rotacional, denominado Marques de Urquijo" en el año 1. 997.

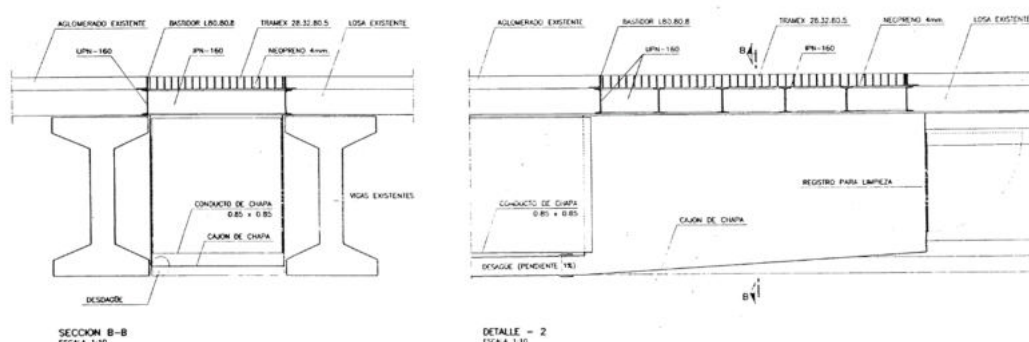
2.6 NÚCLEOS DE VENTILACIÓN

En este mismo proyecto (1997) se habilitaron una serie de núcleos de ventilación adicionales a lo previsto en el proyecto inicial. Estos núcleos de ventilación se realizaron con pantallas ejecutadas in-situ, acodadas contra la estructura existente mediante una serie de marcos metálicos.

3 NUEVOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.1 ELIMINACIÓN DE HUECOS DE VENTILACIÓN EN CUBIERTA

Del análisis efectuado en este proyecto se concluye que los huecos existentes en la cubierta para ventilación del aparcamiento son innecesarios y se pueden tapar.

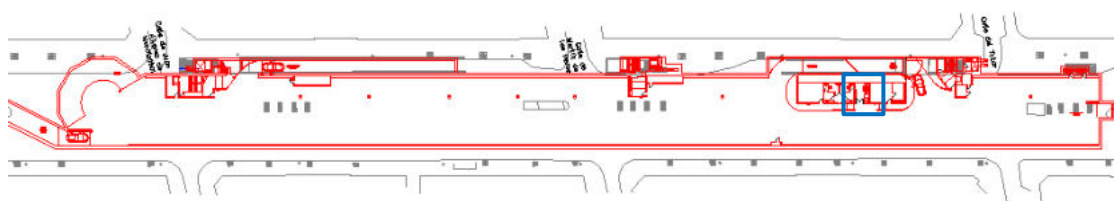


Secciones representativas de los huecos de ventilación existentes en cubierta

El sistema que se ha adoptado en este proyecto para cerrar estos huecos es prolongar la solución de forjado existente, picando los bordes de los huecos de ventilación, para eliminar las rejillas existentes y dar continuidad a la armadura de la losa de compresión que forma parte de la estructura de cubierta. Se demuele una zona suficiente para asegurar la longitud de solape entre la armadura de la losa existente y la nueva armadura que se dispone para cerrar los antiguos huecos de ventilación. La continuidad de la armadura se hace con diámetros comerciales actualmente y con una cuantía mecánica igual o superior a la existente.

3.2 ESTRUCTURA DE SOPORTE DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

El nuevo cuarto técnico se ubicará en el interior del parking sobre el forjado del sótano -1. Este cuarto albergará tanto el nuevo centro de transformación de cliente, como las celdas de media tensión y armarios de baja tensión.



Ubicación del nuevo cuarto técnico para el nuevo centro de transformación

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

Sobre el forjado donde se ubica el nuevo cuarto técnico deberá materializarse un recredido de aprox. 6 cm. de hormigón para materializar una solera mallazo de tierra de herrajes.

Según el Proyecto original de 1975, los forjados intermedios del parking están definidos para una sobrecarga de uso de 400 kg/m^2 , por lo tanto, el peso del recredido de la solera como el de las celdas y armarios estarán cubiertos por dicha sobrecarga de uso. En cambio, y atendiendo al peso que presenta el transformador (aprox. 2.000 kg.), en este caso es necesario la definición de una estructura portante que soporte dicha carga sin afectar a la losa nervada de 10 cm. de espesor.

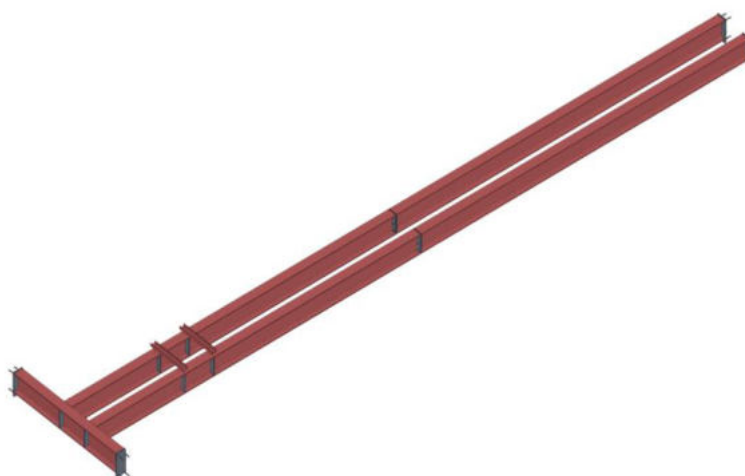
Así, se define una estructura metálica bajo la losa de nervada de 10 cm. mediante sendos perfiles IPE 450 que se anclarán a los elementos portantes del edificio (pilares y muros de hormigón) de manera que la sobrecarga del transformador se desvíe directamente a dichos elementos a compresión sin sobrecargar la losa del forjado.

Esta estructura metálica estará compuesta por dos perfiles IPE 450 de aprox. 15 m. de largo que se apoyarán, en unos de sus extremos, en el muro de hormigón perimetral del parking de 50 cm. de espesor, y el otro extremo mediante un embrochalamiento con una viga transversal del mismo canto, a los pilares de hormigón de aprox. 130 cm. de diámetro.

Dichos apoyos se materializan mediante placas de anclaje de $550 \times 200 \times 20 \text{ mm.}$ y 4 varillas roscadas de M16 y 150 mm. de largo y resina epoxi.

El apoyo del centro de transformación en las vigas IPE 450 se realiza a través de dos perfiles UPE 100 situados por encima de la losa nervada, los cuales se apoyan en las alas superiores de las vigas IPE 450 por medio de casquillos redondos que atravesarán la losa del forjado mediante perforaciones de aprox. 120mm. a realizar en la losa nervada de hormigón de 10 cm. de espesor.

Se sellará el hueco existente entre el casquillo y la perforación hecha en la losa mediante resina de poliuretano.



Estructura para soportar el centro de transformación.

3.3 LOSA DE CIMENTACIÓN PARA APOYO DE EQUIPOS DE SANEAMIENTO

En el interior del helicoide se sitúan una serie de equipos de saneamiento que van enterrado y que se cimentan sobre una losa de cimentación de 25 cm. de canto y armada con #Ø12/15 en sus caras superior e inferior.

3.4 APERTURA DE NUEVOS HUECOS EN FORJADOS PARA LOS CONDUCTOS DE VENTILACIÓN.

Es necesario materializar huecos de ventilación para la nueva disposición de conductos. Esta modificación de huecos se realiza sin afectar a la estructura resistente, materializando el hueco con un zuncho perimetral.

3.5 APERTURA DE HUECO EN MURO SÓTANO PERIMETRAL EN NÚCLEO DE ESCALERAS B, EN SÓTANO 2

Es necesario abrir un hueco en el muro sótano, en el nivel del sótano -2, para paso de conductos. Este hueco se plantea de 1.6 de alto x 0.8 de ancho y se realizará desde el suelo de sótano -2 hacia arriba. Se plantea que quede centrado entre las vigas trapezoidales que configuran el techo de sótano 2.

En el Apéndice N°3 se recogen las acciones consideradas, así como el cálculo realizado y las conclusiones.

El hueco se puede realizar sin necesidad de refuerzo alguno, en las condiciones recogidas en el modelo, ya que las tracciones máximas, sin considerar la contribución del acero, son menores o iguales que la resistencia del hormigón a tracción. Hay que tener en cuenta que la tracción máxima, de acuerdo al modelo, se produce justo en el punto de aplicación de la carga puntual, y la realidad no es esta, ya que el apoyo se produce mediante una ménsula. En la zona de apertura del hueco las tensiones son mucho más moderadas.

3.6 PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES EXISTENTES

En estructuras de hormigón armado la protección frente al fuego se consigue gracias al recubrimiento de hormigón estructural que protege a la armadura. El Código estructural establece que el recubrimiento de una armadura es la distancia entre la superficie del hormigón y la superficie de la armadura más cercana, este recubrimiento se establece en base a requisitos de durabilidad, fundamentalmente, y para las nuevas estructuras que se definen en este proyecto, este recubrimiento de hormigón estructural es ≥ 35 mm.

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

En el Anejo 20, apartado 5, del Código Estructural, recoge las dimensiones mínimas de los elementos expuestos al fuego, y del recubrimiento mecánico mínimo, entendiendo por recubrimiento mecánico la distancia entre el centro de gravedad de armadura a la superficie de hormigón más cercana, que será igual recubrimiento de la armadura (en nuestro caso ≥ 35 mm), más el diámetro del cerco más medio diámetro de la barra traccionada. Normalmente la exigencia por durabilidad cubre, como en este caso, la exigencia solicitada por la resistencia al fuego.

En las estructuras existentes parece que de forma generalizada el recubrimiento no es suficiente para asegurar ese nivel de resistencia por lo que habrá que proyectar un mortero en espesor suficiente para tener un recubrimiento mínimo de 3.5 cms a la barra más exterior.

En la estructura metálica se aplicará una pintura intumescente o bien un recubrimiento equivalente, que en ambos casos asegurará una resistencia al fuego de 90 minutos.

4 BASES DE CÁLCULO

El cálculo completo de las estructuras se ha llevado a cabo mediante criterios generales de la Mecánica Elástica en cuanto a deducción de las solicitaciones en las secciones resistentes producidas por el conjunto de las acciones expresadas en las Instrucciones y Normas que se señalan posteriormente.

El estudio de las secciones se ha efectuado mediante criterios de Estados Límites, considerando:

- Por una parte, los Estados Límite de Servicio, bajo las combinaciones de acciones más desfavorables con sus valores característicos y con los materiales, de la misma manera, sin minorar; comprobando que los estados de tensiones y deformaciones en todos los elementos de la estructura se encuentran en condiciones adecuadas, es decir, con valores inferiores a los límites expresados en las Instrucciones y Normas citadas.
- Por otra parte, los Estados Límite Últimos de las secciones, comprobando que las solicitaciones más desfavorables mayoradas (valores de cálculo) de las diferentes acciones de la estructura presentan valores inferiores a los esfuerzos de agotamiento de dichas secciones; es decir, teniendo en cuenta las oportunas minoraciones de la resistencia de los diferentes materiales, así como las interacciones de las solicitaciones combinadas de cortantes, axiles, flectores y torsores.

El desarrollo de los cálculos, como es ya habitual hoy en día, se efectuado, por regla general, mediante la ayuda de programas de cálculo computerizado, suficientemente contrastados por la experiencia.

4.1 INSTRUCCIONES Y NORMAS CONSIDERADAS

Como documentos básicos para el establecimiento de acciones y las combinaciones necesarias para la obtención de las solicitaciones de cálculo que se emplearán en la comprobación de los diferentes Estados Límite se seguirá lo indicado en:

- Código Técnico de la Edificación (CTE). (Ley 38/1999 de 5 noviembre - LOE).
- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera (IAP-11). (Orden FOM/2842/2011 de 29 de septiembre).
- Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02. (Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre)
- Código Estructural. (Real Decreto 470/2021, de 29 de junio)
- Guía de Cimentaciones en obras de Carretera (2009) – Ministerio de Fomento

Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31

4.2 DURABILIDAD Y VIDA ÚTIL DE LA ESTRUCTURA

Como consecuencia de tipo de ambiente definido, las estructuras de acero deberán de cumplir las siguientes prescripciones:

- Clase de exposición
 - Designación C3
 - Corrosividad media
- Condicionantes de durabilidad

Las superficies de estructuras de acero sometidas a riesgo de corrosión que sean inaccesibles a la inspección y mantenimiento y que no sean adecuadamente selladas, deberán tener inicialmente una protección adecuada a la vida útil prevista, debiendo además incrementarse el espesor del acero estrictamente resultante del cálculo estructural, con un sobreespesor que compense el efecto de la corrosión durante la vida útil.

En ausencia de estudios más detallados, el sobreespesor tendrá el siguiente valor mínimo, expresado en mm por cara inaccesible y por cada 30 años de vida útil prevista de la estructura:

- Clase de exposición C4, C5-I y C5-M: 1,5 mm.
- Clase de exposición C3: 1 mm.
- Clase de exposición C2: 0,5 mm.

No se precisa sobreespesor resultante en el caso de la clase de exposición C1

Por la importancia de la estructura, y según el apartado 2.3 del Eurocódigo de hormigón EN1990, se considera que las estructuras de este proyecto deberán proyectarse para una vida útil de 100 años.

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal ⁽²⁾	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas, puentes u obras de paso de longitud total inferior a 10 metros y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes de longitud total igual o superior a 10 metros y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

Vida útil de la estructura

4.3 EXIGENCIAS DE RESISTENCIA Y ESTABILIDAD

La resistencia y la estabilidad de la estructura serán las adecuadas para que no se generen riesgos inadmisibles como consecuencia de las acciones e influencias previsibles, tanto durante su fase de ejecución como durante su uso, manteniéndose durante su vida útil prevista.

Los procedimientos incluidos en la normativa mediante la comprobación de los **Estados Límites Últimos**, junto con el resto de criterios relativos a ejecución y control, permiten satisfacer esta exigencia.

4.4 EXIGENCIAS DE APTITUD AL SERVICIO

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto para la estructura, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles y no se produzcan degradaciones importantes.

Se entenderá que la estructura tiene deformaciones admisibles cuando cumpla las limitaciones de flecha establecidas por las reglamentaciones específicas que sean de aplicación. En el caso del proyecto se utilizarán las limitaciones indicadas en el apartado 4.3.3 del Documento Básico “Seguridad Estructura” del Código Técnico de Edificación que requieren las siguientes limitaciones:

- Flecha:
 - Forjado: $L/500$
- Desplazamientos horizontales:
 - Desplome total: $1/500$ de la altura del edificio
 - Desplome local: $1/250$ de la altura de la planta.

4.5 RESISTENCIA AL FUEGO

De acuerdo con lo recogido en la tabla 2.2 del DB SI 1 1.2, la resistencia de la estructura portante deberá ser R90. Este nivel de resistencia al fuego se consigue:

- En la estructura metálica se aplicará una pintura intumescente que asegure una EI 90, o bien un recubrimiento equivalente.

