
**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CÉLULA DE
ENSAYO PARA DESARROLLO Y
EXPERIMENTACIÓN DE COMPONENTES DE
LA EDIFICACIÓN**

Escuela de Doctorado y Estudios de Posgrado

**Máster en Gestión e Innovación Tecnológica en
la Construcción**

Trabajo Fin de Máster

Autora: Rosana Alsayegh El Mekaabry

Tutores/as: José Luis Dólera Martínez
Norena Natalia Martín Dorta

Septiembre 2022



D. Jose Luis Dolera Martinez con N.I.F. 34818253W, profesor del área de expresión gráfica en la arquitectura del Departamento de Técnicas y Proyectos en Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de La Laguna.

HACE CONSTAR

Que la presente memoria titulada:

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CÉLULA DE ENSAYO PARA DESARROLLO Y
EXPERIMENTACIÓN DE COMPONENTES DE LA EDIFICACIÓN**

Ha sido realizada bajo su dirección por Rosana Alsayegh El Mekaabry con N.I.E. Y7543853M.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 7 de septiembre de 2022.



Agradecimientos

Tras la redacción y finalización del presente trabajo de fin de máster, quiero enviar mi más profundo agradecimiento a todas las personas involucradas en el mismo, y muy especialmente a mis tutores D. José Luis Dólera Martínez y DÑA. Norena Natalia Martín Dorta por su inestimable ayuda y atención experta, así como a todos los amigos y compañeros que hayan podido echar una mano de una u otra manera. Muchas gracias de corazón.



Resumen

El trabajo final de máster a elaborar consiste en la redacción de una investigación en la cual se describe el diseño y desarrollo constructivo de diferentes tipologías estructurales portantes de un módulo/ célula, en la que se seleccionará la óptima, teniendo en cuenta diferentes agentes externos.

Se encuentra situada en uno de los laterales de la parcela donde se encuentra actualmente La Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI) en San Cristóbal de La Laguna (Tenerife).

En esta se estudiarán tres tipos de la estructura portante, se presentarán las metodologías utilizadas y se revisarán los principales resultados experimentales.

Para ello, se realizarán diferentes investigaciones teóricas, además de estudios a través de programas informáticos como Tekla Structures, Sap 2000 e IDEA StatiCa, los cuales tienen, entre otras, funciones como las de diseñar, crear, analizar, combinar y administrar elementos finitos, además de la comprobación de normativas. Todo esto se realiza mediante información precisa, exacta y confiable para la exitosa ejecución del proyecto.

Palabras clave: módulo experimental, célula experimental, estructura.



Abstract

The final work of the master's degree consists of the writing of a research in which the design and constructive development of different structural typologies of a module/cell is described, in which the optimal one will be selected, taking into account different external agents.

It is located on one of the sides of the plot where the Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI) is currently located in San Cristóbal de La Laguna (Tenerife).

Three types of bearing structure will be studied, the methodologies used will be presented and the main experimental results will be reviewed.

For this purpose, different theoretical investigations will be carried out, as well as studies using computer programs such as Tekla Structures, Sap 2000 and IDEA StatiCa, which have, among others, functions such as the design, creation, analysis, combination and management of finite elements, as well as the verification of standards. All this is done through precise, accurate and reliable information for the successful execution of the project.

Keywords: experimental module, experimental cell, structure.



Índice

1. Introducción	7
1.1. Antecedentes	8
1.2. Objetivos	9
1.3. Metodología	9
2. Estado del arte / Estado de la Tecnología	11
3. Determinación de la bases del diseño	18
3.1. Características del emplazamiento	18
3.2. Características geométricas del módulo experimental	23
3.3. Tipos de estructuras en módulos experimentales.	24
4. Diseño y análisis de las estructuras de los módulos	26
4.1. Estructura de perfiles Huecos	33
4.2. Estructura de perfiles Laminados.	41
4.3. Estructura de hormigón prefabricado.	49
5. Análisis y resultados	57
5.1. Resultados del cálculo	57
5.2. Comparativa y análisis de indicadores	70
6. Conclusiones	72
7. Líneas de trabajos futuros	72
8. Referencias	74
9. Anexos	76





1. Introducción

El desarrollo de nuevos materiales, productos y sistemas constructivos industrializados actualmente plantean un amplio catálogo donde escoger las soluciones constructivas a aplicar por los técnicos proyectistas. De igual manera este gran abanico de materiales presentes en el mercado ofrece, de manera individual, una gran diversidad de combinaciones de distintos de ellos para establecer una solución constructiva individualizada.

Muchas de estas soluciones constructivas estandarizadas están planteadas para resolver y comportarse correctamente en climas europeos, al mismo tiempo que los sistemas constructivos desarrollados de manera particularizada carecen en muchas ocasiones de un correcto establecimiento de sus prestaciones de cara al comportamiento higrotérmico, acústico y el confort que ofrecen a las edificaciones.

Las características singulares del clima en Canarias, podrían dar lugar a que muchas de las soluciones constructivas estandarizadas e utilizadas en zonas septentrionales europeas supongan un empeoramiento en el confort de la edificación en canarias.

Por ello, en este trabajo se intentan establecer las bases de diseño de un pequeño módulo/célula edificatoria que sirva como laboratorio de ensayos para:

- ▭ La caracterización térmica de los componentes y soluciones que configuran la envolvente de los edificios (pasivos y solares activos).
- ▭ Análisis de técnicas naturales de acondicionamiento en edificios para reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración a lo largo del año.

Dado que los ensayos a desarrollar, en la mayoría de los casos, se corresponden con materiales o sistemas compuestos que configuran la envolvente de la edificación, de los cuales se realizarán pequeñas investigaciones, hacen que, **este trabajo se centre en el análisis y diseño de la estructura portante de estos módulos/célula de ensayo**. Dejando abierto a los posteriores estudios la determinación de estas envolventes, y centrandó nuestro trabajo en el desarrollo de una estructura que pueda ser objeto de estas diversas alteraciones sin ser influenciada ni alterada.



1.1. Antecedentes

Durante mi desarrollo del presente *Máster Universitario en Gestión e Innovación Tecnológica en la Construcción* entendí las necesidades de la investigación y experimentación en materiales y sistemas constructivos, así como la necesidad de conocer el funcionamiento de estos bajo diferentes condiciones climáticas y la afcción de estos al confort de la edificación y sus usuarios.

La actual crisis energética y las acuciantes necesidades de implementación de soluciones constructivas sostenibles hacen necesario que se deba conocer correctamente el funcionamiento y aporte de estas a la mitigación del cambio climático.

En marzo de 2022 la directora del Máster Norena Martín consiguió que se aprobara por la Cátedra Institucional de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible Cabildo de Tenerife-Universidad de La Laguna, un proyecto para la ejecución de una **“Infraestructura Experimental Modular para experimentación de tecnologías sostenibles en Arquitectura”**

En este proyecto de plantea:

“Según la Directiva Europea de eficiencia energética de edificios EPBD 2010/31/EU (RECAST), todos los edificios que se construyan a partir del año 2020 en Europa tendrán que ser “edificios de consumo de energía casi nulo (nearly Zero Energy Buildings: nZEB)” o lo que es lo mismo, tendrán que generar casi la misma cantidad de energía que la que consuman y en el caso de los edificios públicos a partir del año 2018. Además, se va a estimular que los edificios existentes se transformen en edificios de consumo de energía casi nulo.

La Infraestructura Experimental Modular que se propone pretende ser un espacio para la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías de arquitectura y construcción sostenibles y ecoeficientes, además de para el desarrollo de nuevos productos y sistemas para la edificación que proporcionen una disminución del consumo del edificio, aumentando el confort de los usuarios.

La infraestructura que se propone son dos módulos contruidos a partir de contenedores marítimos. Se pretende situar en la zona del espacio exterior de la Escuela Politécnica Superior de Ingeniería – Edificio de Arquitectura Técnica y Civil. La mayoría de los materiales utilizados son donados por empresas del sector de la construcción. El módulo ayudará a optimizar y validar, en condiciones reales de uso, sistemas constructivos y soluciones sostenibles y adaptadas a Canarias.”

Con unos objetivos determinados:



“La Infraestructura Experimental Modular que se propone pretende ser un espacio para la investigación, desarrollo e implementación de tecnologías de arquitectura y construcción sostenibles y ecoeficientes, además de para el desarrollo de nuevos productos y sistemas para la edificación que proporcionen una disminución del consumo del edificio, aumentando el confort de los usuarios.

El módulo ayudará a optimizar y validar, en condiciones reales de uso, sistemas constructivos y soluciones sostenibles y adaptadas a Canarias.”

Estos módulos han de quedar enclavados en los espacios abiertos que dispone la Sección de Arquitectura e Ingeniería Civil de la EPSI (Escuela Politécnica Superior de Ingeniería) de la Universidad de La Laguna y ubicada en la Avda. Ángel Guimerá Jorge, 1, 38206 La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.

El presente trabajo, pretende contribuir a la implementación del diseño de esos módulos experimentales colaborando así en desarrollo del proyecto de *“Infraestructura Experimental Modular para experimentación de tecnologías sostenibles en Arquitectura”*.

1.2. Objetivos

El principal objetivo del presente trabajo es **evaluar tres variables en el diseño y desarrollo constructivo de la estructura portante del módulo/célula de ensayo** para el proyecto de *“Infraestructura Experimental Modular para experimentación de tecnologías sostenibles en Arquitectura”*, **determinando cual sería la más recomendable para la ejecución de estos módulos experimentales.**

El fundamento de dicha construcción de carácter efímero es ajustar las necesidades de los alumnos y profesionales para lograr un aprovechamiento de un espacio, hasta ahora, inutilizado, y convertirlo en una zona en la que poder realizar diferentes estudios que serán de gran ayuda en construcciones futuras.

1.3. Metodología

Para la consecución de los objetivos de diseño de la estructura portante de los módulos/células experimentales se ha procedido a establecer el siguiente plan de tres fases para el desarrollo, evaluación y diseño de estos:

Fase 1: Estudio del estado del arte. Se ha realizado una búsqueda de proyectos y/o trabajos de investigación del comportamiento de sistemas constructivos en los que es necesaria la construcción de módulos/células de experimentación. Conociendo así las características necesarias de estas mini-edificaciones, las dimensiones más utilizadas y las



necesidades estructurales más comunes de estos. Pudiendo así sentar las bases del diseño geométrico y formal del módulo.

Fase 2: Bases de diseño y análisis. Una vez conocidas las necesidades de los módulos, se establecen las bases de diseño procediendo a la determinación geométrica y formal para poder plantear tres hipótesis a calcular y analizar mediante una serie de indicadores como el precio, comunes que permitan realizar comparativas entre ellos para determinar el más idóneo. Para el cálculo y determinación de las secciones y ensamblajes se contará con el apoyo del software de diseño y cálculo estructural BIM desarrollado por Trimble [Tekla Structures](#)¹ y con el apoyo del programa de elementos finitos [SAP 2.000](#)² e [IDEA StatiCa](#)³

¹ Tekla Structures es un programa de diseño asistido por computadora y fabricación asistida por computadora en 3D (tres dimensiones) para el diseño, detallado, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras para la construcción. Desarrollado por la empresa finlandesa TEKLA tiene presencia a nivel mundial a través de oficinas propias y representantes oficiales.

² El SAP2000 es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras. Conocido por la flexibilidad en el tipo de estructuras que permite analizar, por su poder de cálculo y por la fiabilidad de los resultados, SAP2000 es la herramienta de trabajo diaria para varios ingenieros. La versatilidad en modelar estructuras, permite su utilización en el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, presas, estructuras industriales, estructuras marítimas y todo tipo de infraestructura que necesite ser analizada y dimensionada. Con respecto a las acciones, es posible generar automáticamente cargas de sismo, viento y vehículos, y posteriormente, hacer el dimensionamiento y comprobación automática de estructuras de hormigón armado, perfiles metálicos, de aluminio y conformados en frío, a través de las normativas europeas, americanas, Canadienses, turco, Indias, Chinas, y otras. Las diversas herramientas de análisis y los procesos desarrollados en SAP2000 permiten la evaluación de grandes desplazamientos en cada etapa de la estructura, el análisis modal a través de los vectores propios Eigen y Ritz basados en casos de carga no lineales, el análisis del comportamiento catenaria en cables, la no linealidad del material (rótulas fiber) y de los objetos de área no lineales (layered shell), el análisis de pandeo o colapso progresivo, el uso de "links" no lineales para modelado de la fricción, amortiguación, aisladores de base y rigidez multilínea o plástica entre nudos, y finalmente, la secuencia constructiva. Los análisis no lineales pueden ser estáticos y/o en función del tiempo, con opciones para análisis dinámico FNA (Fast Nonlinear Analysis), temporales (time-history) y por integración directa.