4.6 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

Las características de los materiales considerados para el diseño de la estructura metálica se indican a continuación:

- Perfiles laminados y armados: S-275 JR

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

- Tornillos, tuercas arandelas: Calidad 8.8
- Pernos de anclaje: Calidad 8.8

De acuerdo con los artículos 14, 22 y 57 del Código Estructural, el nivel de control de ejecución se define como INTENSO y el nivel de control de conformidad de la resistencia del acero NORMAL, tal y como se refleja en los cuadros de características contenidos en los planos.

4.7 GEOTECNIA

Dadas las características de las obras, y que bajo ninguna hipótesis se plantea un aumento significativo de las cargas en el edificio -y por lo tanto de las cargas al terreno de cimentación- no se considera necesario ningún estudio geotécnico sobre la base del artículo 233.3 de la LCSP.

En el proyecto original se recoge un estudio geotécnico de junio de 1975, realizado por Dames and Moore Iberia S.A., en el que se definen las condiciones de cimentación del aparcamiento. En este informe se definen las cimentaciones proyectadas bien mediante pantallas (muros perimetrales) o bien mediante pilotes (crujía de pilares interior).

La estructura metálica definida para soportar el peso del nuevo centro de transformación transmitirá dicha carga a los elementos portantes existentes del edificio (muro perimetral y pilares de hormigón). El incremento de la carga sobre dichos elementos portantes será insignificante en comparación con la carga total que soportan en la actualidad, de manera que no existirá ningún aumento significativo de las cargas sobre el terreno de cimentación.

4.8 ACCIONES

Las acciones consideradas en el cálculo de la estructura metálica definida en el presente documento son:

4.8.1 ACCIONES PERMANENTES DE VALOR CONSTANTE

Las cargas permanentes de valor constante son:

- **Peso propio:**

La carga se deduce de la geometría teórica de la estructura, considerando para la densidad del acero el valor de 78,5 kN/m³.

4.8.2 ACCIONES VARIABLES

Las acciones variables consideradas son:

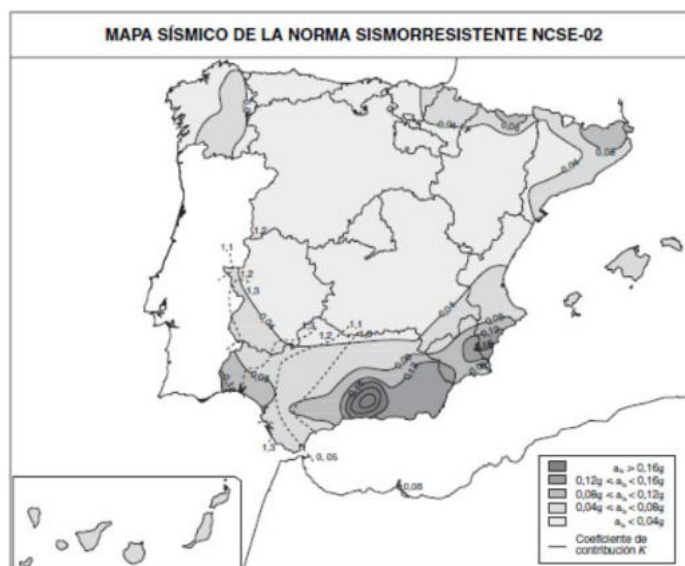
- Se considera el peso del centro de transformación de aprox. 2000 kg., repartido en 4 apoyos puntuales de 500 kg. cada uno y con una distribución en planta de aprox. 0,65x0,66 m.

4.8.3 SISMO

Según la Norma Sismorresistente NCSE-02, las obras que se incluyen en este proyecto se pueden clasificar como construcción de importancia *normal*, que son aquellas cuya destrucción por el terremoto puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir daños económicos, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

Según el artículo 1.2.3 de la NSCE-02, dichas obras deberán cumplir con todo lo especificado en la norma sismorresistente si se trata de edificaciones de importancia normal o especial y si la aceleración sísmica básica sea inferior a 0,04g.

Según el mapa de peligrosidad sísmica del apartado 2.1 de la norma, así como de los valores dados en su anejo 1, la Comunidad de Madrid tiene asignado una aceleración sísmica de cálculo inferior a 0,04g, motivo por el cual no requiere de ningún cálculo sismorresistente.



Mapa de peligrosidad sísmica según NSCE-02.

4.9 MÉTODO DE CÁLCULO

De acuerdo con el Código Estructural, el proceso general de cálculo empleado es el de los Estados Límite, que trata de reducir a un valor suficientemente bajo la probabilidad de que se alcancen aquellos estados límite en los que la estructura incumple alguna de las condiciones para las que ha sido

Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31

proyectada. Las comprobaciones efectuadas para garantizar la seguridad estructural se han realizado mediante cálculo.

Las determinaciones de las solicitaciones se han realizado con arreglo a los principios de la Mecánica Racional, complementados por las teorías clásicas de la Resistencia de Materiales y de la Elasticidad. En general, el tipo de análisis global efectuado responde a un modelo lineal, si bien se han aceptado ocasionalmente redistribuciones plásticas en algunos puntos, habiendo comprobado previamente su ductilidad.

Las comprobaciones de los estados límite último (equilibrio, agotamiento o rotura, adherencia, anclaje, inestabilidad y fatiga, si procede) se han llevado a cabo, para cada hipótesis de carga, con los valores representativos de las acciones mayoradas por una serie de coeficientes parciales de seguridad, habiéndose minorado las propiedades de los materiales mediante otros coeficientes parciales de seguridad.

Las comprobaciones de los estados límite de servicio (fisuración, deformación y vibraciones, si procede) se han ejecutado para cada hipótesis de carga con acciones de servicio (valores representativos sin mayorar).

Definidos los estados de carga según su origen, se procede a calcular las combinaciones posibles con los coeficientes de mayoración y minoración correspondientes de acuerdo a los coeficientes de seguridad y las hipótesis básicas definidas en la norma.

4.10 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN

Los valores de cálculo de las diferentes acciones serán los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad a los valores representativos de las acciones definidas anteriormente.

4.10.1 ESTADOS LÍMITES ÚLTIMOS

Acción	Situación persistente o transitoria		Situación accidental	
	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable
Permanente	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no cte.	$\gamma_{G^*} = 1,35$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Reológica	$\gamma_{G^*} = 1,35$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Empuje de tierras	$\gamma_{G^*} = 1,35$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Empuje de agua	$\gamma_{G^*} = 1,20$	$\gamma_{G^*} = 0,90$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$	$\gamma_Q = 0,00$
Accidental o sísmica	---	---	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31

4.10.2 ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO

Tipo de acción	Favorable	Desfavorable
Permanente	$\gamma_g = 1,00$	$\gamma_g = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

Los coeficientes de seguridad parciales considerados para los materiales son los siguientes:

Situación de Proyecto	Hormigón γ_c	Acero pasivo y activo γ_s
Persistente o transitoria	1,50	1,15
Accidental o sísmica	1,30	1,00

La fisuración admisible para cargas cuasipermanentes, de acuerdo con la normativa vigente CE (Art. 27.2), será de 0,3 mm para los elementos exteriores y cimentaciones correspondiente a un ambiente general de XC2.

Los factores de simultaneidad (coeficientes Ψ) considerados según el CTE, se recogen en la tabla siguiente:

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

4.11 SOFTWARE UTILIZADO

Los programas utilizados han sido los siguientes:

- CYPE 3D v2025c: Software comercializado por CYPE Ingenieros para el cálculo de estructuras tridimensionales definidas con elementos tipo barras en el espacio y nudos en las intersecciones de las mismas. Se ha utilizado para el cálculo y dimensionamiento de la estructura metálica.
- Hilti PROFIS Engineering. Software comercializado por Hilti para el diseño, cálculo y análisis de diferentes tipos de conexiones, incluido el anclaje en hormigón, mampostería, corrugados a posteriori, recrecidos de hormigón y diseño de barandillas. Se ha utilizado para el diseño de los anclajes postinstalación a ejecutar para fijar la nueva estructura metálica a las estructuras de hormigón existentes.

5 CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE EDIFICACIÓN

Las nuevas estructuras -en adelante, *la estructura*- cumplen con los siguientes DBs:

- DB- SE : Bases de cálculo
- DB- SE-AE: Acciones en la edificación
- DB-SE-C: Cimientos

5.1 CUMPLIMIENTO DEL DB-SE. BASES DE CÁLCULO

La estructura se ha analizado y dimensionado frente a los estados límite, que son aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido.

5.1.1 SE 1. RESISTENCIA Y ESTABILIDAD

La estructura se ha calculado frente a los estados límite últimos, que son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo. En general se han considerado los siguientes:

- a) pérdida del equilibrio del edificio, o de una parte estructuralmente independiente, considerado como un cuerpo rígido;
- b) fallo por deformación excesiva, transformación de la estructura o de parte de ella en un mecanismo, rotura de sus elementos estructurales (incluidos los apoyos y la cimentación) o de sus uniones, o inestabilidad de elementos estructurales incluyendo los originados por efectos dependientes del tiempo (corrosión, fatiga).

Las verificaciones de los estados límite últimos que aseguran la capacidad portante de la estructura, establecidas en el DB-SE 4.2, son las siguientes:

- Se ha comprobado que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de todos los elementos estructurales, secciones, puntos y uniones entre elementos, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

$$E_d \leq R_d$$

Siendo: E_d valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31

- Se ha comprobado que hay suficiente estabilidad del conjunto de la estructura y de todas las partes independientes de la misma, porque para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición:

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

Siendo: $E_{d,dst}$ valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stb}$ valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

5.1.2 SE 2. APTITUD AL SERVICIO

La estructura se ha calculado frente a los **estados límite de servicio**, que son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción.

Los estados límite de servicio pueden ser reversibles e irreversibles. La reversibilidad se refiere a las consecuencias que excedan los límites especificados como admisibles, una vez desaparecidas las acciones que las han producido. En general se han considerado los siguientes:

- Las deformaciones (flechas, asientos o desplomes) que afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones;
- Los daños o el deterioro que pueden afectar desfavorablemente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

Las verificaciones de los estados límite de servicio, que aseguran la aptitud al servicio de la estructura, han comprobado su comportamiento adecuado en relación con las deformaciones, y el deterioro, porque se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto en el DBSE 4.3.

5.2 CUMPLIMIENTO DEL DB-SE-AE. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

Las acciones sobre la estructura para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural, capacidad portante (resistencia y estabilidad) y aptitud al servicio, establecidos en el DBSE se han determinado con los valores dados en el DB-SE-AE.

5.3 CUMPLIMIENTO DEL DB-SE-C. CIMIENTOS

El comportamiento de la cimentación en relación a la capacidad portante (resistencia y estabilidad) se ha comprobado frente a los **estados límite últimos** asociados con el colapso total o parcial del terreno o con el fallo estructural de la cimentación. En general se han considerado los siguientes:

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

- Pérdida de la capacidad portante del terreno de apoyo de la cimentación por hundimiento, deslizamiento o vuelco;
- Pérdida de la estabilidad global del terreno en el entorno próximo a la cimentación;
- Pérdida de la capacidad resistente de la cimentación por fallo estructural; y
- Fallos originados por efectos que dependen del tiempo (durabilidad del material de la cimentación, fatiga del terreno sometido a cargas variables repetidas).

Las verificaciones de los estados límite últimos, que aseguran la capacidad portante de la cimentación, son las siguientes:

- En la comprobación de estabilidad, el equilibrio de la cimentación (estabilidad al vuelco o estabilidad frente a la subpresión) se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

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

Siendo: $E_{d,dst}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras;

$E_{d,stb}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.

- En la comprobación de resistencia, la resistencia local y global del terreno se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

$$E_d \leq R_d$$

Siendo: E_d el valor de cálculo del efecto de las acciones;

R_d el valor de cálculo de la resistencia del terreno.

La comprobación de la resistencia de la cimentación como elemento estructural se ha verificado cumpliendo que el valor de cálculo del efecto de las acciones del edificio y del terreno sobre la cimentación no supera el valor de cálculo de la resistencia de la cimentación como elemento estructural.

El comportamiento de la cimentación en relación a la aptitud al servicio se ha comprobado frente a los **estados límite de servicio** asociados con determinados requisitos impuestos a las deformaciones del terreno por razones estéticas y de servicio. En general se han considerado los siguientes:

- Los movimientos excesivos de la cimentación que puedan inducir esfuerzos y deformaciones anormales en el resto de la estructura que se apoya en ellos, y que aunque no lleguen a romperla afecten a la apariencia de la obra, al confort de los usuarios, o al funcionamiento de equipos e instalaciones;
- Los daños o el deterioro que pueden afectar negativamente a la apariencia, a la durabilidad o a la funcionalidad de la obra.

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

La verificación de los diferentes estados límite de servicio que aseguran la aptitud al servicio de la cimentación, es la siguiente:

- El comportamiento adecuado de la cimentación se ha verificado, para las situaciones de dimensionado pertinentes, cumpliendo la condición:

$$E_{ser} \leq C_{lim}$$

Siendo: E_{ser} el efecto de las acciones;

C_{lim} el valor límite para el mismo efecto.

- Los diferentes tipos de cimentación requieren, además, las siguientes comprobaciones y criterios de verificación, relacionados más específicamente con los materiales y procedimientos de construcción empleados:
 - En el comportamiento de las cimentaciones directas se ha comprobado que el coeficiente de seguridad disponible con relación a las cargas que producirían el agotamiento de la resistencia del terreno para cualquier mecanismo posible de rotura, es adecuado. Se han considerado los estados límite últimos siguientes: a) hundimiento; b) deslizamiento; c) vuelco; y d) capacidad estructural del cimientto; verificando las comprobaciones generales expuestas.
 - En el comportamiento de las cimentaciones directas se ha comprobado que las tensiones transmitidas por las cimentaciones dan lugar a deformaciones del terreno que se traducen en asentos, desplazamientos horizontales y giros de la estructura que no resultan excesivos y que no podrán originar una pérdida de la funcionalidad, producir fisuraciones, agrietamientos, u otros daños.

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

6 CÁLCULOS

En los anexos que se incluyen a continuación se recogen los cálculos justificativos de la estructura metálica descrita en el presente documento.

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

APÉNDICE Nº 1: ESTRUCTURA METÁLICA

ÍNDICE

1. DATOS DE OBRA.....	2
1.1. Normas consideradas.....	2
1.2. Estados límite.....	2
1.2.1. Situaciones de proyecto.....	2
2. ESTRUCTURA.....	3
2.1. Geometría.....	3
2.1.1. Nudos.....	3
2.1.2. Barras.....	3
2.2. Cargas.....	4
2.2.1. Barras.....	4
2.3. Resultados.....	4
2.3.1. Nudos.....	4
2.3.2. Barras.....	5
2.4. Uniones.....	9
2.4.1. Especificaciones para uniones soldadas.....	9
2.4.2. Especificaciones para uniones atornilladas	10
2.4.3. Referencias y simbología	10
2.4.4. Comprobaciones en placas de anclaje.....	12
2.4.5. Memoria de cálculo.....	12



1. DATOS DE OBRA

1.1. Normas consideradas

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Categoría de uso: B. Zonas administrativas

1.2. Estados límite

E.L.U. de rotura. Acero laminado	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

1.2.1. Situaciones de proyecto

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

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente

P_k Acción de pretensado

Q_k Acción variable

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\Psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\Psi_{s,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

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

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_s)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700

Desplazamientos

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



2. ESTRUCTURA

2.1. Geometría

2.1.1. Nudos

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$: Desplazamientos prescritos en ejes globales.

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

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

Nudos										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X (m)	Y (m)	Z (m)	Δ_x	Δ_y	Δ_z	θ_x	θ_y	θ_z	
N1	0.000	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N2	2.700	0.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N3	1.850	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	Articulado
N4	1.850	2.120	0.000	-	-	-	-	-	-	Articulado
N5	1.850	2.780	0.000	-	-	-	-	-	-	Articulado
N6	1.850	15.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N7	1.200	0.000	0.000	-	-	-	-	-	-	Articulado
N8	1.200	2.120	0.000	-	-	-	-	-	-	Articulado
N9	1.200	2.780	0.000	-	-	-	-	-	-	Articulado
N10	1.200	15.000	0.000	X	X	X	-	-	-	Empotrado
N11	1.850	7.500	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	1.200	7.500	0.000	-	-	-	-	-	-	Empotrado

2.1.2. Barras

2.1.2.1. Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	α_t (m/m°C)	γ (kN/m³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Notación: E: Módulo de elasticidad ν : Módulo de Poisson G: Módulo de cortadura f_y : Límite elástico α_t : Coeficiente de dilatación γ : Peso específico							

2.1.2.2. Descripción

Descripción									
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	β_{xy}	β_{xz}	Lb _{sup} (m)	Lb _{inf} (m)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	N1/N7	N1/N2	IPE 450 (IPE)	1.200	1.00	1.00	1.200	1.200
		N7/N3	N1/N2	IPE 450 (IPE)	0.650	1.00	1.00	0.650	0.650
		N3/N2	N1/N2	IPE 450 (IPE)	0.850	1.00	1.00	0.850	0.850
		N8/N4	N8/N4	UPE 100 (UPE)	0.650	1.00	1.00	0.650	0.650
		N9/N5	N9/N5	UPE 100 (UPE)	0.650	1.00	1.00	0.650	0.650
		N11/N6	N11/N6	IPE 450 (IPE)	7.500	1.00	1.00	7.500	7.500
		N3/N4	N3/N11	IPE 450 (IPE)	2.120	1.00	1.00	2.120	2.120
		N4/N5	N3/N11	IPE 450 (IPE)	0.660	1.00	1.00	0.660	0.660
		N5/N11	N3/N11	IPE 450 (IPE)	4.720	1.00	1.00	4.720	4.720
		N12/N10	N12/N10	IPE 450 (IPE)	7.500	1.00	1.00	7.500	7.500
		N7/N8	N7/N12	IPE 450 (IPE)	2.120	1.00	1.00	2.120	2.120
		N8/N9	N7/N12	IPE 450 (IPE)	0.660	1.00	1.00	0.660	0.660
		N9/N12	N7/N12	IPE 450 (IPE)	4.720	1.00	1.00	4.720	4.720
Notación: Ni: Nudo inicial Nf: Nudo final β_{xy} : Coeficiente de pandeo en el plano "XY" β_{xz} : Coeficiente de pandeo en el plano "XZ" Lb _{sup} : Separación entre arriostramientos del ala superior Lb _{inf} : Separación entre arriostramientos del ala inferior									

2.1.2.3. Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N2, N11/N6, N3/N11, N12/N10 y N7/N12



Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
2	N8/N4 y N9/N5

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	IPE 450, (IPE)	98.80	41.61	35.60	33740.00	1676.00	66.75
		2	UPE 100, (UPE)	12.50	6.19	3.44	207.00	38.30	2.01
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.									

2.2. Cargas

2.2.1. Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapeziales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapeziales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN-m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapeziales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N7	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N3	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N2	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N4	Peso propio	Uniforme	0.096	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N4	Q 1 (1)	Puntual	5.00	-	0.000	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N4	Q 1 (1)	Puntual	5.00	-	0.650	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N4	Q 1 (2)	Puntual	5.00	-	0.325	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N5	Peso propio	Uniforme	0.096	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N5	Q 1 (1)	Puntual	5.00	-	0.000	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N5	Q 1 (1)	Puntual	5.00	-	0.650	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N5	Q 1 (2)	Puntual	5.00	-	0.325	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N6	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N4	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N5	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N11	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N10	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N8	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N9	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N12	Peso propio	Uniforme	0.761	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

2.3. Resultados

2.3.1. Nudos

2.3.1.1. Reacciones

Referencias:

- Rx, Ry, Rz: Reacciones en nudos con desplazamientos coaccionados (fuerzas).
Mx, My, Mz: Reacciones en nudos con giros coaccionados (momentos).

2.3.1.1.1. Envoltentes



Envolventes de las reacciones en nudos								
Referencia	Combinación		Reacciones en ejes globales					
	Tipo	Descripción	Rx (kN)	Ry (kN)	Rz (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	Mz (kN·m)
N1	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	6.039	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.033	0.000	19.074	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	6.039	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.022	0.000	13.320	0.00	0.00	0.00
N2	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.033	0.000	7.533	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	24.347	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.022	0.000	7.533	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	16.985	0.00	0.00	0.00
N6	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	-0.014	0.000	5.717	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	10.167	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	-0.010	0.000	5.717	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.000	0.000	7.350	0.00	0.00	0.00
N10	Hormigón en cimentaciones	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	5.717	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.014	0.000	10.167	0.00	0.00	0.00
	Tensiones sobre el terreno	Valor mínimo de la envolvente	0.000	0.000	5.717	0.00	0.00	0.00
		Valor máximo de la envolvente	0.010	0.000	7.350	0.00	0.00	0.00

Nota: Las combinaciones de hormigón indicadas son las mismas que se utilizan para comprobar el estado límite de equilibrio en la cimentación.

2.3.2. Barras

2.3.2.1. Esfuerzos

Referencias:

N: Esfuerzo axial (kN)

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

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

Mt: Momento torsor (kN·m)

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

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

2.3.2.1.1. Envolventes

Envolventes de los esfuerzos en barras									
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra						
			0.000 m	0.200 m	0.400 m	0.600 m	0.800 m	1.000 m	1.200 m
N1/N7	Acero laminado	N _{min}	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{min}	-19.074	-18.869	-18.663	-18.458	-18.252	-18.047	-17.842
		Vz _{máx}	-4.831	-4.709	-4.587	-4.466	-4.344	-4.222	-4.100
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	0.00	0.95	1.88	2.79	3.67	4.53	5.36
		My _{máx}	0.00	3.80	7.55	11.26	14.93	18.56	22.15
		Mz _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras						
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra			
			0.000 m	0.162 m	0.325 m	0.650 m
N7/N3	Acero laminado	N _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.102	0.102	0.102	0.102
		Vy _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{min}	0.506	0.605	0.704	0.803
		Vz _{máx}	2.483	2.650	2.816	2.983
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	5.36	5.27	5.16	5.04
		My _{máx}	22.15	21.74	21.29	20.82
		Mz _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00



Envolventes de los esfuerzos en barras							
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra				
			0.000 m	0.213 m	0.425 m	0.638 m	0.850 m
N3/N2	Acero laminado	N _{min}	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032	-0.032
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{min}	5.509	5.638	5.768	5.897	6.026
		Vz _{máx}	23.474	23.693	23.911	24.129	24.347
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	4.90	3.72	2.51	1.27	0.00
		My _{máx}	20.32	15.31	10.25	5.15	0.00
		Mz _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.001 m	0.162 m	0.324 m	0.325 m	0.326 m	0.487 m	0.649 m	0.650 m
N8/N4	Acero laminado	N _{min}	-0.305	-0.305	-0.305	-0.305	-0.305	-0.305	-0.305	-0.305	-0.305
		N _{máx}	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001
		Vy _{min}	-3.792	-3.792	-3.771	-3.750	-3.750	0.000	0.013	0.025	0.025
		Vy _{máx}	-0.025	-0.025	-0.013	0.000	0.000	3.750	3.771	3.792	3.792
		Vz _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz _{min}	-0.07	-0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.07	-0.07
		Mz _{máx}	0.00	0.00	0.54	1.15	1.15	1.15	0.54	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.001 m	0.162 m	0.324 m	0.325 m	0.326 m	0.487 m	0.649 m	0.650 m
N9/N5	Acero laminado	N _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154	0.154
		Vy _{min}	-3.792	-3.792	-3.771	-3.750	-3.750	0.000	0.013	0.025	0.025
		Vy _{máx}	-0.025	-0.025	-0.013	0.000	0.000	3.750	3.771	3.792	3.792
		Vz _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz _{máx}	0.04	0.04	0.65	1.26	1.26	1.26	0.65	0.04	0.04

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.938 m	1.875 m	2.813 m	3.750 m	4.688 m	5.625 m	6.563 m	7.500 m
N11/N6	Acero laminado	N _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{máx}	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
		Vz _{min}	0.008	0.579	1.149	1.720	2.291	2.861	3.432	4.003	4.573
		Vz _{máx}	2.464	3.427	4.390	5.353	6.316	7.279	8.241	9.204	10.167
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	17.18	16.91	16.10	14.75	12.87	10.45	7.50	4.02	0.00
		My _{máx}	47.37	44.61	40.94	36.37	30.91	24.53	17.26	9.08	0.00
		Mz _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz _{máx}	0.11	0.09	0.08	0.07	0.05	0.04	0.03	0.01	0.00



Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.212 m	0.424 m	0.848 m	1.060 m	1.272 m	1.696 m	1.908 m	2.120 m
N3/N4	Acero laminado	N _{mín}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{mín}	-0.134	-0.134	-0.134	-0.134	-0.134	-0.134	-0.134	-0.134	-0.134
		Vy _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{mín}	-20.324	-20.106	-19.889	-19.453	-19.235	-19.018	-18.582	-18.364	-18.147
		Vz _{máx}	-4.607	-4.478	-4.349	-4.091	-3.962	-3.833	-3.575	-3.446	-3.317
		Mt _{mín}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{mín}	0.00	0.96	1.90	3.69	4.54	5.37	6.94	7.68	8.40
		My _{máx}	0.00	4.29	8.53	16.87	20.97	25.02	32.99	36.91	40.78
		Mz _{mín}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mz _{máx}	0.00	0.03	0.06	0.11	0.14	0.17	0.23	0.26	0.29

Envolventes de los esfuerzos en barras							
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra				
			0.000 m	0.165 m	0.330 m	0.495 m	0.660 m
N4/N5	Acero laminado	N _{mín}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y _{mín}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V _y _{máx}	0.169	0.169	0.169	0.169	0.169
		V _z _{mín}	-10.604	-10.435	-10.265	-10.096	-9.927
		V _z _{máx}	-3.292	-3.191	-3.091	-2.990	-2.890
		M _t _{mín}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		M _t _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		M _y _{mín}	8.40	8.93	9.45	9.95	10.44
		M _y _{máx}	40.78	42.51	44.22	45.90	47.55
		M _z _{mín}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		M _z _{máx}	0.29	0.26	0.23	0.20	0.17

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.590 m	1.180 m	1.770 m	2.360 m	2.950 m	3.540 m	4.130 m	4.720 m
N5/N11	Acero laminado	N _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{máx}	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
		Vz _{min}	-4.834	-4.228	-3.622	-3.016	-2.410	-1.804	-1.198	-0.592	0.008
		Vz _{máx}	-0.415	-0.056	0.303	0.663	1.022	1.381	1.740	2.099	2.464
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	10.44	12.02	13.40	14.56	15.50	16.24	16.77	17.08	17.18
		My _{máx}	47.55	48.78	49.65	50.17	50.32	50.12	49.56	48.64	47.37
		MZ _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		MZ _{máx}	0.17	0.16	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.11

Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.938 m	1.875 m	2.813 m	3.750 m	4.688 m	5.625 m	6.563 m	7.500 m
N12/N10	Acero laminado	N _{mín}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{mín}	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014
		Vy _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{mín}	0.008	0.579	1.149	1.720	2.291	2.861	3.432	4.003	4.573
		Vz _{máx}	2.464	3.427	4.390	5.353	6.316	7.279	8.241	9.204	10.167
		Mt _{mín}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{mín}	17.18	16.91	16.10	14.75	12.87	10.45	7.50	4.02	0.00
		My _{máx}	47.37	44.61	40.94	36.37	30.91	24.53	17.26	9.08	0.00
		Mz _{mín}	-0.11	-0.09	-0.08	-0.07	-0.05	-0.04	-0.03	-0.01	0.00
		Mz _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Envolventes de los esfuerzos en barras											
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra								
			0.000 m	0.212 m	0.424 m	0.848 m	1.060 m	1.272 m	1.696 m	1.908 m	2.120 m
N7/N8	Acero laminado	N _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{máx}	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134
		Vz _{min}	-20.324	-20.106	-19.889	-19.453	-19.235	-19.018	-18.582	-18.364	-18.147
		Vz _{máx}	-4.607	-4.478	-4.349	-4.091	-3.962	-3.833	-3.575	-3.446	-3.317
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	0.00	0.96	1.90	3.69	4.54	5.37	6.94	7.68	8.40
		My _{máx}	0.00	4.29	8.53	16.87	20.97	25.02	32.99	36.91	40.78
		Mz _{min}	0.00	-0.03	-0.06	-0.11	-0.14	-0.17	-0.23	-0.26	-0.29
		Mz _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras						
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra			
			0.000 m	0.165 m	0.330 m	0.495 m
N8/N9	Acero laminado	N _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{min}	-0.169	-0.169	-0.169	-0.169
		Vy _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{min}	-10.604	-10.435	-10.265	-10.096
		Vz _{máx}	-3.292	-3.191	-3.091	-2.990
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	8.40	8.93	9.45	9.95
		My _{máx}	40.78	42.51	44.22	45.90
		Mz _{min}	-0.29	-0.26	-0.23	-0.20
		Mz _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00