³ IDEA StatiCa es el software líder en el mundo para el diseño de conexiones de acero, análisis de elementos finitos y la comprobación de normativas en detalles de hormigón. El diseño de las conexiones es el centro de todo proyecto de acero. Por lo tanto, deja de hacer concesiones. El software de diseño de conexiones de acero IDEA StatiCa te permite manejar todo tipo de conexiones atornilladas, conexiones soldadas, conexiones a cortante, axiales y de momento, y varios detalles de conexiones de acero.

- Plantillas predefinidas para las conexiones simples, modelado visual para las conexiones complejas.
- Informes completos.
- Enlaces BIM automatizados con su software FEA y CAD.

IDEA StatiCa es un software para el análisis y diseño de todos los elementos y detalles de hormigón. Modela, optimiza la armadura y obtén un informe con todas las comprobaciones del código.

para el diseño de conexiones de acero, análisis de elementos finitos y la comprobación de normativas en detalles de hormigón.

Fase 3: Evaluación de los diseños/soluciones planteadas. Se realizará una comparativa de las tres soluciones planteadas mediante el uso de los indicadores establecidos para determinar la más propicia a ejecutar bajo los parámetros de la sostenibilidad.

Fase 4: Líneas de trabajo futuras. En base a los resultados obtenidos, se ejecutará un módulo que funcione como laboratorio de ensayos, con los cuales se podrá definir la envolvente más adecuada para reducir la demanda energética y así, guiarnos hacia un mundo más sostenible en el mundo de la construcción.

2. Estado del arte / Estado de la Tecnología

Los sistemas activos innovadores pueden diferir significativamente entre el comportamiento teórico y el real calculado según los programas habituales. Esto generalmente se debe a la simplificación computacional, que se puede corregir realizando ensayos en células reales.

Por ello, se ha establecido una revisión de las células de ensayo que aparecen en diversas instituciones y que se prestan a la realización de los ensayos de similares características a los que se quieren desarrollar en nuestro módulo por nosotros, como son los siguientes:

“Caracterización Experimental de Fachadas Activas en Condiciones Ambientales Reales por medio de Células de Ensayo PASLINK”

Para lograr el objetivo de construir edificios con un consumo casi nulo, es necesario desarrollar no solo envolventes aislantes para reducir la pérdida de calor al ambiente interno, sino que estas envolventes también necesitan participar en el propio sistema la climatización. En el presente trabajo se investigan algunas soluciones de fachada activa como sistemas con gran potencial para captar energía solar que afectan a envolventes de edificios, como la fachada ventilada, muros Trombe, ventanas activas, muros de agua, PCMs, etc. El diseño adecuado de estos sistemas requiere el ajuste de diferentes parámetros activos que interfieren con el comportamiento energético. Sin embargo, hay pocos datos sobre el comportamiento real de estos diseños. Para cuantificar los resultados, analizaron utilizando una herramienta de medida de solución activa llamada unidad PASLINK, que permite estudiar este tipo de fachadas, y muestra algunos ejemplos de ensayos que se han realizado

En cuanto a la configuración de la célula, se establecieron principalmente dos tipologías de mejora para tener bajo control del confort termico mediante la envolvente. Una de estas es llamada “Pseudo-Adiabatic Shell (PAS)”, cuyo objetivo de la misma es la de compensar las perdidas de calor mediante una capa interior calefactada. Por otro lado, se encuentra la denominada como “Heat Flux Sensitive Tiles (HFS Tiles)”, que busca recubrir la envolvente en sus interiores gracias a elementos que funcionaban como medidores de flujo de calor, los cuales constan de una gran sensibilidad.

Estas dos células de las que hablábamos anteriormente han sido instaladas en el Laboratorio de Control de Calidad en la Edificación del Gobierno Vasco (LCCE) en Vitoria-Gasteiz, denominadas célula EGUZKI y célula ILARGI. La célula Eguzki, se usa con el objetivo de poder ensayar en ella elementos de fachada con unas dimensiones de 2,7 x 2,7 metros.

Por otro lado, la célula Ilargi, además de elementos verticales con las mismas dimensiones que la anterior nombrada (2,7 x 2,7 metros), como elementos de cubierta plana de 3,7 x 2,1 metros.

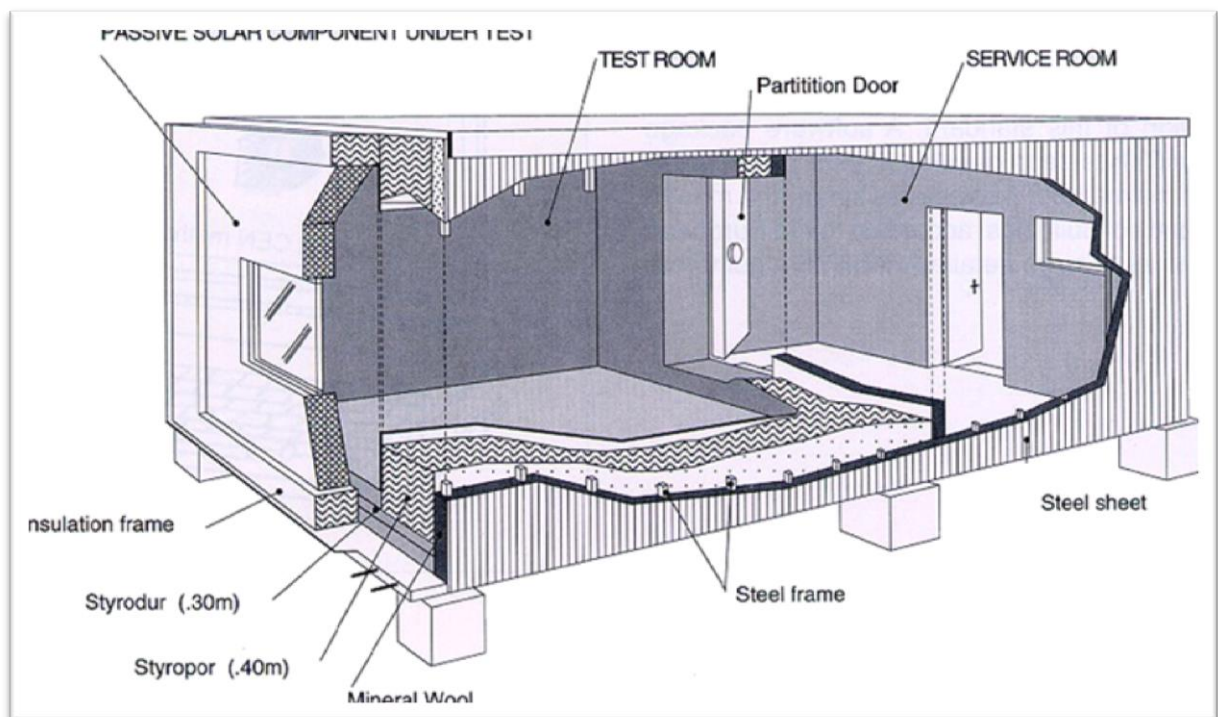


Fig 1: Módulo ILARGI de ensayo diseñado para la experimentación.

La estrategia de prueba se basó en un programa de calentamiento de la célula, siguiendo un perfil aleatorio, llamado ROLBS (van Dijk y Téllez 1995). Antes de eso, solo hubo un breve período de estabilización de unos pocos días, en el que solo funcionó un pequeño ventilador para mover el aire dentro de la estancia. Los intervalos de calentamiento para la rutina ROLBS pueden ser días, horas o intervalos de media hora. Dicha variabilidad, tiene como objetivo desacoplar la respuesta térmica de la muestra de ensayo, de la del resto de la celda. El aporte térmico debe mantener la diferencia entre el interior de la celda de ensayo y el ambiente exterior del orden de $\Delta T \geq 20^{\circ}\text{C}$. El modelo ROLBS también logra evitar la



superposición entre los factores que actúan como entradas durante la fase de creación del modelo de muestra.

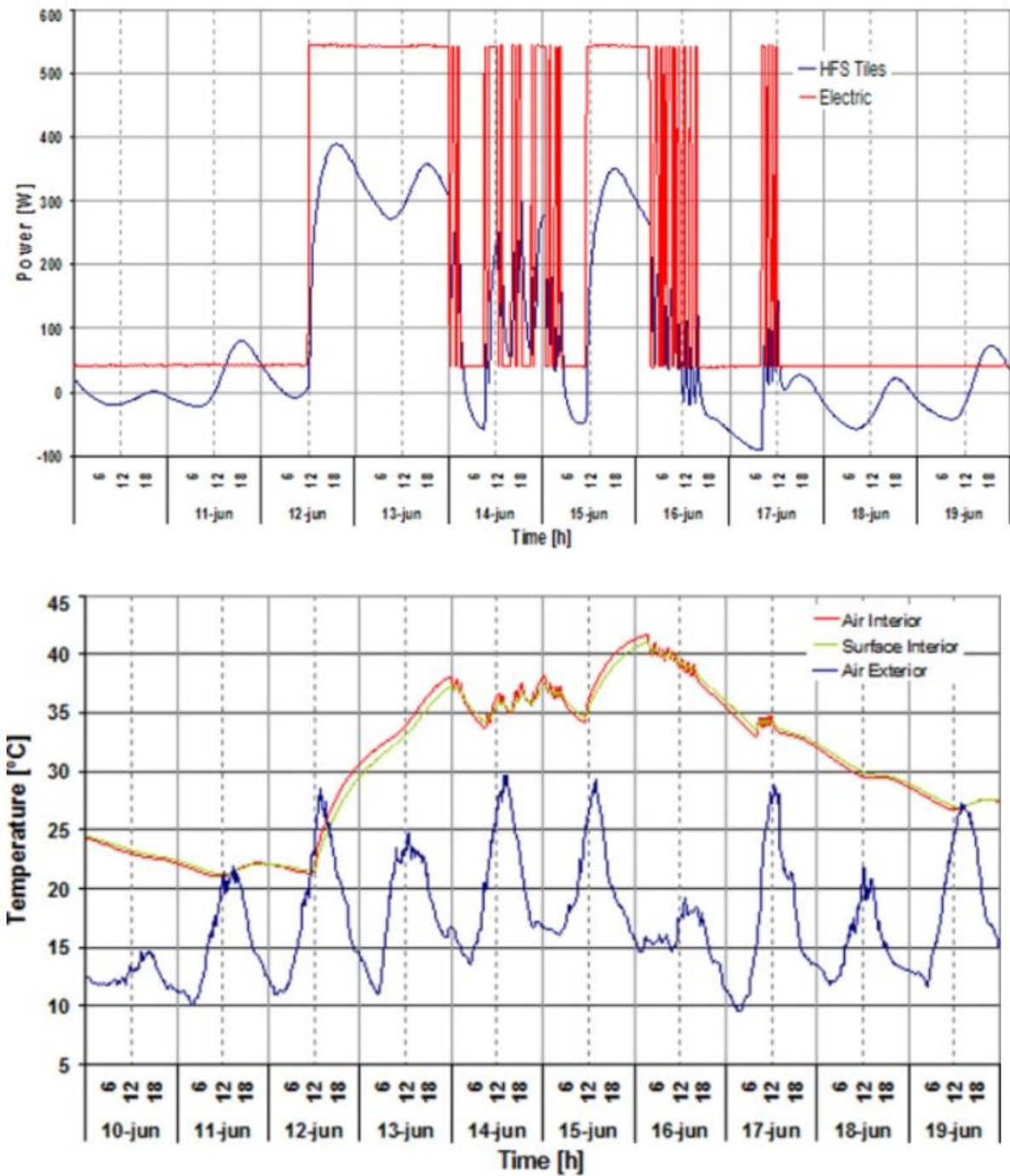


Fig 2: Rutina de aporte de calor de calefacción durante 10 días según un patrón ROLBS (superior) y variación de temperaturas en el mismo periodo. Fuente: www.construible.es

La parte final del proceso de caracterización térmica con celdas Paslink es determinar los principales parámetros y propiedades de la muestra en estudio. En general, los valores de interés para los componentes opacos son la resistencia térmica R (m^2K/W) y la capacidad térmica C (J/Km^2) y, en el caso de los componentes translúcidos, la ganancia solar g . Las herramientas utilizadas en esta etapa fueron el software LORD -LOGical R-Determination- (Gutschker 2004) y el software CTSM -Continuous Time Stochastic Modeling- (Madsen 2008). Ambos se basan en modelos de caja gris, donde los parámetros de interés se determinan mediante ecuaciones diferenciales ordinarias aplicadas al fenómeno de transferencia de calor del modelo de parámetros agrupados.