Envolventes de los esfuerzos en barras										
Barra	Tipo de combinación	Esfuerzo	Posiciones en la barra							
			0.000 m	0.590 m	1.180 m	1.770 m	2.360 m	2.950 m	3.540 m	4.130 m
N9/N12	Acero laminado	N _{min}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		N _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vy _{min}	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014	-0.014
		Vy _{máx}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		Vz _{min}	-4.834	-4.228	-3.622	-3.016	-2.410	-1.804	-1.198	-0.592
		Vz _{máx}	-0.415	-0.056	0.303	0.663	1.022	1.381	1.740	2.099
		Mt _{min}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		Mt _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		My _{min}	10.44	12.02	13.40	14.56	15.50	16.24	16.77	17.08
		My _{máx}	47.55	48.78	49.65	50.17	50.32	50.12	49.56	48.64
		Mz _{min}	-0.17	-0.16	-0.16	-0.15	-0.14	-0.13	-0.12	-0.11
		Mz _{máx}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

2.3.2.2. Flechas

Referencias:

Pos.: Valor de la coordenada sobre el eje 'X' local del grupo de flecha en el punto donde se produce el valor pésimo de la flecha.
L.: Distancia entre dos puntos de corte consecutivos de la deformada con la recta que une los nudos extremos del grupo de flecha.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)	Pos. (m)	Flecha (mm)
N1/N2	0.000	0.00	1.363	0.21	0.000	0.00	1.363	0.12
	-	L/(>1000)	1.363	L/(>1000)	-	L/(>1000)	1.363	L/(>1000)
N7/N10	6.320	0.59	7.205	11.94	6.320	0.59	6.320	4.83
	6.320	L/(>1000)	7.205	L/(>1000)	6.320	L/(>1000)	6.320	L/(>1000)
N3/N6	6.320	0.59	7.205	11.94	6.320	0.59	6.320	4.83
	6.320	L/(>1000)	7.205	L/(>1000)	6.320	L/(>1000)	6.320	L/(>1000)
N8/N4	0.325	0.34	0.000	0.00	0.325	0.34	0.000	0.00
	0.325	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.325	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N9/N5	0.325	0.39	0.000	0.00	0.325	0.39	0.000	0.00
	0.325	L/(>1000)	-	L/(>1000)	0.325	L/(>1000)	-	L/(>1000)

**2.3.2.3. Comprobaciones E.L.U. (Resumido)**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_T	M_2	V_2	V_T	M,V_2	M_2,V_T	NM,M_2	NM,M_2,V,V_2	M_t	M,V_2	M,V_t	
N1/N7	$\bar{\lambda} < 2,0$ Cumple	$x: 0,2\text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta < 0,1$	$x: 1,2\text{ m}$ $\eta = 5,0$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 2,5$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽³⁾	$x: 0,2\text{ m}$ $\eta < 0,1$	N.P. ⁽⁴⁾	$x: 1,2\text{ m}$ $\eta = 3,5$	$x: 0,2\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 5,0$
N7/N3	$\bar{\lambda} \leq 3,0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$\eta < 0,1$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 5,0$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0,65\text{ m}$ $\eta = 0,4$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽³⁾	$\eta < 0,1$	N.P. ⁽⁴⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 3,5$	$\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 5,0$
N3/N2	$\bar{\lambda} < 2,0$ Cumple	$x: 0\text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta < 0,1$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 4,6$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0,85\text{ m}$ $\eta = 3,2$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽³⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta < 0,1$	N.P. ⁽⁴⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 3,2$	$x: 0\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 4,6$
N8/N4	$\bar{\lambda} < 2,0$ Cumple	N.P. ⁽⁸⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0,325\text{ m}$ $\eta = 22,8$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽³⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 2,9$	N.P. ⁽⁴⁾	$\eta < 0,1$	$x: 0,325\text{ m}$ $\eta = 22,9$	$\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 22,9$
N9/N5	$\bar{\lambda} \leq 3,0$ Cumple	N.P. ⁽⁸⁾	$\eta < 0,1$	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽²⁾	$x: 0,325\text{ m}$ $\eta = 25,0$	$V_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽³⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 2,9$	N.P. ⁽⁴⁾	$\eta < 0,1$	$x: 0,325\text{ m}$ $\eta = 25,0$	$\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 25,0$
N11/N6	N.P. ⁽⁹⁾	$x: 0\text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 29,0$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 0,1$	$x: 7,5\text{ m}$ $\eta = 1,3$	$\eta < 0,1$	$x: 0\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$x: 0\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 23,5$	$x: 0\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 29,0$
N3/N4	N.P. ⁽⁹⁾	$x: 0,212\text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 2,12\text{ m}$ $\eta = 10,4$	$x: 2,12\text{ m}$ $\eta = 0,4$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 2,6$	$\eta < 0,1$	$x: 0,212\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$x: 0,212\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$x: 2,12\text{ m}$ $\eta = 10,4$	$x: 0,212\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10,4$
N4/N5	N.P. ⁽⁹⁾	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 0,66\text{ m}$ $\eta = 10,7$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 0,4$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 1,4$	$\eta < 0,1$	$\eta < 0,1$	$\eta < 0,1$	$x: 0,495\text{ m}$ $\eta = 10,3$	$\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10,7$
N5/N11	N.P. ⁽⁹⁾	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 2,36\text{ m}$ $\eta = 19,4$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 0,2$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 0,6$	$\eta < 0,1$	$\eta < 0,1$	$\eta < 0,1$	$x: 3,54\text{ m}$ $\eta = 15,2$	$\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 19,4$
N12/N10	N.P. ⁽⁹⁾	$x: 0\text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 29,0$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 0,1$	$x: 7,5\text{ m}$ $\eta = 1,3$	$\eta < 0,1$	$x: 0\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$x: 0\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 23,5$	$x: 0\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 29,0$
N7/N8	N.P. ⁽⁹⁾	$x: 0,212\text{ m}$ $\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 2,12\text{ m}$ $\eta = 10,4$	$x: 2,12\text{ m}$ $\eta = 0,4$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 2,6$	$\eta < 0,1$	$x: 0,212\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$x: 0,212\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$x: 2,12\text{ m}$ $\eta = 10,4$	$x: 0,212\text{ m}$ $\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10,4$
N8/N9	N.P. ⁽⁹⁾	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 0,66\text{ m}$ $\eta = 10,7$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 0,4$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 1,4$	$\eta < 0,1$	$\eta < 0,1$	$\eta < 0,1$	$x: 0,495\text{ m}$ $\eta = 10,3$	$\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 10,7$
N9/N12	N.P. ⁽⁹⁾	$\lambda_w \leq \lambda_{w,adm}$ Cumple	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽¹⁾	$N_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁷⁾	$x: 2,36\text{ m}$ $\eta = 19,4$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 0,2$	$x: 0\text{ m}$ $\eta = 0,6$	$\eta < 0,1$	$\eta < 0,1$	$\eta < 0,1$	$x: 3,54\text{ m}$ $\eta = 15,2$	$\eta < 0,1$	$M_{Ed} = 0,00$ N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE $\eta = 19,4$
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_T : Resistencia a flexión eje Y M_2 : Resistencia a flexión eje Z V_2 : Resistencia a corte Z V_T : Resistencia a corte Y M,V_2 : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_2,V_T : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM,M_2 : Resistencia a flexión y axil combinados NM,M_2,V,V_2 : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t : Resistencia a torsión M,V_2 : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M,V_t : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x : Distancia al origen de la barra η : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽⁸⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida. ⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.																

2.4. Uniones**2.4.1. Especificaciones para uniones soldadas**

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

Materiales:

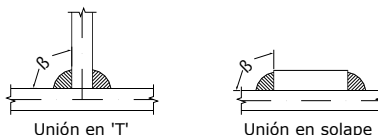
- Perfiles (Material base): S275.

- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)

Disposiciones constructivas:

- Las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.
- Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.
- Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.
- En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.
- Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo β deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:

- Si se cumple que $\beta > 120$ (grados): se considerará que no transmiten esfuerzos.
- Si se cumple que $\beta < 60$ (grados): se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.





Comprobaciones:

a) Cordones de soldadura a tope con penetración total:

En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.

b) Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes:

Se comprueban como soldaduras en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A).

c) Cordones de soldadura en ángulo:

Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

Se comprueban los siguientes tipos de tensión:

$$\text{Tensión de Von Mises} \quad \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\text{Tensión normal} \quad \sigma_{\perp} \leq K \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

Donde K = 1.

Los valores que se muestran en las tablas de comprobación resultan de las combinaciones de esfuerzos que hacen máximo el aprovechamiento tensional para ambas comprobaciones, por lo que es posible que aparezcan dos valores distintos de la tensión normal si cada aprovechamiento máximo resulta en combinaciones distintas.

2.4.2. Especificaciones para uniones atornilladas

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero. Apartado 8.5. Resistencia de los medios de unión. Uniones atornilladas.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275.
- Clase de acero de los tornillos empleados: 8.8 (4.3.1 CTE DB SE-A).

Disposiciones constructivas:

- 1) Se han considerado las siguientes distancias mínimas y máximas entre ejes de agujeros y entre éstos y los bordes de las piezas:

Disposiciones constructivas para tornillos, según artículo 8.5.1 CTE DB SE-A							
Distancias	Al borde de la pieza		Entre agujeros		Entre tornillos		
	e1 ⁽¹⁾	e2 ⁽²⁾	p1 ⁽¹⁾	p2 ⁽²⁾	Compresión	Tracción	
						Filas exteriores	Filas interiores
Mínimas	1.2 do	1.5 do	2.2 do	3 do	p1 y p2	p1, e	p1, i
Máximas ⁽³⁾	40 mm + 4t 150 mm 12t		14t 200 mm		14t 200 mm	14t 200 mm	28t 400 mm
<div>Notas:</div> <div><div>⁽¹⁾ Paralela a la dirección de la fuerza</div><div>⁽²⁾ Perpendicular a la dirección de la fuerza</div><div>⁽³⁾ Se considera el menor de los valores do: Diámetro del agujero.</div><div>t: Menor espesor de las piezas que se unen.</div><div>En el caso de esfuerzos oblicuos, se interpolan los valores de manera que el resultado quede del lado de la seguridad.</div></div>							

- 2) No deben soldarse ni los tornillos ni las tuercas.

- 3) Cuando los tornillos se dispongan en posición vertical, la tuerca se situará por debajo de la cabeza del tornillo.

- 4) Debe comprobarse antes de la colocación que las tuercas pueden desplazarse libremente sobre el tornillo correspondiente.

- 5) En cada tornillo se colocará una arandela en el lado de la cabeza y otra en el lado de la tuerca.

- 6) Los agujeros deben realizarse por taladrado u otro proceso que proporcione un acabado equivalente.

- 7) El punzonado se admite para piezas de hasta 15 mm de espesor, siempre que el espesor nominal de la pieza no sea mayor que el diámetro nominal del agujero (o dimensión mínima si el agujero no es circular). De realizar el punzonado, se recomienda realizarlo con un diámetro 3 mm menor que el diámetro definitivo y luego taladrar hasta el diámetro nominal.

- 8) Condiciones para el apriete de los tornillos ordinarios:

- Cada conjunto de tornillo, tuerca y arandelas debe alcanzar la condición de "apretado a tope" sin sobrepretensar los tornillos. Esta condición es la que conseguiría un operario con la llave normal, sin brazo de prolongación.

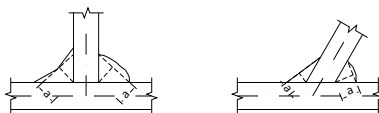
- Para los grandes grupos de tornillos, el apriete debe realizarse desde los tornillos centrales hacia el exterior e incluso realizar algún ciclo de apriete adicional.

Comprobaciones:

Se realizan las comprobaciones indicadas en los artículos 8.5.2, 8.8.3 y 8.8.6 de CTE DB SE-A.

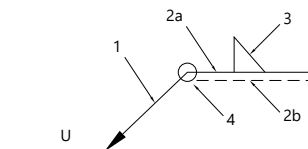
2.4.3. Referencias y simbología

a[mm]: Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a la cara exterior, entre todos los triángulos que se pueden inscribir entre las superficies de las piezas que hayan alcanzado la fusión y la superficie exterior de las soldaduras. 8.6.2.a CTE DB SE-A



L[mm]: longitud efectiva del cordón de soldadura

Método de representación de soldaduras



Referencias:

1: línea de la flecha

2a: línea de referencia (línea continua)

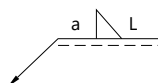
2b: línea de identificación (línea a trazos)

3: símbolo de soldadura

4: indicaciones complementarias

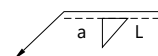
U: Unión

Referencias 1, 2a y 2b



El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha.

Referencia 3

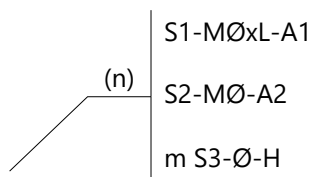


El cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado opuesto al de la flecha.

Designación	Ilustración	Símbolo
Soldadura en ángulo		
Soldadura a tope en 'V' simple (con chaflán)		
Soldadura a tope en bisel simple		
Soldadura a tope en bisel doble		
Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo		
Soldadura a tope en bisel simple con lado curvo		

Referencia 4

Representación	Descripción
	Soldadura realizada en todo el perímetro de la pieza
	Soldadura realizada en taller
	Soldadura realizada en el lugar de montaje

Método de representación de los tornillos de una unión

Referencias:

n: Cantidad de tornillos
S1: Norma de especificación del tornillo
Ø[mm]: Diámetro nominal
L[mm]: Longitud nominal del tornillo
A1: Clase de calidad del acero del tornillo
S2: Norma de especificación de la tuerca
A2: Clase de calidad del acero de la tuerca
m: Cantidad de arandelas
S3: Norma de especificación de la arandela
H: Dureza de la arandela

2.4.4. Comprobaciones en placas de anclaje

En cada placa de anclaje se realizan las siguientes comprobaciones (asumiendo la hipótesis de placa rígida):

1. Hormigón sobre el que apoya la placa

Se comprueba que la tensión de compresión en la interfaz placa de anclaje-hormigón es menor a la tensión admisible del hormigón según la naturaleza de cada combinación.