Para mostrar en detalle los pasos del procedimiento descrito en la aplicación práctica, utilizamos el ejemplo de un estudio utilizando una pared de fondo antes de la reparación térmica. Está realizada en dos capas de ladrillos, el interior es de ladrillo hueco simple, el exterior de ladrillo poroso, con cámara de aire de 5 cm de espesor, el interior enlucido con yeso, y el exterior enlucido con mortero de cemento. La imagen muestra la construcción de la muestra y cómo se veía al sur de la celda de prueba Paslink (Eguzki Cell en LCCE). A partir de los datos registrados se construyó un modelo teórico teniendo en cuenta el período estacionario y el procedimiento de aporte de calor ROLBS. El modelo fue validado realizando un estudio de covarianza sobre los parámetros evaluados y sus residuales para obtener los valores finales de los parámetros de pared de fondo.

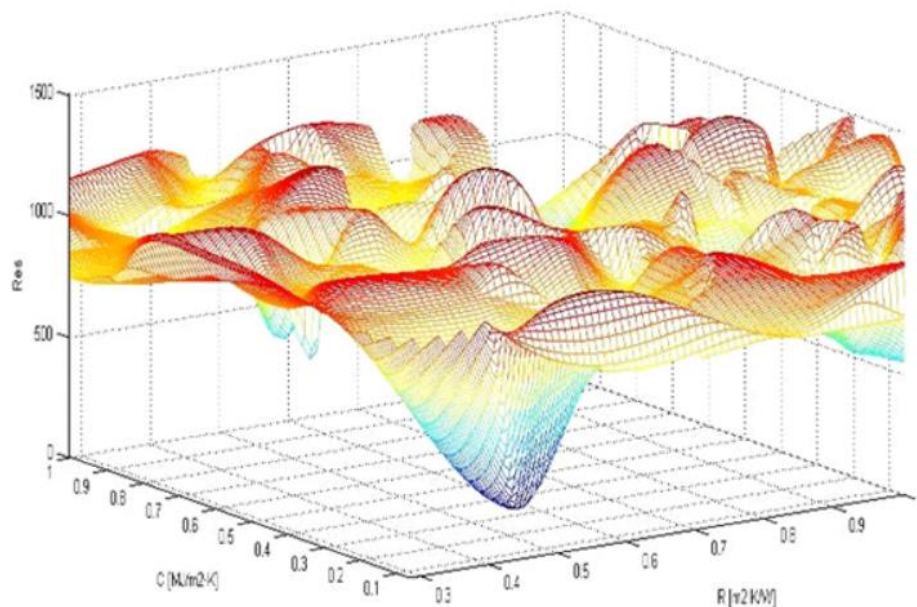


Fig 3: Patrones residuales para el modelo obtenido en función de las variaciones de parámetros del muro base ensayado. Fuente: www.construible.es



“LABORATORIOS PARA EL ESTUDIO EXPERIMENTAL DE COMPONENTES Y TÉCNICAS NATURALES DE ACONDICIONAMIENTO EN EDIFICACIÓN” (CIEMAT)

El objetivo de esta célula localizado en CIEMAT Madrid-Moncloa. Avda. Complutense, 40 - 28040 Madrid., y en Plataforma Solar de Almería (PSA). Ctra. de Senés km. 4,5 - 04200 Tabernas (Almería); es la de realizar la valoración energética experimental de componentes y sistemas constructivos gracias a *“la caracterización basada en modelado empírico y la verificación de modelos de simulación”*. También se encarga de estudiar distintos sistemas de reducción de impacto de calor y frío en edificaciones mediante la integración de elementos pasivos y activos de acondicionamiento térmico.

Los ámbitos de este laboratorio son los componentes constructivos, las estrategias bioclimáticas y los sistemas pasivos y activos. Además, se encarga de la investigación, desarrollo e innovación de servicios técnicos.

Sus principales funciones son:

- Ensayar la caracterización térmica de los componentes de la envolvente de los edificios (pasivos y solares activos) en recintos de ensayo apropiados.
- Realizar el análisis de técnicas naturales de acondicionamiento en edificios para reducir la demanda energética en calefacción y refrigeración a lo largo del año.
- Realizar estudios para la aclimatación en espacios abiertos.

A continuación, se describirán los diferentes elementos de los cuales constan sus instalaciones:

1. Laboratorio de ensayos energéticos para componentes de la edificación (LECE).

A su vez, dicho laboratorio está conformado por:

- **Células de ensayo.** Lo forman un conjunto de 5 espacios de ensayo, en los que cada uno de estos, está compuesto por un espacio de ensayo con un gran aislamiento térmico, y una de servicio. En cuanto a la zona dedicada al ensayo, se puede sustituir la envolvente original por el cerramiento constructivo a ensayar.
- **Célula de prueba CETeB.** A diferencia de la célula descrita anteriormente, en esta, el elemento a ensayar es la cubierta. El diseño de la misma intenta solucionar diversos aspectos prácticos en relación con los ensayos del techo, tales como la accesibilidad y la resistencia estructural.
- **Célula de prueba PASLINK.** Consiste en una cámara de prueba con un sistema que detecta el flujo de calor a través de la carcasa de la celda de prueba por medio de un sistema de termopila y lo compensa usando una disposición de almohadilla térmica. La superficie interna de la celda de prueba consiste en placas de aluminio, que se hacen uniformes para evitar puentes térmicos.



- **Chimenea Solar.** Permite experimentos de modelado empírico y validación de modelos teóricos. Consiste en un muro absorbente de 4,5 m de alto, 1,0 m de ancho y 0,15 m de espesor con un canal de aire de 0,3 m de profundidad y una cubierta de vidrio de 4 mm de espesor. Las tomas de aire están protegidas por cajas de madera contrachapada para evitar fuertes turbulencias de viento. El flujo de aire de entrada está colimado por la disposición apilada, por lo que el componente de velocidad está solo en la dirección.

Todos estos dispositivos son de gran utilidad en estudios experimentales, que se Utilizan de forma complementaria a estudios teóricos.

2. Laboratorio de dinámica de fluidos.
Está formado por un conjunto de sistemas que permiten el estudio del movimiento del fluido y la ejecución de cálculos de velocidad de la elevación del aire, así como los estudios de la recuperación del aire interior.
3. Laboratorio de aclimatación de espacios abiertos.
Está compuesto por un árbol del viento que posee una torre con con una velocidad de ventilación máxima teórica de de 7 m/s y una velocidad práctica de 5 m/s en la parte superior, protegida por redes. Este dispositivo permite la aclimatación por evaporación o deshumidificación, tanto en edificios cerrados como en espacios semicerrados o abiertos (urbanismo).



Fig 4: Laboratorio de ensayos energéticos para componentes de la edificación. Fuente: PCA (LECE)

3. Determinación de la bases del diseño

3.1. Características del emplazamiento

Emplazamiento

El proyecto se emplazará en San Cristóbal de la Laguna, una Ciudad y municipio de la provincia de Santa Cruz de Tenerife, Tenerife, Islas Canarias, España. Su capital administrativa se encuentra en el municipio de San Cristóbal de la Laguna a una altitud de 545 metros. Con 158.9112 habitantes, La Laguna es la segunda ciudad más poblada de Tenerife y la tercera ciudad más grande de Canarias. Está situada en la zona nororiental de Tenerife, colindante con la ciudad de Santa Cruz de Tenerife, tal y como se muestra en la siguiente fotografía.

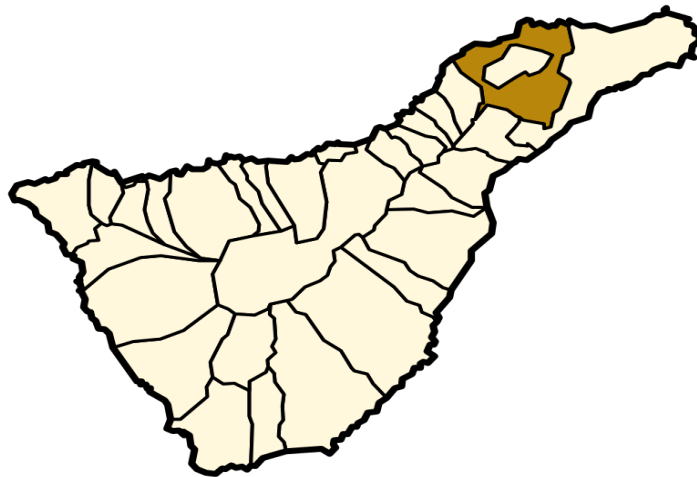


Fig 5: área de emplazamiento. Fuente: wiki viajes

Más concretamente, el lugar elegido para esta aula son los alrededores a Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de la Universidad de La Laguna, más concretamente, el en Parking de la misma, tal y como se muestra en la siguiente fotografía.

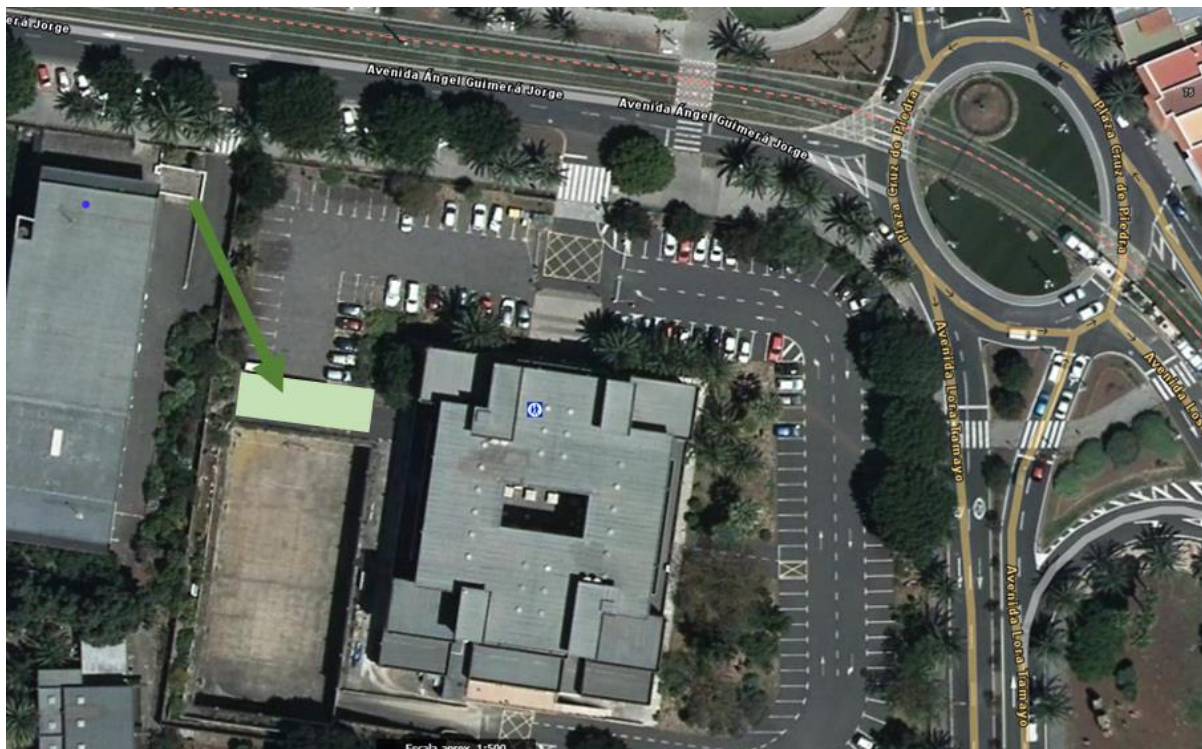


Fig 6: Ortofoto (Callejero Turístico) del área de emplazamiento. Fuente: VISOR IDECanarias

Se ha elegido esta zona ya que, en estos instantes, y desde hace bastante tiempo, los alrededores de esta facultad han sufrido mucho abandono, y por consiguiente se quedan como espacios inutilizados a los cuales se les podría dar bastante uso con proyectos como este, que además le supondrían un plus educacional y de experimentación a los usuarios de dicha facultad.