2. Pernos de anclaje

- a) *Resistencia del material de los pernos*: Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiales y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.
- b) *Anclaje de los pernos*: Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).
- c) *Aplastamiento*: Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

3. Placa de anclaje

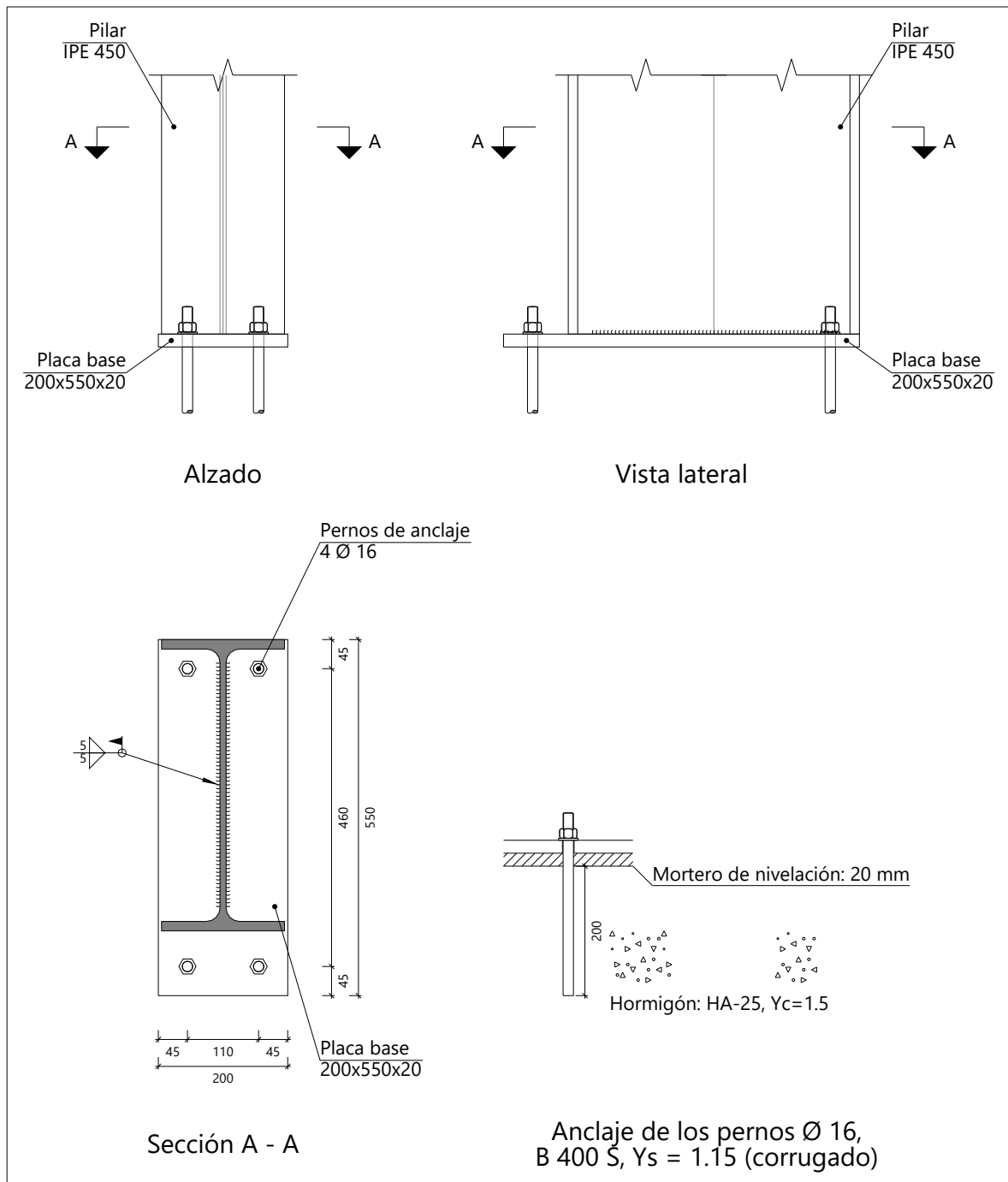
- a) *Tensiones globales*: En placas con vuelo, se analizan cuatro secciones en el perímetro del perfil, y se comprueba en todas ellas que las tensiones de Von Mises sean menores que la tensión límite según la norma.
- b) *Flechas globales relativas*: Se comprueba que en los vuelos de las placas no aparezcan flechas mayores que 1/250 del vuelo.
- c) *Tensiones locales*: Se comprueban las tensiones de Von Mises en todas las placas locales en las que tanto el perfil como los rigidizadores dividen a la placa de anclaje propiamente dicha. Los esfuerzos en cada una de las subplacas se obtienen a partir de las tensiones de contacto con el hormigón y los axiales de los pernos. El modelo generado se resuelve por diferencias finitas.

2.4.5. Memoria de cálculo



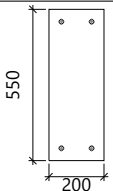
2.4.5.1. Tipo 1

a) Detalle





b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		200	550	20	4	16	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	11.84	261.90	4.52

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	5	379	9.4	90.00
<small>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</small>					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_L (N/mm ²)	τ_L (N/mm ²)	τ_{II} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_L (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	0.0	0.0	6.4	11.1	2.88	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <small>3 diámetros</small>	Mínimo: 48 mm Calculado: 111 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <small>1.5 diámetros</small>	Mínimo: 24 mm Calculado: 31 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <small>1.5 diámetros</small>	Mínimo: 24 mm Calculado: 45 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <small>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</small>	Mínimo: 18 cm Calculado: 20 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 27.35 kN Calculado: 0 kN Máximo: 19.15 kN Calculado: 6.09 kN Máximo: 27.35 kN Calculado: 8.7 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 51.14 kN Calculado: 0 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 58.2792 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <small>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</small>	Máximo: 167.62 kN Calculado: 6.09 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa Calculado: 0 MPa Calculado: 0 MPa Calculado: 3.04342 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <small>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</small>	Mínimo: 250 Calculado: 100000	Cumple
Tensión de Von Mises local: <small>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</small>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 9.49e-006		



d) Medición

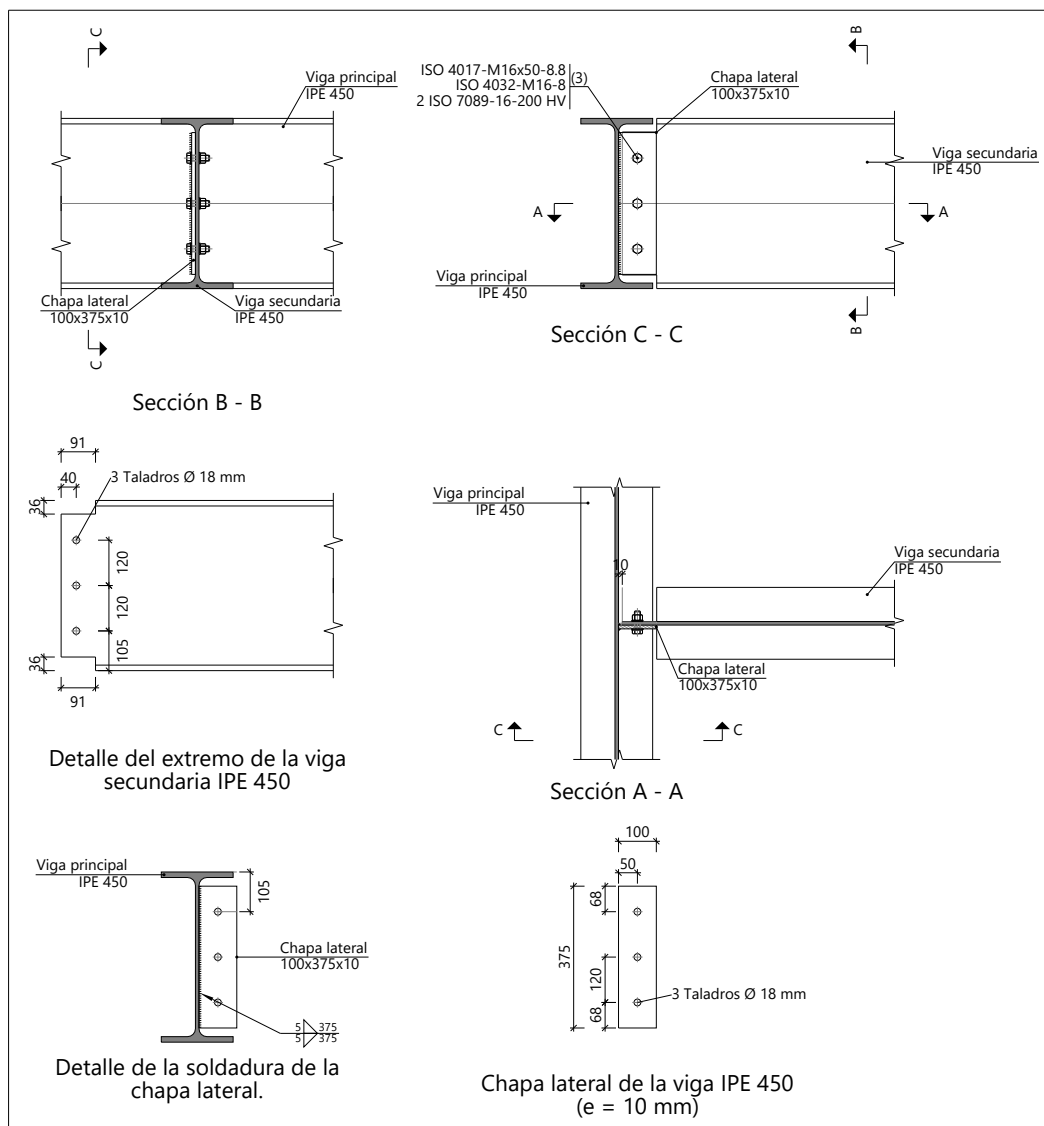
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	5	758

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	4	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-16

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	200x550x20	17.27
	Total			17.27
B 400 S, Y _s = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 256	1.62
	Total			1.62

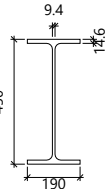
2.4.5.2. Tipo 2

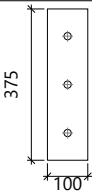
a) Detalle

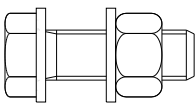




b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa lateral: Viga secundaria IPE 450		100	375	10	3	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M16x50-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	50	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	0.00	251.11	0.00

2) Viga secundaria IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.01
	Tensiones combinadas	--	--	--	3.95
	Pandeo local	N/mm ²	4.34	235.15	1.84
	Aplastamiento	kN	7.99	128.24	6.23
	Desgarro	kN	20.32	485.39	4.19
Alma	Aplastamiento	kN	7.99	111.15	7.19
	Desgarro	kN	20.32	419.31	4.85
	Pandeo local	N/mm ²	9.60	177.93	5.39

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	375	9.4	90.00
<small>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</small>					



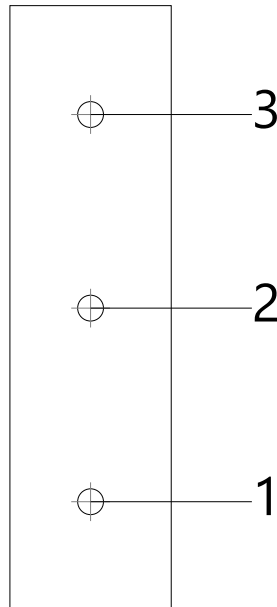
Listados

Estruc_metal_rev03

Fecha: 14/02/25

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_1 (N/mm ²)	τ_1 (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_1 (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	3.1	3.1	5.4	11.2	2.91	3.1	0.94	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	68	40	120	--	50.0
2	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	40	120	--	50.0
3	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	68	40	120	--	50.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	7.989	50.240	15.90	Vástago	0.045	90.432	0.05	15.90	15.90
	Aplastamiento	7.989	128.237	6.23	Punzonamiento	0.045	147.472	0.03		
2	Sección transversal	6.775	50.240	13.48	Vástago	0.045	90.432	0.05	13.48	13.48
	Aplastamiento	6.775	131.200	5.16	Punzonamiento	0.045	147.472	0.03		
3	Sección transversal	7.989	50.240	15.90	Vástago	0.045	90.432	0.05	15.90	15.90
	Aplastamiento	7.989	128.237	6.23	Punzonamiento	0.045	147.472	0.03		



d) Medición

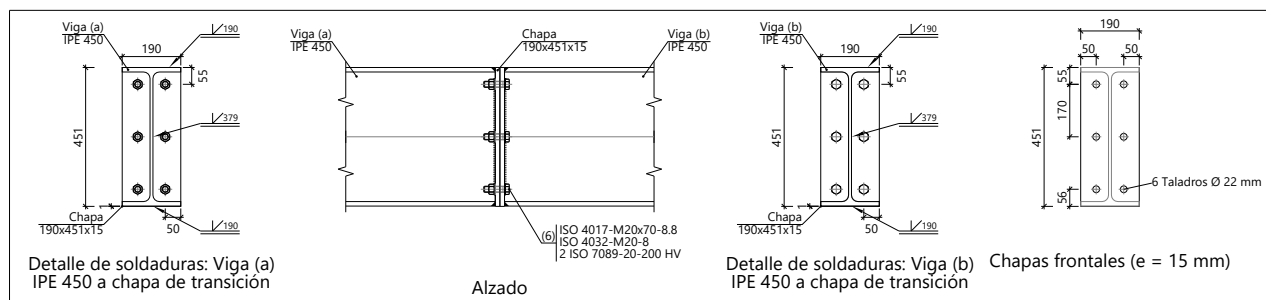
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	750

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	100x375x10	2.94
	Total			2.94

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	3	ISO 4017-M16x50
Tuercas	Clase 8	3	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	6	ISO 7089-16

2.4.5.3. Tipo 3

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	275.0	410.0

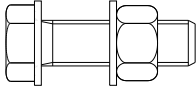
Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal		190	451	15	6	22	S275	275.0	410.0



Listados

Estruc_metal_rev03

Fecha: 14/02/25

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_t (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M20x70-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	70	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	92.72	244.26	37.96
Ala	Aplastamiento	kN	129.54	726.52	17.83
	Tracción	kN	24.21	363.26	6.66
Alma	Tracción	kN	44.31	226.03	19.60