Aun así, dicha estructura será de tipo efímera, por lo cual puede ser trasladada según las necesidades de esta.

Terreno.

Actualmente el área de emplazamiento previsto presenta zonas asfaltadas, así como elementos ajardinados con tierra natural, previendo bajo estas un firme original de coladas basálticas.

Climatología.

El clima de San Cristóbal de La Laguna es mediterráneo oceánico de tipo Csb (Clima templado con un verano seco y cálido) de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, el cual consiste en una clasificación mundial de los climas naturales que identifica cinco grandes tipos de clima, subdivididos en 30 categorías, y contiene una serie de letras que representan el comportamiento de la temperatura y las precipitaciones que caracterizan a cada clima, y por tanto también el tipo de vegetación presente en él.

Parámetros climáticos promedio de Observatorio del Aeropuerto de Tenerife Norte (632 m s. n. m.) (Período de referencia: 1981-2010) [ocultar]													
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	25.6	26.9	30.6	32.4	37.6	37.8	41.4	39.2	37.0	33.2	31.0	25.2	41.4
Temp. máx. media (°C)	16.0	16.7	18.2	18.5	20.1	22.2	24.7	25.7	24.9	22.5	19.6	17.1	20.5
Temp. media (°C)	13.1	13.4	14.5	14.7	16.1	18.1	20.2	21.2	20.7	18.9	16.5	14.3	16.8
Temp. mín. media (°C)	10.2	10.0	10.7	10.9	12.0	14.0	15.7	16.6	16.5	15.2	13.3	11.5	13.0
Temp. mín. abs. (°C)	4.0	5.2	5.4	6.3	7.2	8.8	10.0	10.0	10.0	10.6	8.0	6.6	4.0
Precipitación total (mm)	79.9	70.2	61.4	38.8	18.7	10.7	6.4	5.2	15.9	47.0	81.1	82.3	520.3
Días de precipitaciones (≥ 1 mm)	7.7	7.4	6.8	6.2	3.8	2.4	1.7	1.1	2.8	6.5	8.3	8.8	64.0
Horas de sol	150.0	167.7	187.8	202.5	234.4	237.1	262.4	268.7	213.3	193.9	155.4	136.8	2410
Humedad relativa (%)	76	75	71	74	72	73	69	69	71	74	75	79	73

Fuente: Agencia Estatal de Meteorología^{20 21}

Fig 7: Temperatura promedio por hora en San Cristóbal de La Laguna. Fuente: weatherspark

Por consiguiente, estaríamos hablando de un clima donde los veranos son cómodos y áridos; los inviernos son largos, frescos y secos y está ventoso y mayormente despejado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 12 °C a 24 °C y rara vez baja a menos de 10 °C o sube a más de 27 °C, aunque puede haber excepciones.

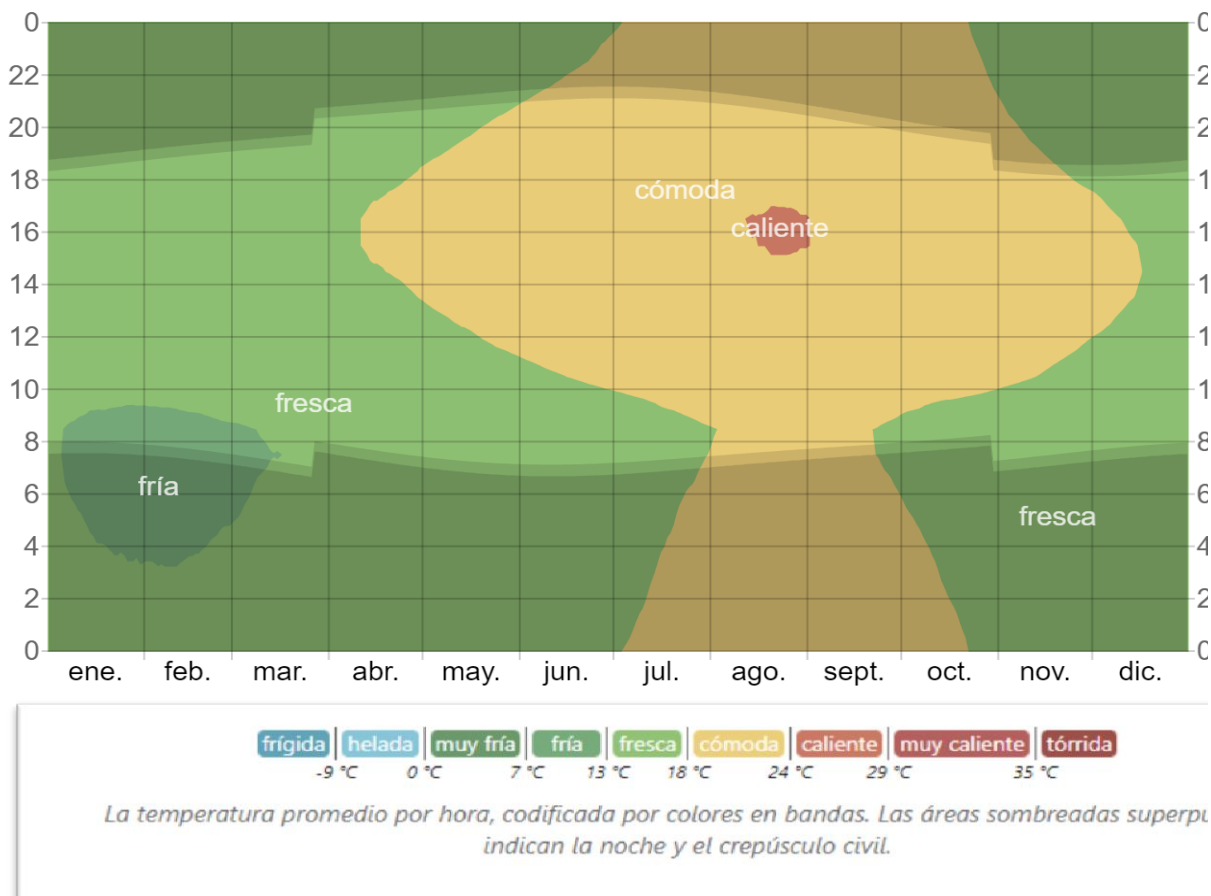


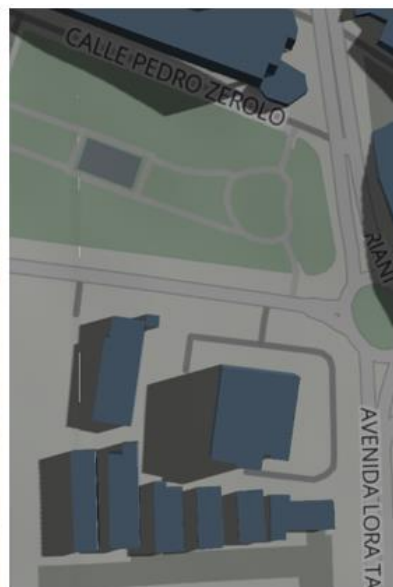
Fig 8: Temperatura promedio por hora en San Cristóbal de La Laguna. Fuente: weatherspark



A continuación, se analiza el ciclo solar de la zona y cómo interactúan las sombras producidas por las edificaciones cercanas, sobre el emplazamiento elegido para este proyecto. Esto nos ayudará a conocer mejor de qué forma podemos realizar la envolvente del aula, para proponer soluciones lo más óptimas posibles, teniendo en cuenta esta información solar y así, proveer del mayor confort térmico a los usuarios de la misma.



- Hora 8:00



- Hora 9:00



- Hora 10:00



- Hora 11:00



- Hora 12:00



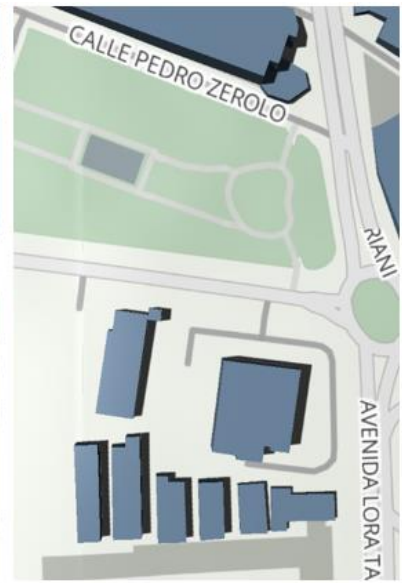
- Hora 13:00



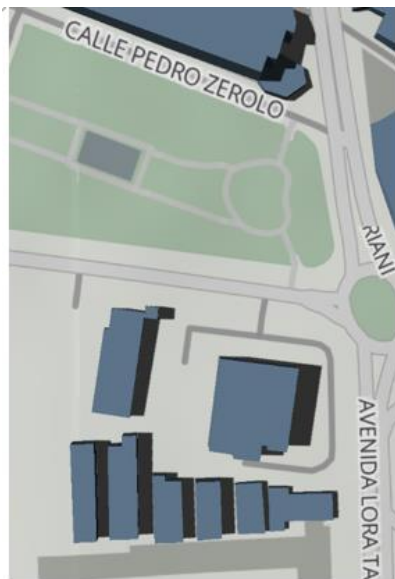
- Hora 14:00



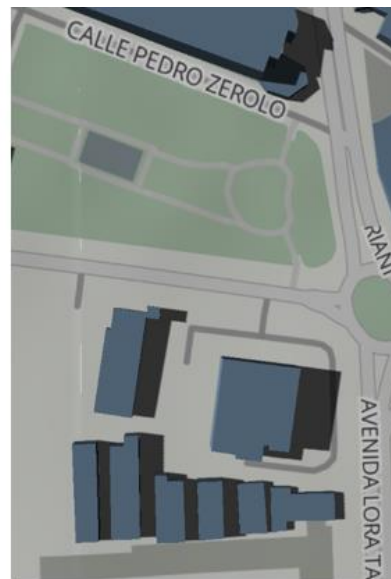
- Hora 15:00



- Hora 16:00



- Hora 17:00



- Hora 18:00



- Hora 19:00

Fig 9: Recorrido solar. Fuente: shadowmap.

3.2. Características geométricas del módulo experimental

El propósito de este módulo experimental es el de convertirse en un laboratorio de I+D (Investigación y Desarrollo), donde los estudiantes de La Escuela Politécnica Superior de Ingeniería (EPSI), puedan realizar los ensayos correspondientes, con la mayor comodidad posible.

En cuanto a la geometría de célula experimental que se ha propuesto, se basa en los referentes estudiados y diseñados para el análisis de elementos y sistemas constructivos. Estos módulos de ensayo disponen de una geometría afín a la configuración formal de una estancia vividera de cualquier edificación de carácter residencial con una superficie comprendida entre 9 y 18 m², y con un volumen encerrado de entre 27 y 54 m³.

Estableciéndose una **geometría simple (A)** compuesta por un prisma rectangular de dimensiones 6,00 x 3,00 x 3,00 m. como elemento principal del diseño con un volumen interior de 54 m³. Respondiendo estas dimensiones también a las características comunes de los sistemas estructurales mínimos de hormigón armado comúnmente utilizados en canarias. Conjuntamente con este módulo geométrico, se procedió a un segundo planteamiento **(B)**, **donde se permitiera el agrupamiento de dos módulos** mínimos de 3,00 x 3,00 x 3,00 m. Pudiendo así ensayar volúmenes menores si fuera necesario (27 m³) y permitiendo la realización de comparativas directas entre ensayos de distintas soluciones.

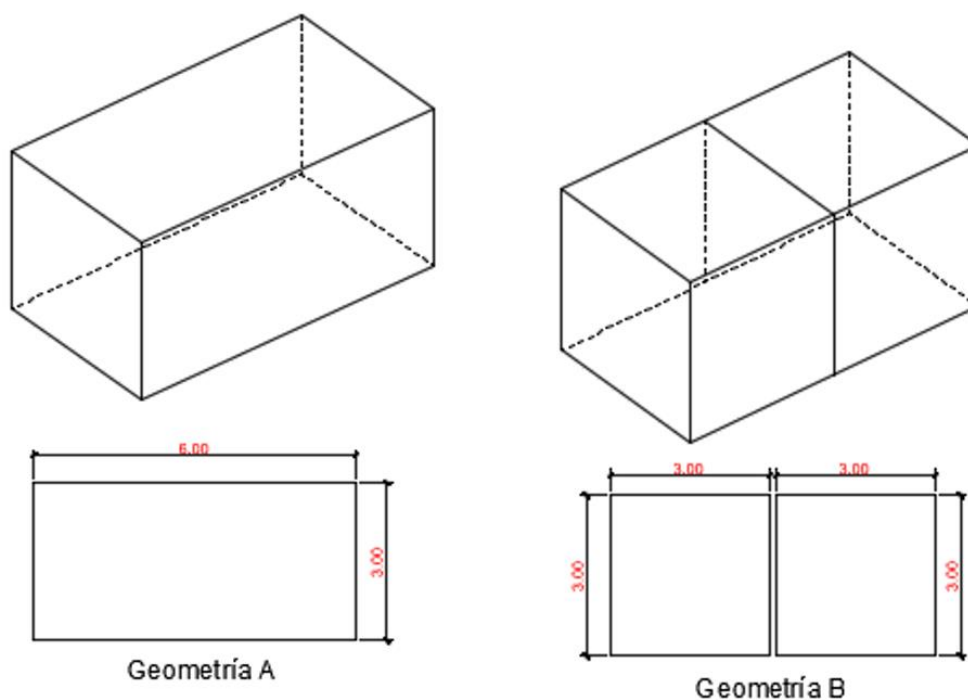


Fig 10: Geometría A y B del módulo. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Tipos de estructuras en módulos experimentales.

Además de los cálculos y otro tipo de investigaciones, vamos a conocer cuáles son los tipos de estructuras más adecuadas para la construcción de este tipo de módulos, al mismo tiempo, que analizaremos cuales son las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

Las principales premisas a tener en cuenta para la elección de este tipo de módulos, es que estos deben ser ejecutados con materiales y sistemas constructivos propios del país, y además, tienen que ser montables y desmontables de manera sencilla.

Si bien actualmente hay una gran variedad de sistemas estructurales en el mercado de la construcción, nuestro ámbito de estudio se ha centrado en el análisis y desarrollo de tres sistemas estructurales, dos de ellos mediante la utilización de las perfilerías metálicas comúnmente utilizadas en Canarias (1) Perfiles huecos normalizados y (2) Perfiles laminados normalizados. Mientras que en el tercer tipo se establece el uso de (3) hormigón armado, que se corresponde con el sistema estructural más utilizado en el territorio canario, aunque y debido a las características específicas del módulo, se opta por analizar este mediante el uso de prefabricados frente a la ejecución in situ que se corresponde con el uso más extendido.

A continuación se exponen las características principales de ambos sistemas.

Comenzaremos con las estructuras metálicas con el uso de dos tipos de perfiles uno es perfil metálico hueco y el otro sería perfil metálico laminado.

Las ventajas de este tipo de estructuras son:

- Rapidez en la construcción.
- Reducción de materiales utilizados y escombros.
- Resistencia de la estructura.
- Materiales y construcción ecológica.

El otro tipo de material que se ha contemplado para la construcción de este módulo es el hormigón prefabricado, del cual contaremos sus ventajas y desventajas.

Empezaremos contando las ventajas de este, que son las siguientes:

- **Rapidez.** El trabajo se ejecuta y se finaliza en un corto periodo de tiempo.
- **Sustentabilidad.** El hormigón como material natural es 100% reciclable. Además, los moldes empleados para la preparación de las unidades prefabricadas son reutilizables.



- **Calidad.** La industrialización del proceso asegura que se cumplan normas de calidad estándares imposibles de alcanzar en la construcción tradicional.
- **La mano de obra** requerida en el proceso de fabricación de las unidades, pueden ser entrenados fácilmente
- **Protección antisísmica.**

Al mismo tiempo, como todo material, también posee ciertas desventajas:

- **Costo.** Es necesario disponer de un equipo especial para el levantamiento y traslado de las unidades prefabricadas. Por lo que, los gastos se ven reflejados en el transporte y la manipulación de los miembros prefabricados.
- **Conexiones.** Se hace difícil producir conexiones satisfactorias entre los miembros prefabricados.
- **Traslado.** Si no se manejan adecuadamente, las unidades prefabricadas pueden ser dañadas durante el transporte.

4. Diseño y análisis de las estructuras de los módulos

Para alcanzar al objetivo de este documento y desarrollar un prototipo célula de ensayo debemos estudiar la estructura de este módulo en proporción a los requisitos del proyecto.

En nuestro caso estudiaremos tres tipos de estructura y realizaremos un análisis de cada uno de los tres a través del cual podremos hacer una comparación:

1-MÓDULO I: Estructura metálica de perfiles huecos.

2-MÓDULO II: Estructura metálica de perfiles laminado.

3-MÓDULO III: Estructura de hormigón prefabricado.

Como se mencionó anteriormente, las dimensiones del modelo de los tres casos son 6,00x 3,00x 3,00 m, con respecto a la estructura metálica, para el cálculo hemos utilizado software SAP2000 para el diseño de estructuras por el método de elementos finitos, IDEA STATICA para diseñar todo tipo de conexiones soldadas o atornilladas, placas de base, arriostramientos y uniones complejas, y TEKLA STRUCTURE para el diseño, detallado, despiece, fabricación y montaje de todo tipo de estructuras para la construcción.

Previo a la explicación de cada tipo de estructura debemos conocer las características de la estructura metálica utilizada.

Para describir las principales características de una estructura metálica, conviene primero analizar las características del acero como material, debido a que es el componente de estas. El desarrollo del acero como material estructural supuso un importante impulso a la edificación de estructuras. El uso generalizado de este material se incorporó tardíamente ya que su desarrollo estuvo limitado por la tecnología disponible para el conformado. El acero es un material compuesto por hierro, al que se le añade una cantidad de carbono que varía entre un 0.03 y un 2.14% en su composición. En el caso de que la composición de carbono sea mayor de 2.14%, se considera una fundición. Adicionalmente, se le añaden otros elementos para mejorar sus propiedades. Para el caso del presente proyecto, se hará uso del acero S275. La nomenclatura viene dada por una S que hace referencia a la palabra steel (acero en inglés) seguida de un número que representa el límite elástico del material en MPa para el menor espesor. Los símbolos adicionales hacen referencia al uso de los distintos grados del acero, la escala sería grado JR para construcciones ordinarias. Sus principales propiedades mecánicas se muestran en la Tabla 1:



Tipo Acero	Valor	Unidades
Limite Elástico mínimo y resistencia a tracción	$f_y = 275 \text{ MPa (} t \leq 40 \text{)}$	MPa
	$f_y = 255 \text{ MPa (} 40 < t \leq 80 \text{)}$	
Tensión de rotura	$430 < f_u < 580 \text{ MPa (} t \leq 40 \text{ mm)}$	MPa
	$410 < f_u < 560 \text{ MPa (} 40 < t \leq 80 \text{ mm)}$	
Módulo de Rigidez	7.850	GPa
Coeficiente de Poisson	0.3	
Coeficiente de dilatación térmica	$1,2 \cdot 10^{-5}$	(°C)-1
Densidad	7.850	Kg/m ³
Módulo de elasticidad	210	GPa

Tabla 1: Propiedades del acero S275. Fuente: EAE

El procedimiento fue Mediante el programa SAP2000 de cálculo estructural, se dibuja el modelo con las dimensiones de las estructuras propuestas y se detalla un procedimiento para obtener los esfuerzos, deformaciones y otros resultados necesarios.

También, será necesario definir algunos parámetros básicos para el cálculo de la estructura, como definir el material, la normativa, el tipo de perfiles metálico, en nuestro caso, el diseño del modelo se realizó dos veces, cada vez utilizando un tipo diferente de perfil de metal.



S Material Property Data ✕

General Data

Material Name and Display Color	S275	
Material Type	Steel	▼
Material Grade	S275	
Material Notes	Modify/Show Notes...	

Weight and Mass

Weight per Unit Volume	76.9729	Units	KN, m, C	▼
Mass per Unit Volume	7.849			

Isotropic Property Data

Modulus Of Elasticity, E	2.100E+08
Poisson, U	0.3
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	80769231.

Other Properties For Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy	275000.
Minimum Tensile Stress, Fu	430000.
Expected Yield Stress, Fye	302500.
Expected Tensile Stress, Fue	473000.

Switch To Advanced Property Display

Fig 11: propiedades del material. Fuente: software SAP2000

Otro de los parámetros a definir en este momento es la Normativa de referencia para el cálculo de la estructura. En nuestro caso, diseñando según el Eurocódigo Estructural.

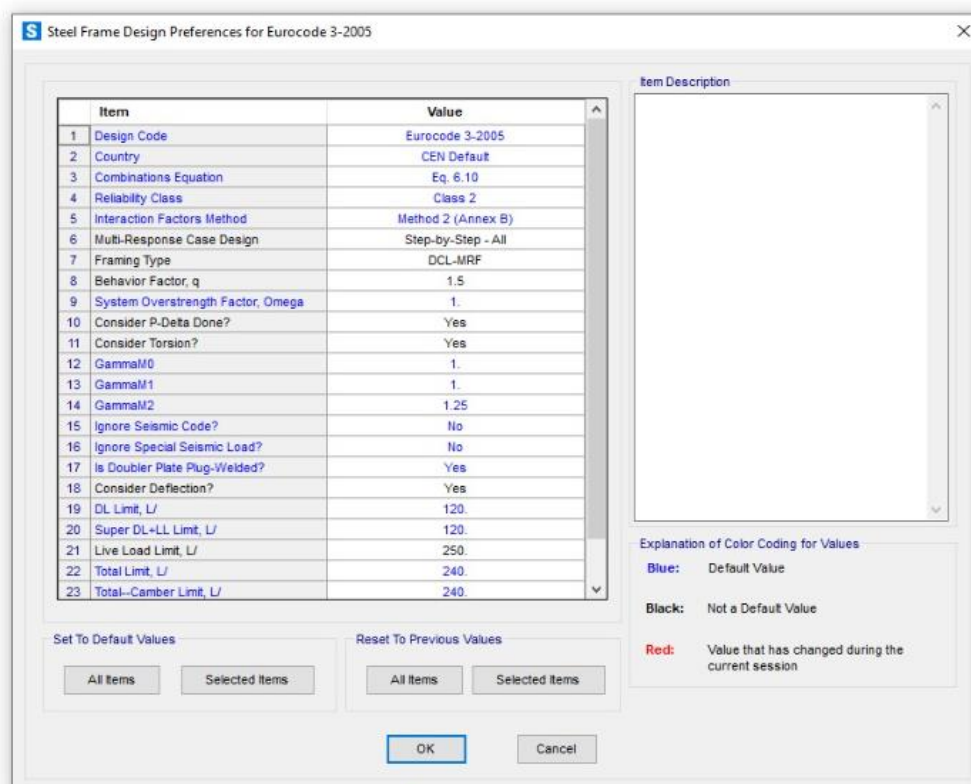


Fig 12: Normativa aplicable en el proyecto. Fuente: software SAP2000

En cuanto a las cargas sobre la construcción se estudiaron a las siguientes cargas:

- Cargas muertas: Se trata de la carga correspondiente al peso del tablero colocado sobre la estructura, además del peso propio el que se trata de la carga correspondiente al peso de los elementos estructurales. Esta carga vertical hacia debajo de valor 4 KN/m².
- Sobrecarga de uso: Se trata de la sobrecarga producida por el uso de la estructura.

En cuanto a las vigas del extremo inferior, además de las cargas anteriores, están sometidas a la carga de los muros sobre ellas, que es un valor 2 KN/m.