Cordones de soldadura

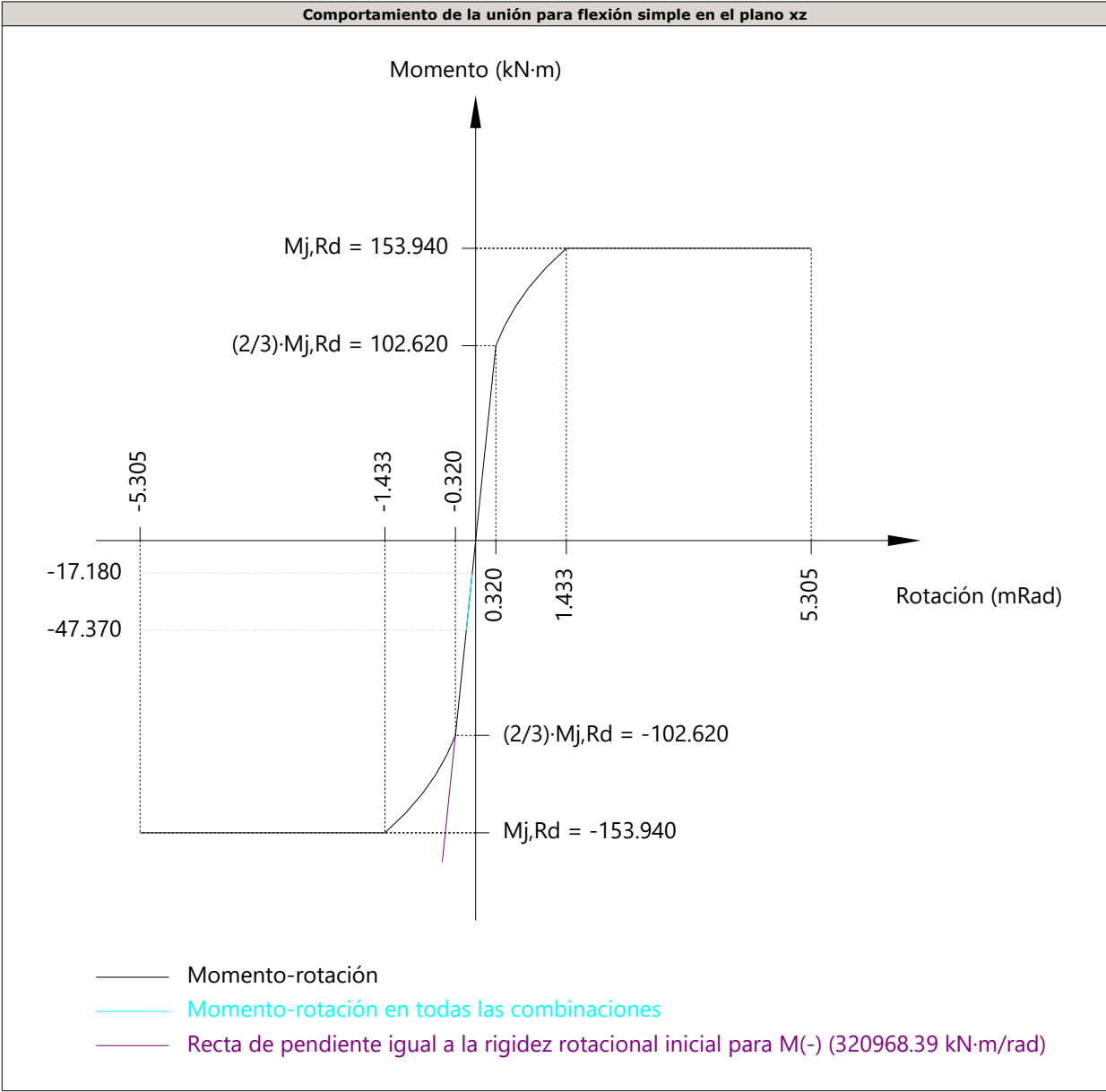
Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	A tope en bisel simple	15	190	14.6	--
Soldadura del alma	A tope en bisel simple	9	379	9.4	--
Soldadura del ala inferior	A tope en bisel simple	15	190	14.6	--

l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)
	σ_t (N/mm ²)	τ_t (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_t (N/mm ²)	Aprov. (%)	
Soldadura del ala superior	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0
Soldadura del alma	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0
Soldadura del ala inferior	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0



Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	88612.94	320968.39
Calculada para momentos negativos	88612.94	320968.39



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.31	1.80	72.88
Momento resistente	kNm	47.37	153.94	30.77
Capacidad de rotación	mRad	27.821	667	4.17

2) Viga (b) IPE 450

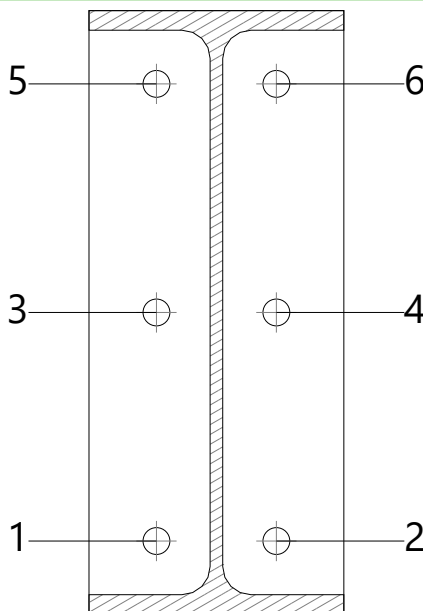
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	92.72	244.26	37.96
Ala	Compresión	kN	129.54	726.52	17.83
	Tracción	kN	24.21	363.26	6.66
Alma	Tracción	kN	44.31	226.03	19.60



Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	A tope en bisel simple	15	190	14.6	--				
Soldadura del alma	A tope en bisel simple	9	379	9.4	--				
Soldadura del ala inferior	A tope en bisel simple	15	190	14.6	--				
l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _t (N/mm ²)	β _w
	σ _L (N/mm ²)	τ _L (N/mm ²)	τ _{II} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _L (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	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 del alma	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 del ala inferior	La soldadura en bisel genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	50	170	89	40.0
2	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	50	170	89	40.0
3	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	50	170	89	40.0
4	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	50	170	89	40.0
5	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	50	170	89	40.0
6	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	50	170	89	40.0

--: La comprobación no procede.



Listados

Estruc_metal_rev03

Fecha: 14/02/25

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.411	78.400	0.52	Vástago	53.569	141.120	37.96	27.64	37.96
	Aplastamiento	0.411	246.000	0.17	Punzonamiento	53.569	291.899	18.35		
2	Sección transversal	0.411	78.400	0.52	Vástago	53.569	141.120	37.96	27.64	37.96
	Aplastamiento	0.411	246.000	0.17	Punzonamiento	53.569	291.899	18.35		
3	Sección transversal	0.411	78.400	0.52	Vástago	30.815	141.120	21.84	16.12	21.84
	Aplastamiento	0.411	246.000	0.17	Punzonamiento	30.815	291.899	10.56		
4	Sección transversal	0.411	78.400	0.52	Vástago	30.815	141.120	21.84	16.12	21.84
	Aplastamiento	0.411	246.000	0.17	Punzonamiento	30.815	291.899	10.56		
5	Sección transversal	0.411	78.400	0.52	Vástago	2.340	141.120	1.66	1.71	1.71
	Aplastamiento	0.411	203.509	0.20	Punzonamiento	2.340	291.899	0.80		
6	Sección transversal	0.411	78.400	0.52	Vástago	2.340	141.120	1.66	1.71	1.71
	Aplastamiento	0.411	203.509	0.20	Punzonamiento	2.340	291.899	0.80		



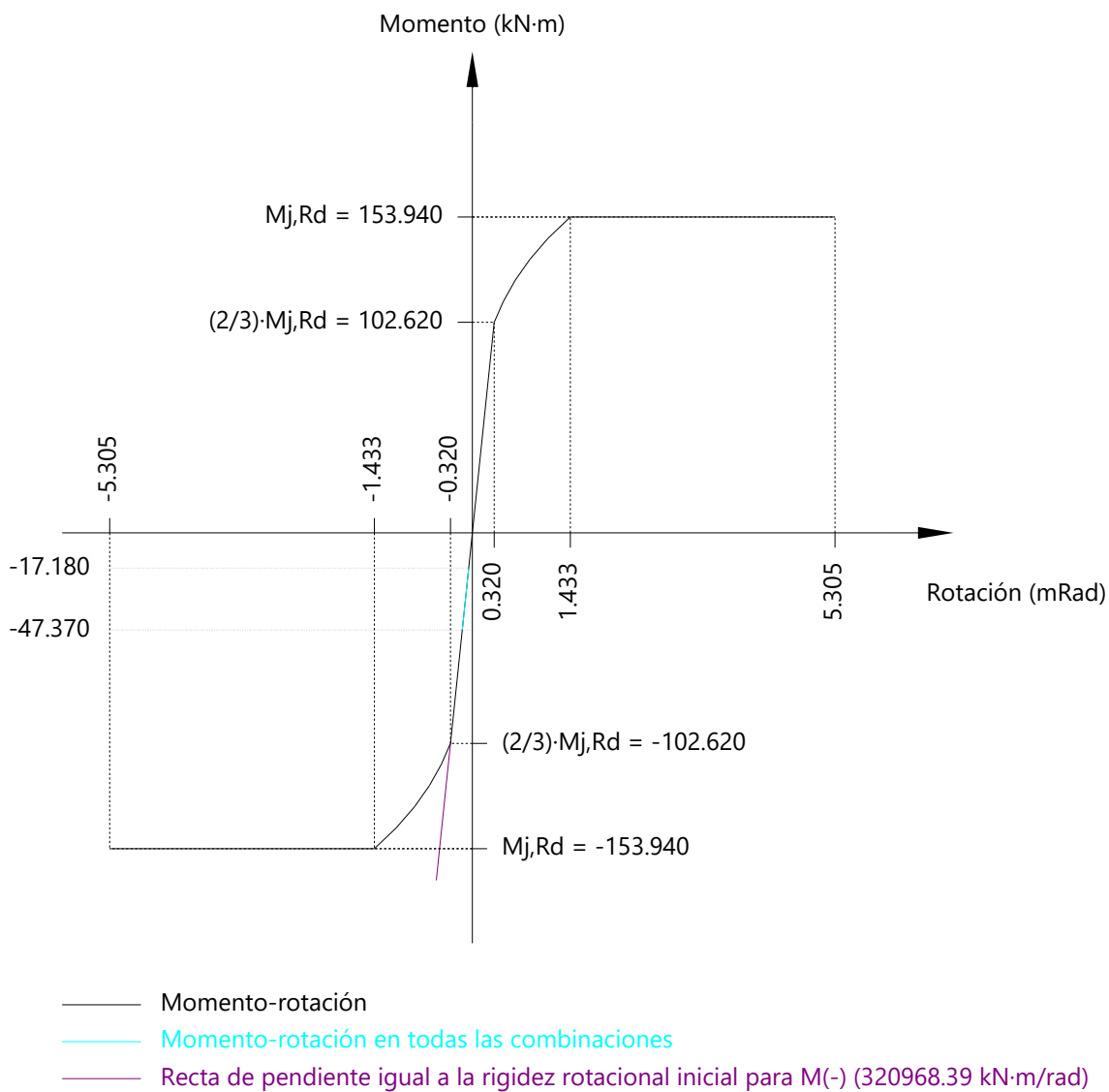
Listados

Estruc_metal_rev03

Fecha: 14/02/25

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	88612.94	320968.39
Calculada para momentos negativos	88612.94	320968.39

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.31	1.80	72.88
Momento resistente	kNm	47.37	153.94	30.77
Capacidad de rotación	mRad	27.821	667	4.17



Listados

Estruc_metal_rev03

Fecha: 14/02/25

d) Medición

Soldaduras				
f _y (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	10	758
			15	760

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	190x451x15	20.18
	Total			20.18

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	6	ISO 4017-M20x70
Tuercas	Clase 8	6	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-20

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

APÉNDICE Nº 2: ANCLAJES POSTINSTALADOS

www.hilti.es

Empresa:		Página:	1
Dirección:		Proyectorista:	
Teléfono I Fax:		Correo electrónico:	
Diseño:	Anclajes postinstalado	Fecha:	13/2/2025
Sub Proyecto I Pos. No.:			

Comentarios del especificador:

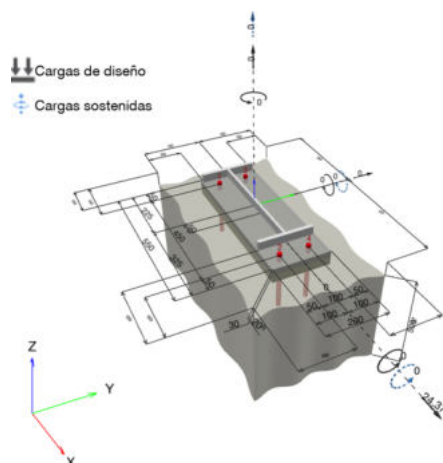
1 Insertar datos

Tipo y tamaño de anclaje:	HIT-HY 200-A V3 + HAS-U 8.8 M16
Periodo de retorno (años de servicio):	50
Número de artículo:	2237090 HAS-U 8.8 M16x260 (Insertar) / 2378171 HIT-HY 200-A V3 (Resina)
Insert item # alternative:	2390240 HAS 8.8 M16x260
Specification text:	Hilti HAS-U 8.8 or HAS varilla roscada with HIT-HY 200-A V3 resina de inyección with 150 mm embedment hef, M16, Acero Galvanizado, Taladro a percusión installation per ETA 19/0601
Profundidad efectiva de anclaje:	$h_{ef,act} = 150,0 \text{ mm}$ ($h_{ef,limit} = - \text{ mm}$)
Material:	8.8
Informe de Evaluación:	ETA 19/0601
Establecidos I Válidos:	29/1/2024 -
Prueba:	método de cálculo EN 1992-4, químico
Fijación a distancia:	grouted standoff; Nivel de restricción (placa de anclaje): 2,00; $e_b = 30,0 \text{ mm}$; $t = 20,0 \text{ mm}$ grout compressive strength = $30,00 \text{ N/mm}^2$
Placa de anclaje ^R :	$I_x \times I_y \times t = 550,0 \text{ mm} \times 200,0 \text{ mm} \times 20,0 \text{ mm}$; (Espesor de placa recomendado: no calculado)
Perfil:	IPE, IPE 450; (L x W x T x FT) = $450,0 \text{ mm} \times 190,0 \text{ mm} \times 9,4 \text{ mm} \times 14,6 \text{ mm}$
Material Base:	fisurado hormigón, C20/25, $f_{c,cyl} = 20,00 \text{ N/mm}^2$; $h = 500,0 \text{ mm}$, Temp. corto/largo: 0/0 °C, Factor de seguridad parcial del material definido por el usuario $\gamma_c = 1,500$
Instalación:	Hammer drilled hole, Condición de instalación: seco
Armadura:	sin armadura o con armadura separada $\geq 150 \text{ mm}$ (cualquier \emptyset) o $\geq 100 \text{ mm}$ (para $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$) sin armadura de borde longitudinal



^R - El cálculo del anclaje se basa en una hipótesis de la placa de anclaje rígida.