Cabe señalar que los valores de las cargas anteriores son valores estimados con aumento de seguridad debido a que estos valores dependen del tipo de cobertura para el módulo.

- Acción del viento
- Debido a las características del edificio y su carácter temporal, no se ha considerado de aplicación.

- Acción de la nieve
- Al no existir evidencia de precipitación de nieve en la ciudad de San Cristóbal de La Laguna y tener una altitud inferior a los 950 m establecidos en la tabla 3.5.2 de la Sección DB-SE-AE Acciones en la edificación del CTE, no se considera necesario calcular dicha sobrecarga.

Figure 1 : (Dead)and Self Weight

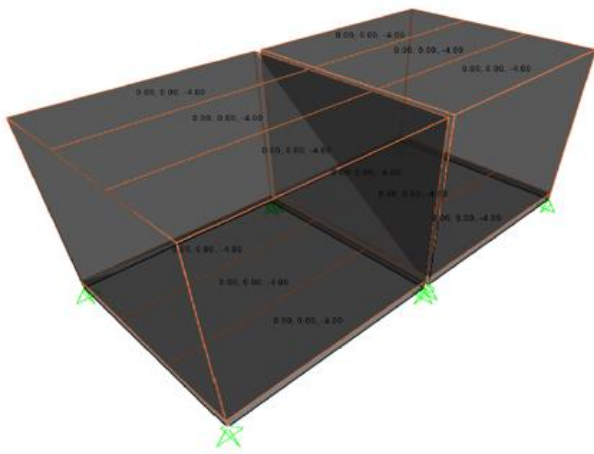


Figure 2 : (LIVE) Roof Live load

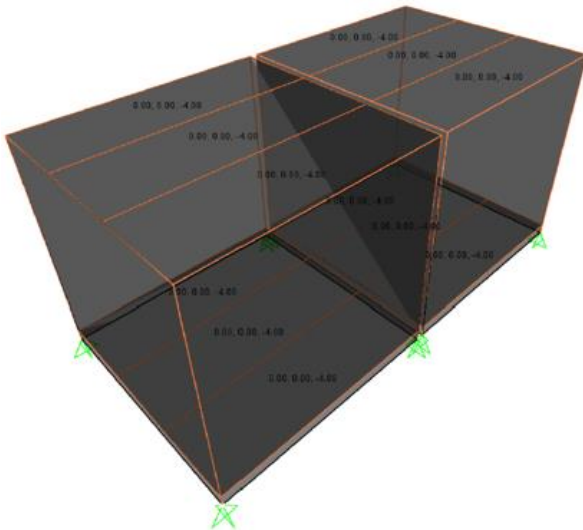


Figure2 : WALL DEAD LOEAD :

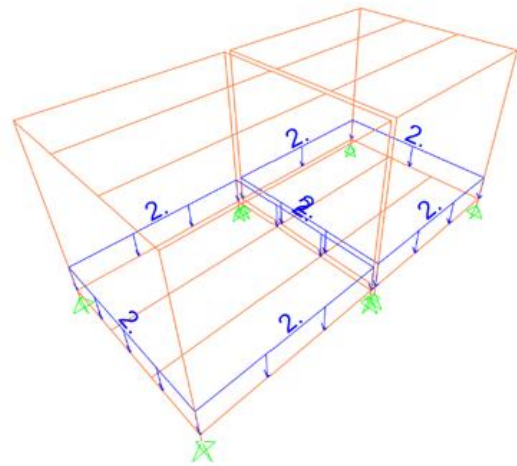


Fig 13: Cargas a las vigas. Fuente: Elaboración propias



Para el diseño esta estructura metálica se estudiaron dos tipos de perfiles, uno estará de perfiles Huecos y el otro tipo estará de perfiles Laminados.

Otra alternativa de hacer la estructura del módulo es hacerlo de hormigón prefabricado, es que se construyen a partir de secciones estandarizadas que salen de fábrica completamente acabados y se terminan de unir antes de su asentamiento en la parcela definitiva, después el trabajo realizado "in situ" está asociado a procesos de montaje, en los que se hace el uso de aparatos elevadores para el desplazamiento de unidades.

La estructura se conforma de zapatas prefabricadas, forjados sanitarios de placas alveolares pretensadas, pilares y vigas prefabricados, y forjados de placas alveolares pretensadas siendo todos los elementos de hormigón armado H-45 IIIA.

Ante la necesidad en este estudio de **establecer cuál es la mejor tipología estructural** a utilizar para la ejecución de este módulo experimental, se optó por establecer una serie de **indicadores comunes** a todos los sistemas, con el fin de poder realizar una posterior comparativa entre ellos mediante la utilización de los datos establecidos individualmente para estos indicadores comparativos. Para ello se han establecido los siguientes indicadores a cuantificar:

1- El peso

Es un indicador muy importante sobre todo para hacer comparación entre los dos tipos de estructura metálica, además de su impacto en el elemento más importante en la construcción, que es la base.

2- Coste

Este no es un indicativo fijo y no se puede decir si es una ventaja o desventaja, porque en los últimos tiempos es difícil predecir el coste debido al continuo aumento de los precios y la situación mundial y debido a la función de la ubicación de la obra y de los recursos disponibles, puede ser más económico el diseño de la estructura en acero o en hormigón armado

3- Posibilidad de montaje sin medios auxiliares y la necesidad de manos de obras

La facilidad y la rapidez en el montaje provocan entre otros factores un ahorro económico importante.

4- Tiempo de montaje

Indica el tiempo que tarda en la colocación de piezas previamente fabricadas en el taller y en el lugar de la obra, las cuales deberán ser colocadas en su posición correcta de acuerdo a un plano de montaje para formar la estructura proyectada.



5- Existencia en canarias.

Como mencionamos anteriormente, el diseño del módulo experimental intenta reflejar las características básicas de la construcción en Canarias, Tanto la tipología edificatoria como los materiales empleados debían ser los habituales en una construcción en Islas Canarias.

6- Carga de CO2 y impacto medioambiental.

Cada vez es más importante tanto el impacto ambiental de nuestra construcción como el de los materiales de los que se compone. La tendencia hoy en día es ir hacia materiales con menor energía interna y cuyo ciclo de vida (extracción, producción, distribución, uso y desecho) tenga un menor impacto global.

7- Posibilidad de reutilización.

La reutilización puede ayudar a mitigar el impacto ambiental negativo, por lo tanto promover una construcción más sostenible.

8- Resistencia

Es la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper. Cuando la resistencia es mayor, reducimos las dimensiones de la sección utilizada.

Estos indicadores nos ayudarán a poder realizar un análisis comparativo entre las diferentes estructuras resultantes, que se establecen a continuación.

4.1. Estructura de perfiles Huecos

El acero SHS es un tipo popular de tubo de acero estructural con cuatro lados iguales que le dan un aspecto simétrico. SHS significa sección hueca cuadrada. Tiene una superficie plana que resulta fácil de unir y soldar, con una mínima preparación de los bordes.

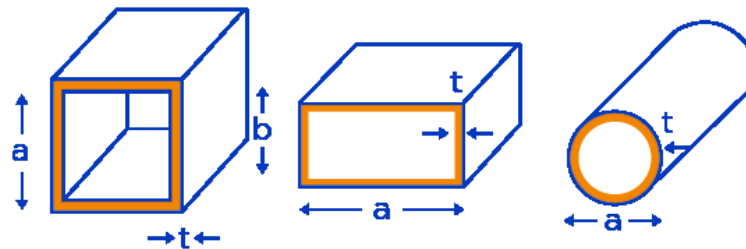


Fig 14: Tipos de perfiles de acero huecos .

En la Fig 15 muestra la ventana de software Sap 2000 de las propiedades de la sección del perfil.

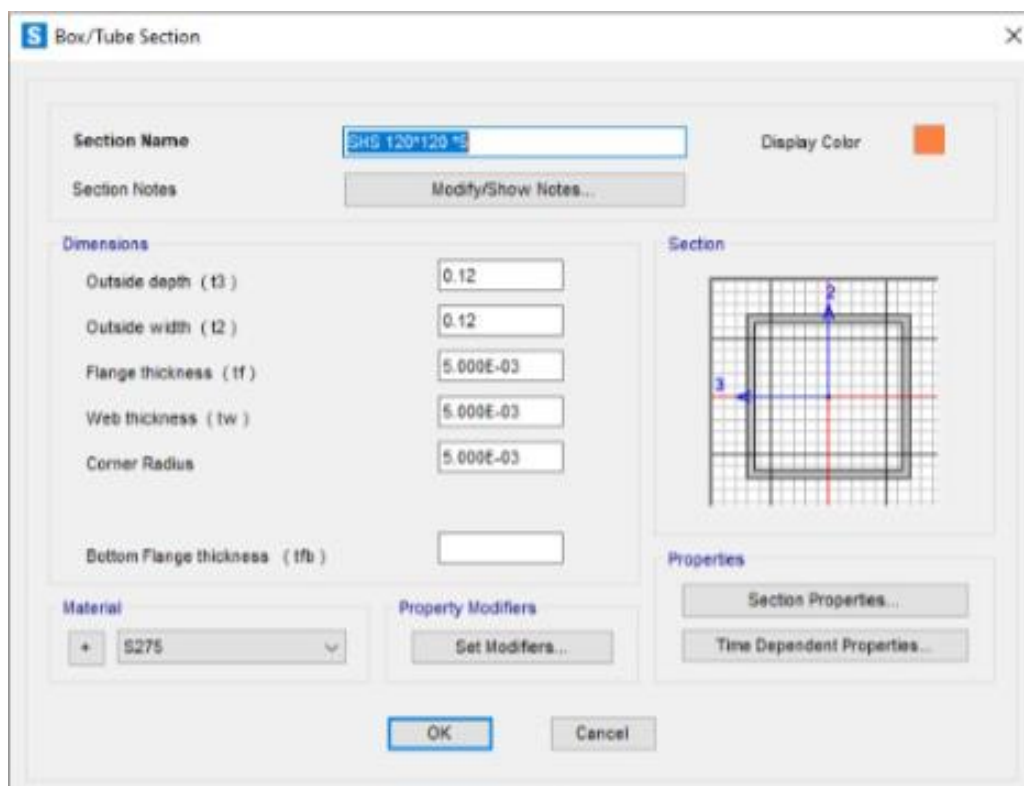


Fig 15: Propiedades de la sección. Fuente: software Sap2000.

Dado que el módulo elegido será un módulo que puede trasladar, optaremos por poner dos modelos con dimensiones (3x3x3 m) adjuntos, esto facilita el estudio y hace posible modelar un módulo o los dos.

Cada módulo está constituido por vigas horizontales que se apoyan en sus extremos sobre pilares.

Los elementos horizontales están sometidos a flexión, que supone que la parte inferior de la viga esté comprimida y la superior traccionada, mientras que los pilares soportan esfuerzos de compresión.

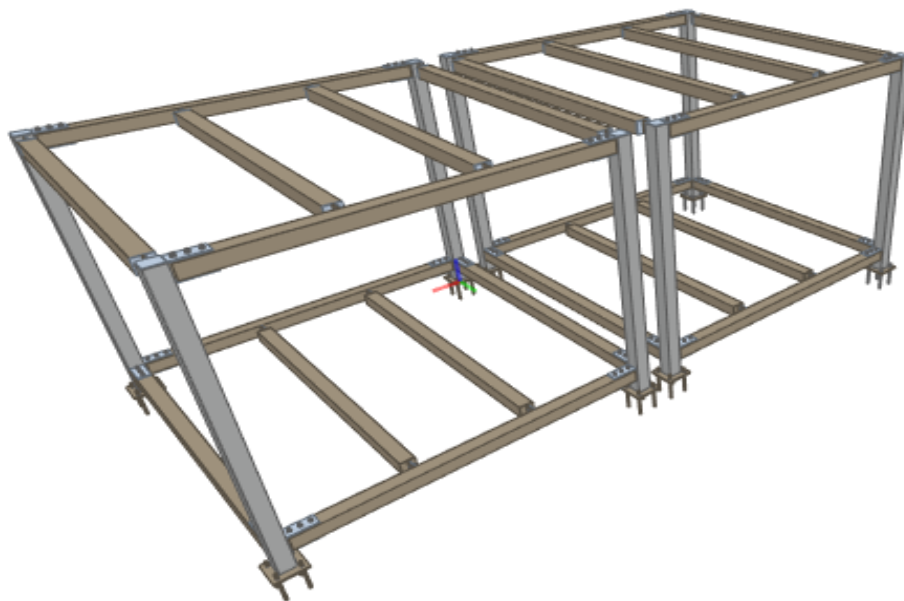


Fig 16: El módulo en 3D. Fuente: Elaboración propia.

Suelo

Para el suelo vamos a utilizar plancha de acero inoxidable con espesor de 4 mm, se atornilla a la estructura metálica con tornillos.

Estos productos de acero inoxidable no se manchan, corroen ni oxidan tan fácilmente, sin mencionar su atractivo estético.

Adicionalmente, el acero inoxidable también tiene cualidades antibacterianas y es fácil de limpiar y desinfectar.

Con frecuencia, el fabricante corta las planchas según el tamaño y les da forma con una dobladora u otras herramientas para el trabajo con metal.

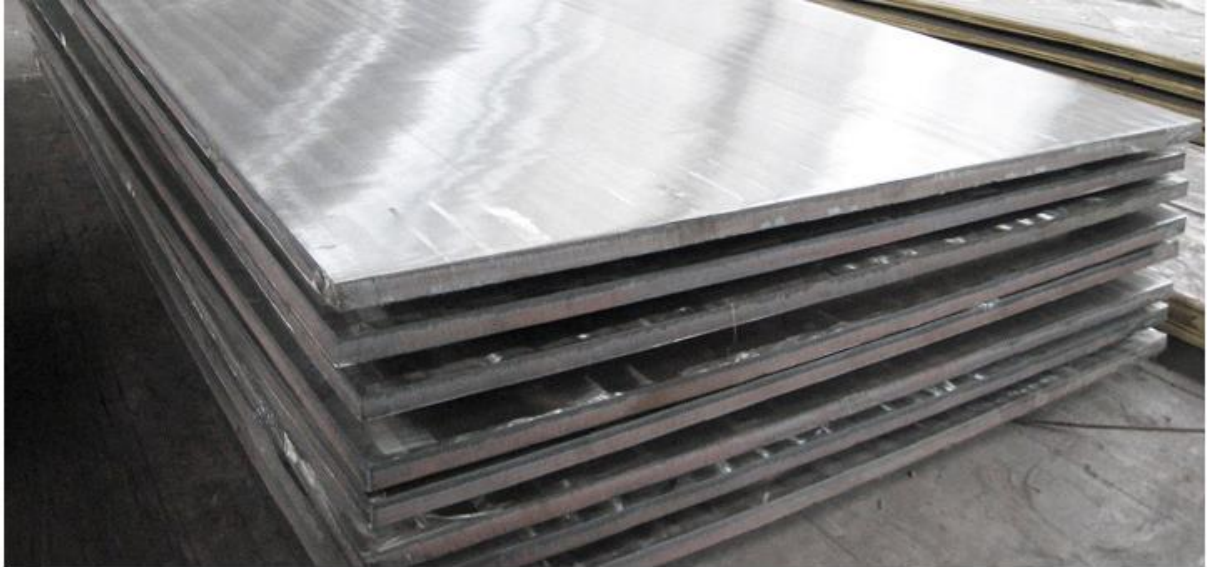


Fig 17: Plancha de acero. Fuente: Jn acero.

Cubierta

En cuanto a la cubierta, se ha optado por paneles tipo sándwich, con un espesor de 30 mm. Lo que más destaca de este tipo de paneles utilizados en cubiertas, son su composición, ya que están formadas por un núcleo de poliuretano de una alta densidad (40 kg/m³). Además poseen una gran resistencia y un sencillo montaje, lo que permite su instalación en un corto periodo de tiempo.

Gracias al sistema de solape, una vez se ha instalado la primera placa, esta se acopla fácilmente a la siguiente y se atornillan entre ellas y a la estructura, lo cual protege las uniones entre paneles y evita filtraciones térmicas y la posibilidad de la aparición de humedades.



Fig 18:Cubierta tipo Sándwich.Fuente Panelsandwich

Conexiones

Con respecto a la conexión, el que se forman una parte fundamental en las edificaciones de acero, ya que estas unen todos los elementos constitutivos de la estructura.

La seguridad de las conexiones depende de un diseño adecuado y de los procesos subsecuentes como es la fabricación y el montaje.

En nuestro caso, las conexiones entre las vigas y los pilares son conexiones de momento (Semi Rígidas).

Se colocó placa de refuerzo, ya que aquí el momento es de gran valor, estas placas con dimensiones (10.0x300.0-100.0) fueron soldadas al pilar con espesor 5 mm, y se fijó las vigas con los pilares mediante una placa con dimensiones (P15.0x100-220) de cada lado y tres tornillos de diámetro (16 mm), y estas placas se unen con la placa de refuerzo mediante soldadura de penetración completa (CJP, Complete Joint Penetration). En este tipo se considera la unión de las piezas en su totalidad, conformado un solo elemento dándole continuidad a todo el espesor del mismo.

Todas las conexiones se muestran en las siguientes figuras.

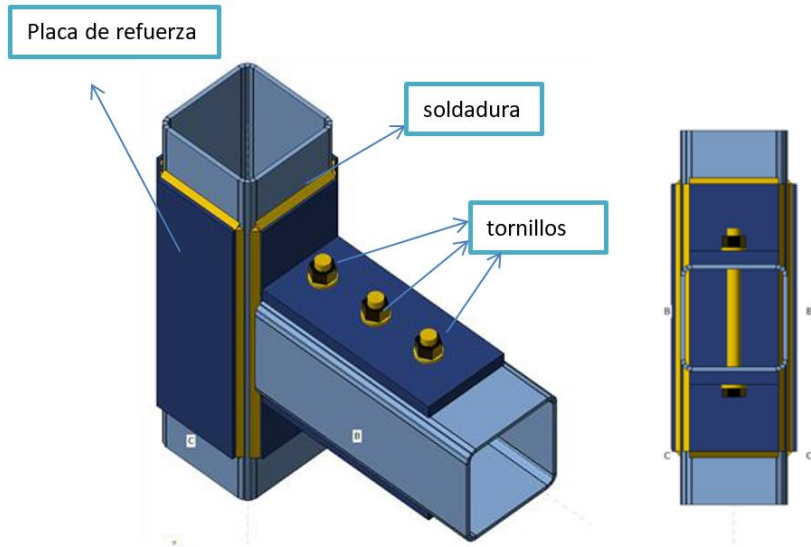
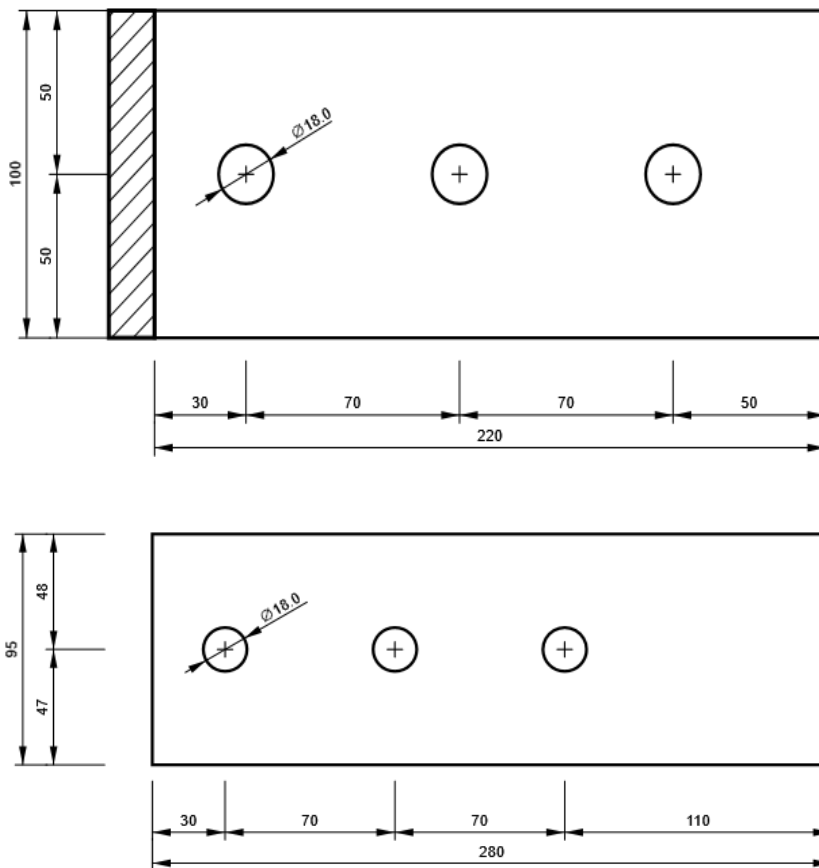


Fig 19: Conexión entre vigas y pilares en 3D. Fuente: Resultante del cálculo.



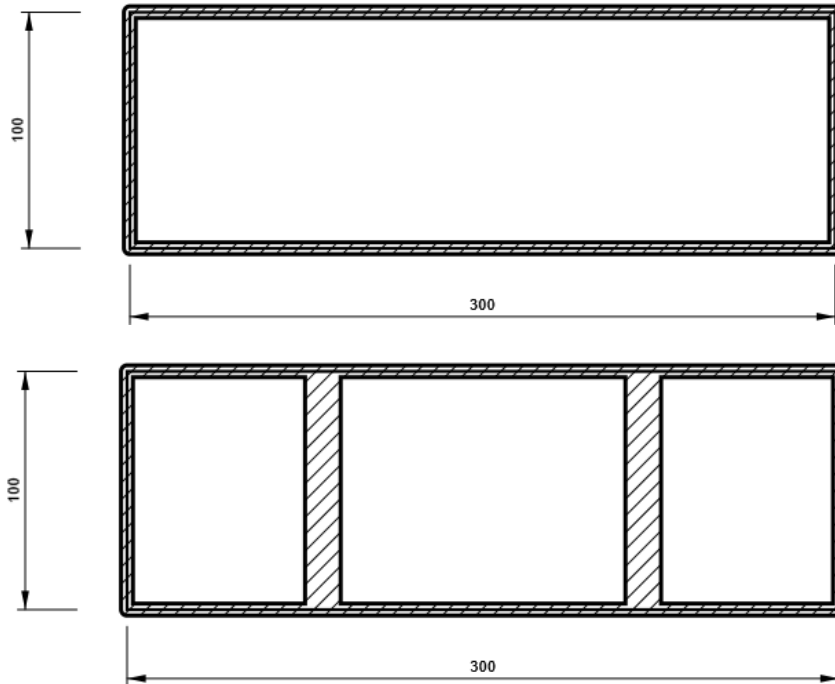


Fig 20: Las conexiones entre vigas y pilares en 2D. Fuente: Resultante del cálculo.

A continuación, las conexiones entre las vigas y correas y correas con pilares son conexiones cortantes. Es decir que las conexiones de corte no transfieren momentos flectores a las vigas.

En estas conexiones se utilizan placas de dimensiones (10.0x120.0-120.0) y dos tornillos de diámetro (16 mm), además de la soldada a la viga de dimensión (10.0x140.0-140.0).

Todas las conexiones se muestran en las siguientes figuras.

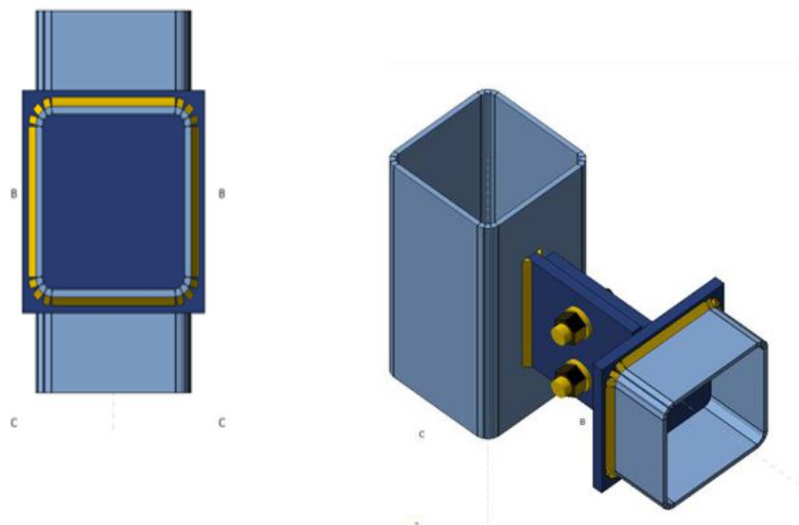


Fig 21: Las conexiones entre vigas y correas en 3D. Fuente: Resultante del cálculo.