Geometría [mm] & Carga [kN, kNm]



www.hilti.es

Empresa:		Página:	2
Dirección:		Proyectista:	
Teléfono I Fax:		Correo electrónico:	
Diseño:	Anclajes postinstalado	Fecha:	13/2/2025
Sub Proyecto I Pos. No.:			

1.1 Combinación de cargas

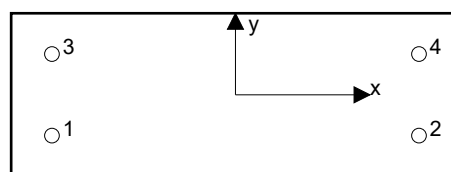
Caso	Descripción	Fuerzas [kN] / Momentos [kNm]	Sismo	Fuego	Max. Útil. Anclaje [%]
1	Combinación 1	$N = 0,000$; $V_x = 24,370$; $V_y = 0,000$; $M_x = 0,000$; $M_y = 0,000$; $M_z = 0,000$; $N_{sus} = 0,000$; $M_{x,sus} = 0,000$; $M_{y,sus} = 0,000$;	no	no	69

2 Caso de carga/Resultante de cargas en los anclajes

Reacciones en el anclaje [kN]

Carga a tracción: (+Tracción, -Compresión)

Anclaje	Carga a tracción	Fuerza de cortante	Cortante en x	Cortante en y
1	0,000	6,093	6,093	0,000
2	0,000	6,093	6,093	0,000
3	0,000	6,093	6,093	0,000
4	0,000	6,093	6,093	0,000



Max. concrete compressive strain: - [%]
 Max. concrete compressive stress: - [N/mm²]
 Resulting tension force in (x/y)=(-/-): 0,000 [kN]
 Resulting compression force in (x/y)=(-/-): 0,000 [kN]

Las fuerzas del anclaje se calculan suponiendo que la placa base ofrece la rigidez correcta.

www.hilti.es

Empresa:		Página:	3
Dirección:		Proyectista:	
Teléfono I Fax:		Correo electrónico:	
Diseño:	Anclajes postinstalado	Fecha:	13/2/2025
Sub Proyecto I Pos. No.:			

3 Carga a tracción (EN 1992-4, sección 7.2.1)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_N [%]	Estado
Fallo por Acero*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rotura por cono de hormigón**	N/A	N/A	N/A	N/A
Fallo por fisuración (Splitting)**	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes en tracción)

www.hilti.es

Empresa:		Página:	4
Dirección:		Proyectista:	
Teléfono I Fax:		Correo electrónico:	
Diseño:	Anclajes postinstalado	Fecha:	13/2/2025
Sub Proyecto I Pos. No.:			

4 Carga de cortante (EN 1992-4, Sección 7.2.2)

	Carga [kN]	Capacidad [kN]	Utilización β_v [%]	Estado
Fallo por Acero (sin brazo de palanca)*	6,093	50,240	13	OK
Fallo por Acero (con brazo de palanca)*	6,093	8,880	69	OK
Fallo por desconchamiento**	24,370	206,187	12	OK
Rotura de borde de hormigón en dirección **	N/A	N/A	N/A	N/A

* anclaje más solicitado **grupo de anclajes (anclajes relevantes)

When the input edge distance is set to "infinity", edge breakout verification is not performed in that direction

4.1 Fallo por Acero (sin brazo de palanca)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabla 7.2}$$

$$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V_{Rk,s}^0 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.35)}$$

$V_{Rk,s}^0$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
62,800	1,000	62,800	1,250	50,240	6,093

4.2 Fallo por Acero (con brazo de palanca)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,s,M} = \frac{V_{Rk,s,M}}{\gamma_{Ms}} \quad \text{EN 1992-4, Tabla 7.2}$$

$$V_{Rk,s,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{Rk,s}}{l_a} \quad \text{EN 1992-4, Eq. 7.37}$$

$$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 \cdot \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{Rd,s}}\right) \quad \text{EN 1992-4, Eq. 7.38}$$

$$l_a = e_c + \frac{t}{2} + a_3 \quad \text{EN 1992-4, Eq. 6.2}$$

l [mm]	α_M			
48,0	2,00			
$N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$1 - N_{Ed} / N_{Rd,s}$	$M_{Rk,s}^0$ [kNm]	$M_{Rk,s} = M_{Rk,s}^0 (1 - N_{Ed} / N_{Rd,s})$ [kNm]	
0,000	1,000	0,266	0,266	
$V_{Rk,s}^M = \alpha_M \cdot M_{Rk,s} / l$ [kN]	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}^M$ [kN]	V_{Ed} [kN]	
11,100	1,250	8,880	6,093	

www.hilti.es

Empresa: Dirección: Teléfono I Fax: Diseño: Anclajes postinstalado Sub Proyecto I Pos. No.:	Página: 5 Proyectista: Correo electrónico: Fecha: 13/2/2025
---	--

4.3 Fallo por desconchamiento (control resistencia por cono de hormigón)

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{Mc,p}} \quad \text{EN 1992-4, Tabla 7.2}$$

$$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot \min \{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.39c)}$$

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.1)}$$

$$N_{Rk,c}^0 = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.2)}$$

$$A_{c,N}^0 = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N} \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.3)}$$

$$\psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.4)}$$

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{v,1}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{v,2}}{s_{cr,N}} \right)} \leq 1,00 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.6)}$$

$$\psi_{M,N} = 1 \quad \text{EN 1992-4, Eq. (7.7)}$$

$A_{c,N} [\text{mm}^2]$	$A_{c,N}^0 [\text{mm}^2]$	$c_{cr,N} [\text{mm}]$	$s_{cr,N} [\text{mm}]$	k_8	$f_{c,cyl} [\text{N/mm}^2]$	
495.000	202.500	225,0	450,0	2,000	20,00	
$e_{c1,v} [\text{mm}]$	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,v} [\text{mm}]$	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$\psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	1,000
k_1	$N_{Rk,c}^0 [\text{kN}]$	$\gamma_{Mc,p}$	$V_{Rd,cp} [\text{kN}]$	$V_{Ed} [\text{kN}]$		
7,700	63,262	1,500	206,187	24,370		

ID grupo de anclajes

1-4

5 Desplazamientos (anclaje más solicitado)

Cargas de corto plazo:

$N_{Sk} = 0,000 [\text{kN}]$	$\delta_N = 0,0000 [\text{mm}]$
$V_{Sk} = 4,513 [\text{kN}]$	$\delta_V = 0,1805 [\text{mm}]$
	$\delta_{NV} = 0,1805 [\text{mm}]$

Carga de largo plazo:

$N_{Sk} = 0,000 [\text{kN}]$	$\delta_N = 0,0000 [\text{mm}]$
$V_{Sk} = 4,513 [\text{kN}]$	$\delta_V = 0,2708 [\text{mm}]$
	$\delta_{NV} = 0,2708 [\text{mm}]$

Comentarios: Desplazamientos a tracción son válidos con la mitad del par de apriete requerido no fisurado ¡Hormigón! Los desplazamientos son validos sin rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje! La holgura entre el taladro en el hormigón y en la placa no son considerados en este cálculo.

¡Los desplazamientos aceptables en los anclajes dependen del tipo de construcción de la fijación y deben ser definidos por el proyectista!

www.hilti.es

Empresa:		Página:	6
Dirección:		Proyectista:	
Teléfono I Fax:		Correo electrónico:	
Diseño:	Anclajes postinstalado	Fecha:	13/2/2025
Sub Proyecto I Pos. No.:			

6 Avisos

- No se considera la redistribución de carga entre los aciales debido a deformaciones elásticas de la placa. ¡Se asume que la placa es suficientemente rígida, para evitar que se deforme cuando se somete a cargas! ¡Los datos de entrada y resultados deben ser comprobados para verificar que se encuentran conformes con las condiciones existentes y que sean admisibles!
- The equations presented in this report are based on metric units. When inputs are displayed in imperial units, the user should be aware that the equations remain in their metric format.
- ¡Verificación de la transferencia de cargas al material base es necesaria según fiEN 1992-4, Anexo A!
- ¡El diseño solo es válido si la holgura en la instalación no es mayor que los valores dados en la Tabla 6.1 de la EN 1992-4! Para holguras mayores ver sección 6.2.2 de la EN 1992-4!
- La lista de accesorios en este informe es sólo para información del usuario. En cualquier caso, las instrucciones para el uso, mostrados en el producto, deben ser seguidas para asegurar una correcta instalación.
- Para la determinación del $\psi_{re,v}$ (fallo del borde del hormigón) se utiliza el recubrimiento mínimo de hormigón definido en los ajustes de diseño como recubrimiento de hormigón de la armadura de borde.
- Please note that this design utilizes user defined material safety factor values that differ from the default values recommended in EN1992-4. Partial Safety factor value: $\gamma_c = 1,500$
- El taladro debe limpiarse de acuerdo con la homologación (soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar), cepillar dos veces y volver a soplar dos veces con aire comprimido (min. 6 bar)).
- La tensión de adherencia característica depende de las temperaturas de corto y largo plazo
- No se requiere armadura de borde para evitar rotura por splitting
- Las resistencias de adherencia características dependen del período de retorno (vida útil en años): 50

¡La fijación cumple los criterios de diseño!

7 Datos de instalación

Placa de anclaje, acero: S 235; $E = 210.000,00 \text{ N/mm}^2$; $f_{yk} = 235,00 \text{ N/mm}^2$

Perfil: IPE, IPE 450; (L x W x T x FT) = 450,0 mm x 190,0 mm x 9,4 mm x 14,6 mm

Diámetro de taladro en chapa: $d_f = 18,0 \text{ mm}$

Espesor de placa (introducir): 20,0 mm

Espesor de placa recomendado: no calculado

Método de perforación: Taladro a rotoperCUSión

Limpieza: Se requiere limpieza del taladro con aire comprimido.

Tipo y tamaño de anclaje: HIT-HY 200-A V3 + HAS-U 8.8 M16

Número de artículo: 2237090 HAS-U 8.8 M16x260 (Insertar) / 2378171 HIT-HY 200-A V3 (Resina)

Insert item # alternative: 2390240 HAS 8.8 M16x260

Par de apriete máximo: 80 Nm

Diámetro de taladro en material base: 18,0 mm

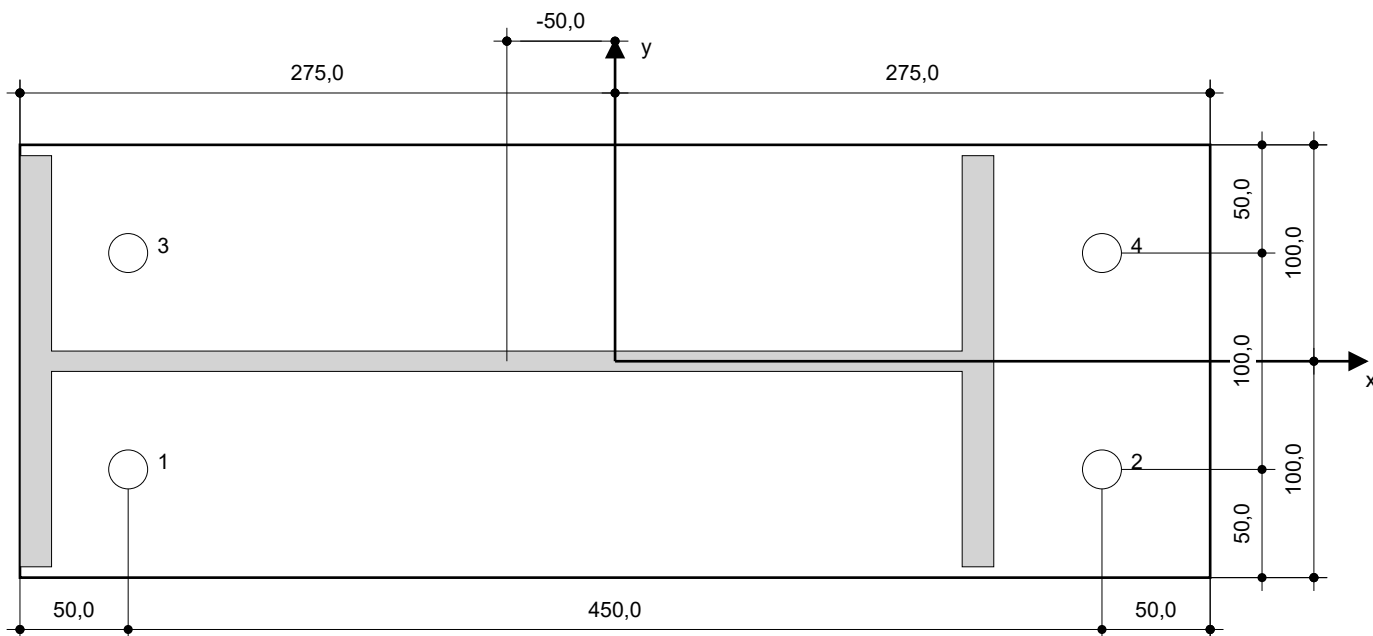
Profundidad de taladro (min/max): 150,0 mm

Mínimo espesor del material base: 186,0 mm

Hilti HAS-U 8.8 or HAS varilla roscada with HIT-HY 200-A V3 resina de inyección with 150 mm embedment hef, M16, Acero Galvanizado, Taladro a percusión installation per ETA 19/0601

7.1 Accesorios recomendados

Taladro	Limpieza	Instalación
<ul style="list-style-type: none"> Taladro a rotoperCUSión adecuado Tamaño adecuado de broca 	<ul style="list-style-type: none"> Aire comprimido con los accesorios requeridos para soplar desde el fondo del taladro. Diámetro adecuado de cepillo de alambre 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema de inyección incluye el mezclador y porta-cartuchos Para longitudes de empotramiento elevadas se requiere de un pistón de inyección Llave dinamométrica



Coordenadas del anclaje [mm]

Anclaje	x	y	c _{-x}	c _{+x}	c _{-y}	c _{+y}
1	-225,0	-50,0	-	-	-	-
2	225,0	-50,0	-	-	-	-
3	-225,0	50,0	-	-	-	-
4	225,0	50,0	-	-	-	-

www.hilti.es

Empresa:		Página:	8
Dirección:		Proyectista:	
Teléfono I Fax:		Correo electrónico:	
Diseño:	Anclajes postinstalado	Fecha:	13/2/2025
Sub Proyecto I Pos. No.:			

8 Observaciones; comentarios

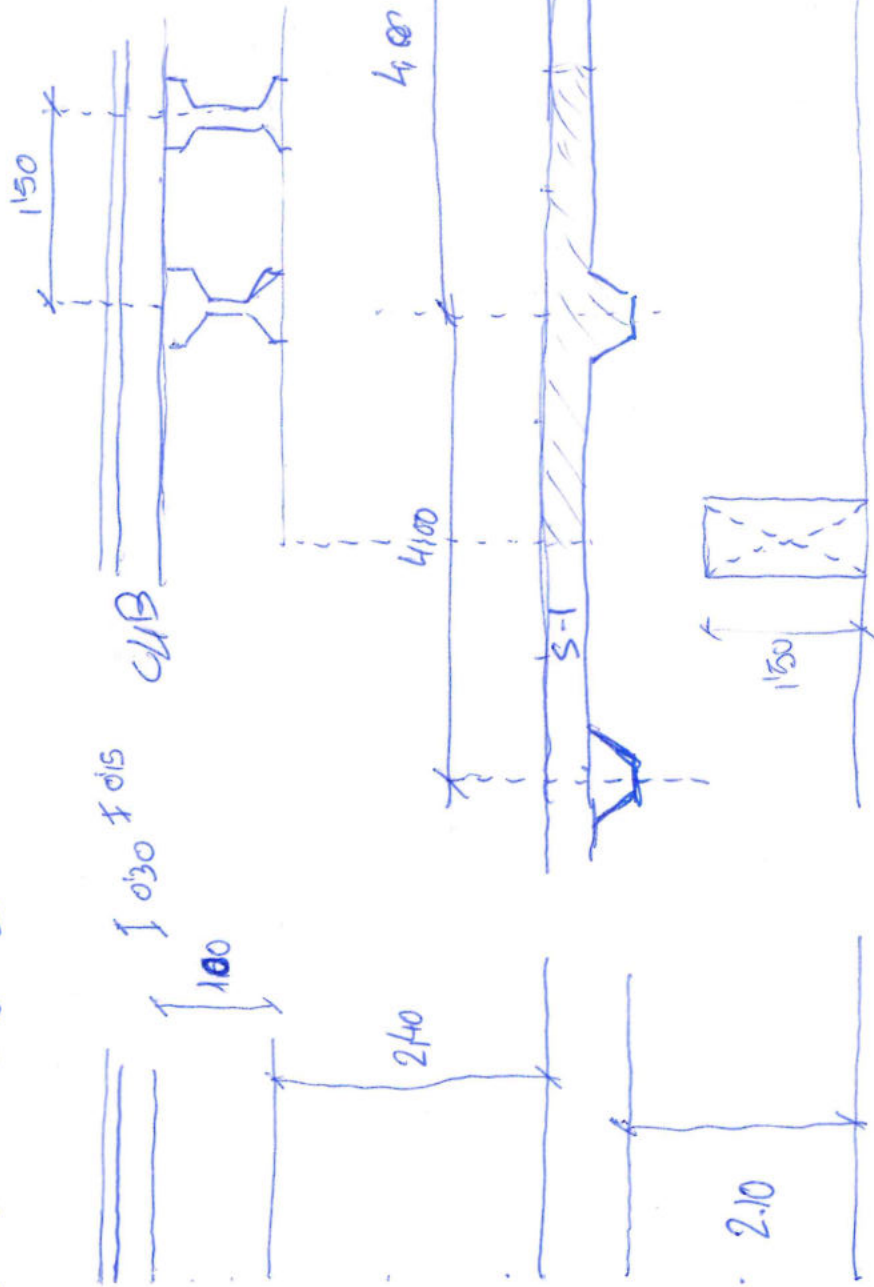
- Toda la información y los datos contenidos en el software se refieren exclusivamente al uso de los productos Hilti y se basan en los principios, las fórmulas y las normas de seguridad de acuerdo con las indicaciones técnicas de Hilti y las instrucciones de funcionamiento, montaje y ensamblaje, etc., que deben ser estrictamente respetadas por el usuario. Todas las cifras contenidas en ellas son cifras promedio, por lo que deben realizarse pruebas específicas de uso antes de utilizar el producto Hilti correspondiente. Los resultados de los cálculos realizados mediante el Software se basan esencialmente en los datos que usted introduzca. Por lo tanto, usted es el único responsable de la ausencia de errores, la integridad y la relevancia de los datos que introduzca. Además, usted es el único responsable de que los resultados del cálculo sean comprobados y autorizados por un experto, especialmente en lo que respecta al cumplimiento de las normas y permisos aplicables, antes de utilizarlos para su instalación específica. El software sólo sirve de ayuda para interpretar las normas y permisos, sin que se garantice la ausencia de errores, la corrección y la pertinencia de los resultados o la idoneidad para una aplicación específica.
- Debe tomar todas las medidas necesarias y razonables para evitar o limitar los daños causados por el Software. En particular, debe organizar una copia de seguridad periódica de los programas y datos y, en su caso, llevar a cabo las actualizaciones del Software ofrecidas por Hilti de forma regular. Si no utiliza la función AutoUpdate del Software, deberá asegurarse de que utiliza la versión actual y, por tanto, actualizada del Software en cada caso, realizando actualizaciones manuales a través de la página web de Hilti. Hilti no se responsabiliza de las consecuencias, como la recuperación de datos o programas perdidos o dañados, que se deriven de un incumplimiento culposo por su parte.

*Proyecto de ejecución de obras de reparación de la estructura del aparcamiento Marqués de Urquijo
Exp.300/2020/00870-31*

APÉNDICE Nº 3: HUECO EN MURO SÓTANO

Huaco con Marques de Urquipo
Escuela B. Sotano - 2.

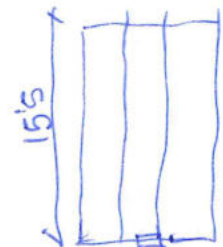
Ap. 3



S.P. $0,15 \times 22 =$
 Z. comp $0,30 \times 25 =$
 Vigas $\frac{0,28 \times 25}{1,5} =$
 SCU

3,3 KN/m^2
 7,5 KN/m^2
 4,67 KN/m^2
 20 KN/m^2
35,47 KN/m^2

C.D. Δ Work
 Z. comp con vigas $\frac{0,67 \times 25}{4} =$
 SCU 4
9,2 KN/m^2



Para viga cubierta: $\frac{35,5 \times 15,5}{2} \times 1,50 = 412,7 \text{ KN} \approx 275,14 \text{ kN/m}$

Para viga S-1: $\frac{9,2 \times 15,5}{2} \times 4 = 285,2 \text{ KN} \approx 71,3 \text{ kN/m}$

$f_{cx} = 175 \text{ Kg/cm}^2$

espesor muro: 0,50 mts



$I \times \text{Carga puntual en el apoyo de Vigas} \approx 320 \text{ kN}$

2/6

* Carga repartida en $\text{cm}^2 \approx 80 \text{ kg/cm}^2$
de Vigas $\approx 320 \text{ t/m}$

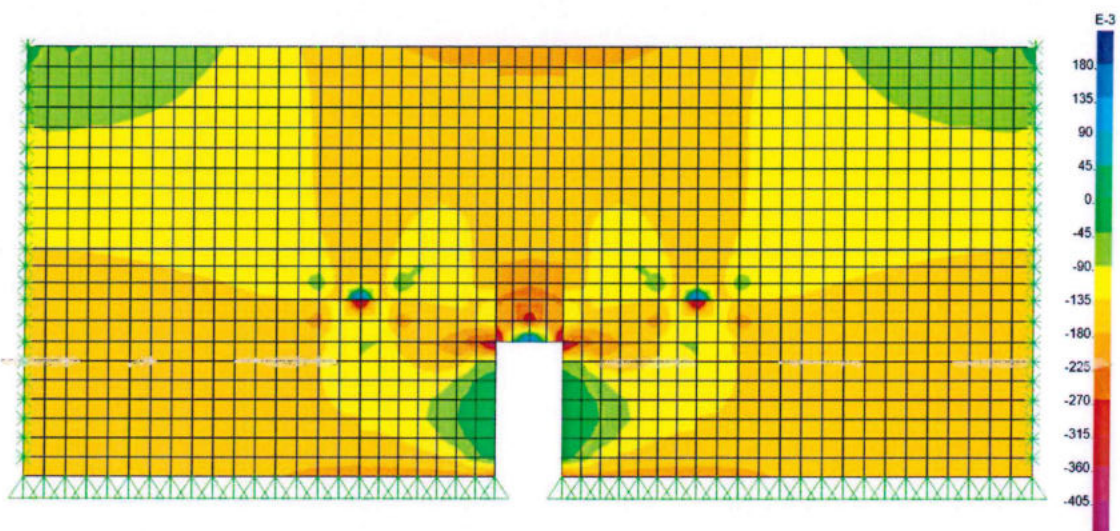
ANÁLISIS DE LAS TENSIONES DEL MURO AFECTADO POR EL HUECO DE VENTILACIÓN

CARGAS CONSIDERADAS EN EL MODELO:

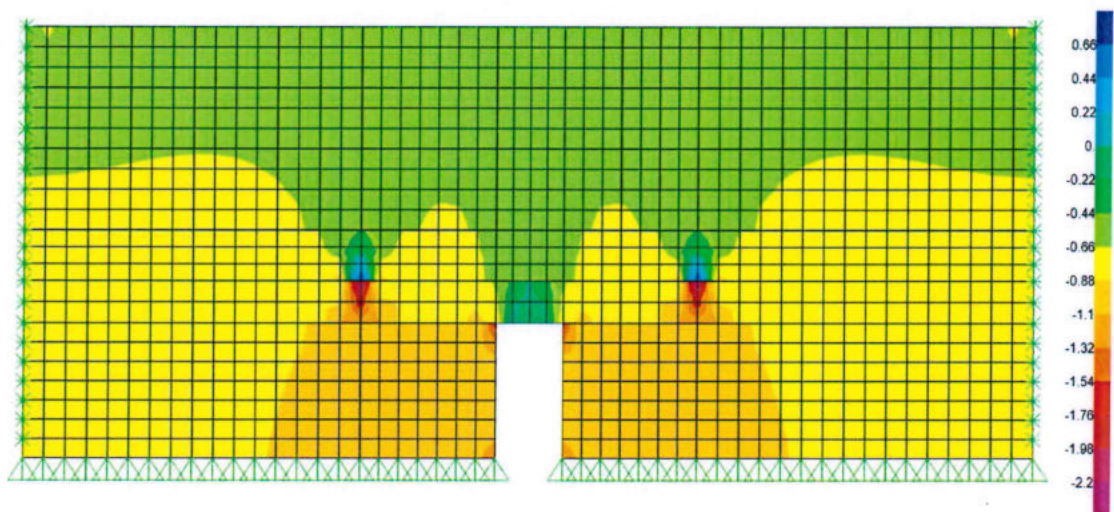
- Apoyo cubierta: 300 kN/m
- Apoyo sótano -1:
 - Hipótesis 1: Carga puntual bajo las vigas: 320 kN
 - Hipótesis 2: Carga lineal de 80 kN/m

SITUACIÓN DEL HUECO ENTRE LAS VIGAS DEL SOTANO -1

- COMBINACIÓN 1: PP+ CARAGA CUBIERTA + CARGA SOTANO -1 (HIPÓTESIS 1)

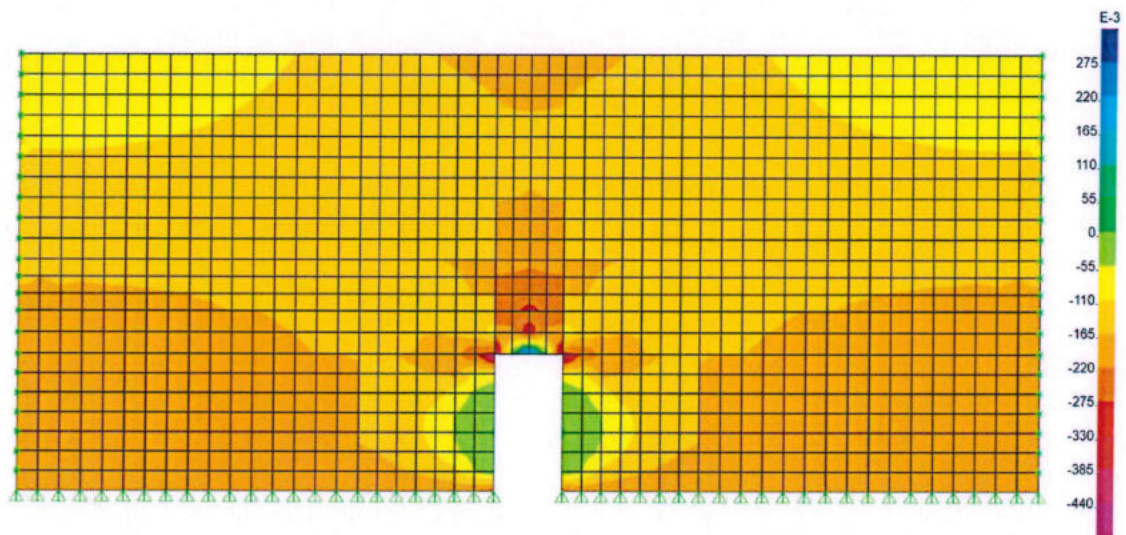


Tensiones horizontales, S11 (MPa)

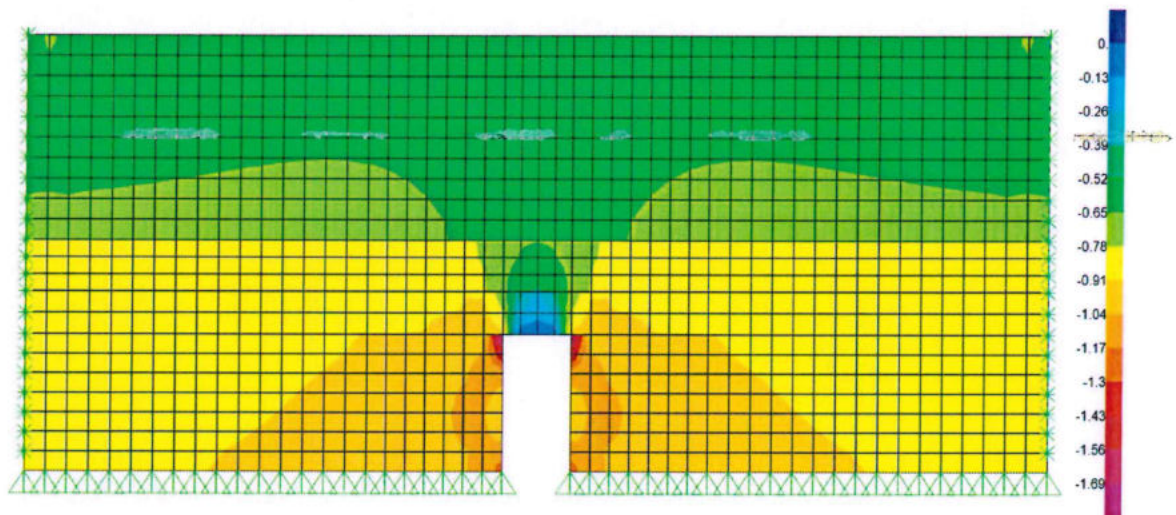


Tensiones verticales, S22 (MPa)

- COMBINACIÓN 2: PP+ CARAGA CUBIERTA + CARGA SOTANO -1 (HIPÓTESIS 1)



Tensiones horizontales, S11 (MPa)



Tensiones verticales, S22 (MPa)

Huaco en curso sotano -2. Marques de Loguño
Escalera B.

Análisis de resultados

Tensión máxima a tracción: 0'66 MPa
(sin mayorar)

Porra en horquilla H-175, $f_{ct} = 17,5 \text{ MPa}$

$$f_{ct,m} = 0'30 f_{ct}^{2/3} = 2,022 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,k} = 0'7 f_{ct,m} = 1,4156 \text{ MPa}$$

$$f_{ct,d} = 0,943 \text{ MPa}$$

Ponderando las cargas muertas por 1'35, las
SCL por 1'5 se obtiene un coeficiente de
mayoración de cargas (ponderado)

$$\gamma_f = 1,43$$

La máxima tensión a tracción obtenida en el
cálculo es

$$T_{max} = 0'66$$

$$T_{max} = 0'943 \leq f_{ct,d}$$

Las tracciones son asumibles por el horquilla sin
refuerzo.

La resistencia a tracción del horquilla armado del
Ap3

muro sótano sea mayor si se considerase la armadura del muro. En el cálculo anterior, no se ha tenido en cuenta la colaboración de la armadura.

A compresión no hay problema. La tensión máxima, sin mayor, es de 2,2 MPa, muy alejada de la resistencia a compresión del hormigón, sin considerar la colaboración de la armadura.