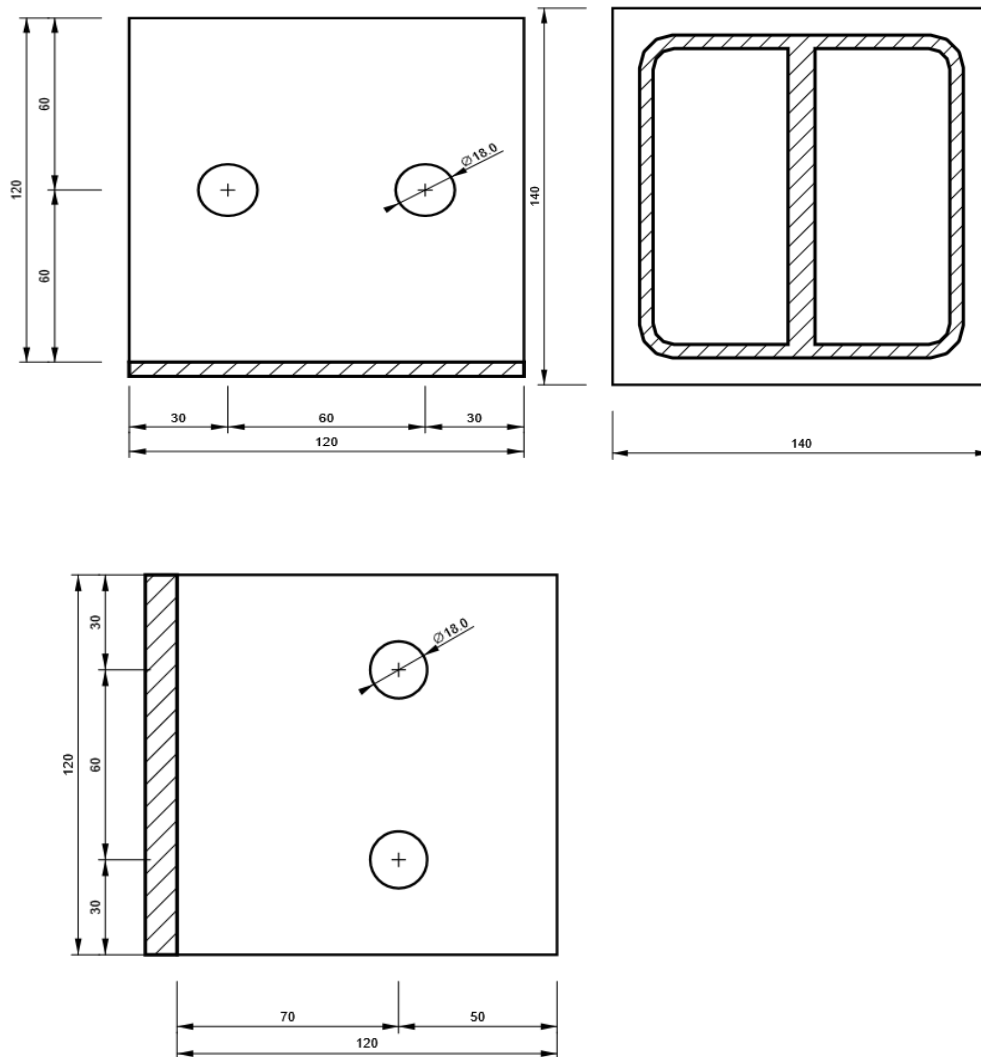


Fig 22: Las conexiones entre vigas y correas en 2D . Fuente Resultante del cálculo.

Con respecto a las conexiones de los pilares con las zapatas, son a través de la placa de anclaje con dimensión (P15.0x240-240) y cuatro pernos de anclaje de diámetro (16 mm), y el perfil se fija a la placa mediante soldadura.

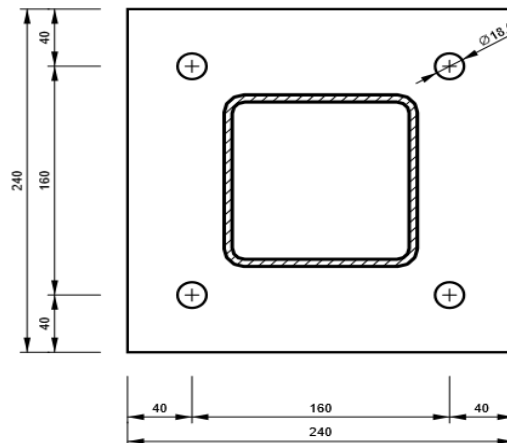
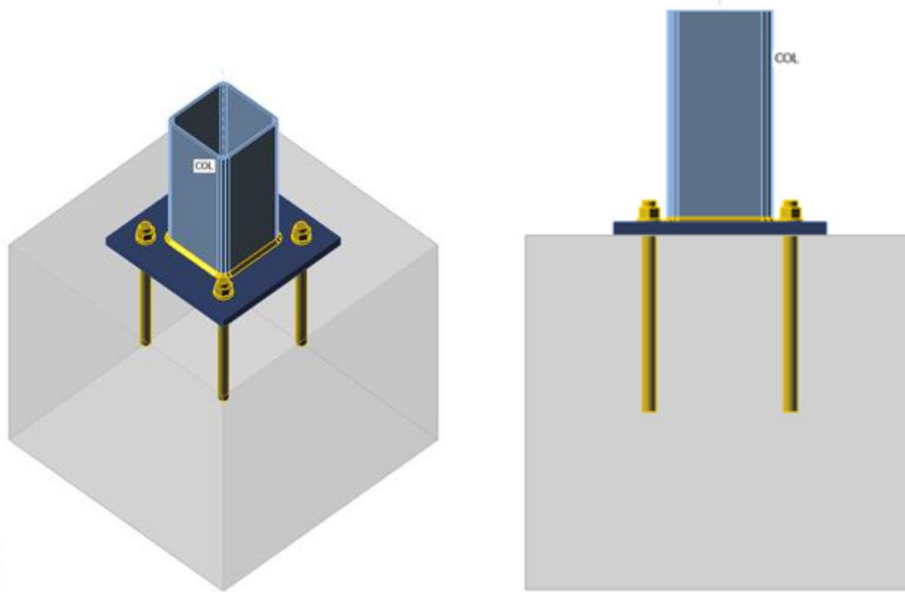


Fig 23: Conexión entre pilares y zapatas en 2D y 3D. Fuente: Resultante del cálculo.

Tipo de cimentación

Para la cimentación se adopta un sistema de cimentación prefabricada compuesta de un dado de hormigón estructural con barras de acero que se anclan al terreno con un ángulo de 45° sobre la horizontal. Este sistema actúa a modo de zapatas puntuales que se colocan en los puntos donde apoyan las cargas puntuales del módulo, es decir, en bordes y puntos de apoyo de la estructura de acero. Dicho sistema se denomina Piloedre.

Uno de los condicionantes para él, ha sido implicar al terreno lo menos posible y suponer la mínima huella sobre él, con vistas a una fácil recuperación del entorno en caso de un traslado o la deconstrucción del módulo.

Tal y como está proyectado, la estructura del edificio es en su totalidad autoportante. El anclaje del edificio al terreno se resuelve a través de cimentación superficial prefabricada, modelo Piloedre ®, a cuya cabeza se atornillan barras roscadas para lograr un apoyo del nivel de planta perfectamente nivelado. En el Anejo3 se puede consultar la ficha técnica de este sistema de cimentación.

No se ha considerado necesario el aporte de estudio geotécnico dada la escasa entidad del edificio, su sistema de cimentación y su naturaleza efímera.

4.2. Estructura de perfiles Laminados.

El perfil HEB pertenece a la familia de perfiles HE, como los HEA y los HEM, tiene forma de H y es de serie normal. Sus caras exteriores e interiores de las alas son paralelas entre sí y, a su vez, son perpendiculares al alma, por lo que en este caso sus alas tienen un espesor constante.

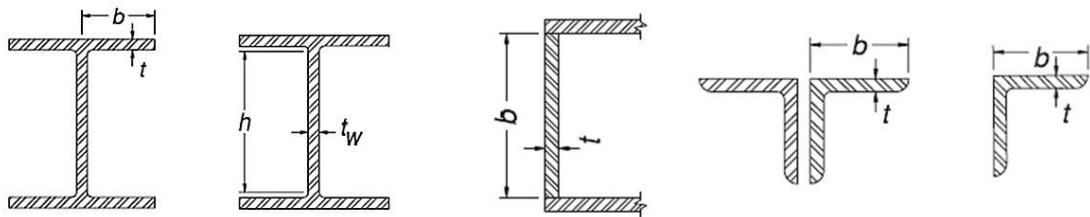


Fig 24: Extracto de perfiles tipo laminados normalizados

En la figura muestra la ventana de software Sap 2000 de las propiedades de la sección del perfil.

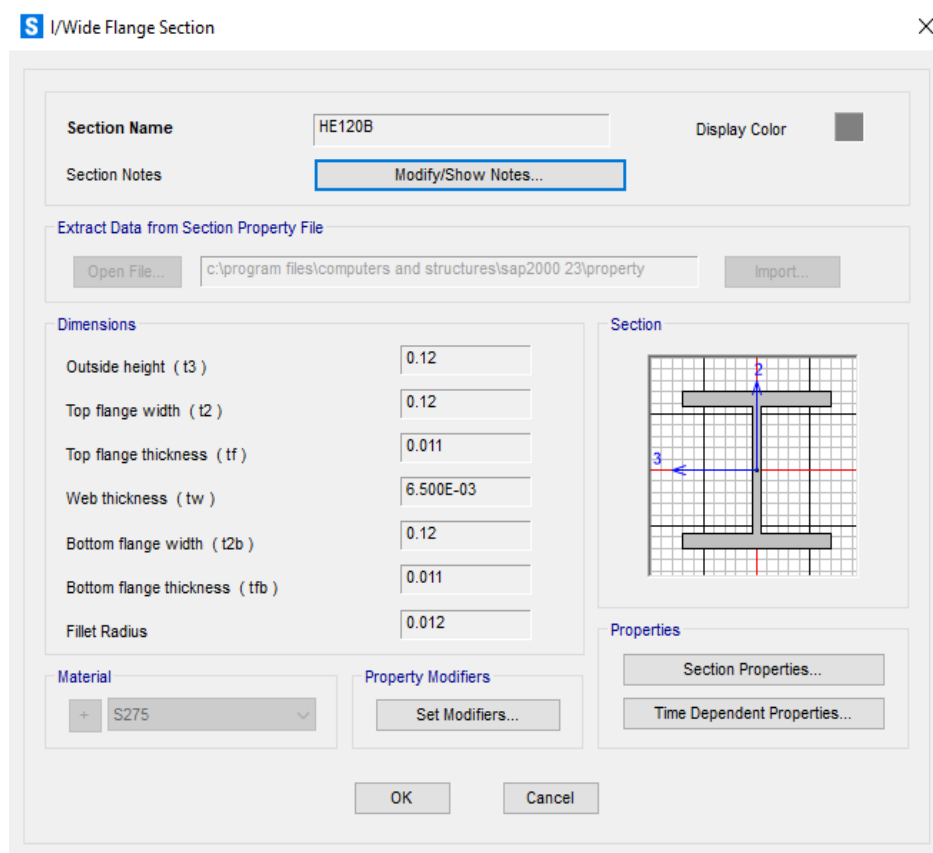


Fig 25: Propiedades de la sección. Fuente: software Sap2000

Como se mencionó anteriormente, optaremos por poner dos modelos con dimensiones (3x3x3) adjuntos, también cada módulo está de las mismas dimensiones del tipo de perfiles huecos constituido por vigas horizontales que se apoyan en sus extremos sobre pilares.

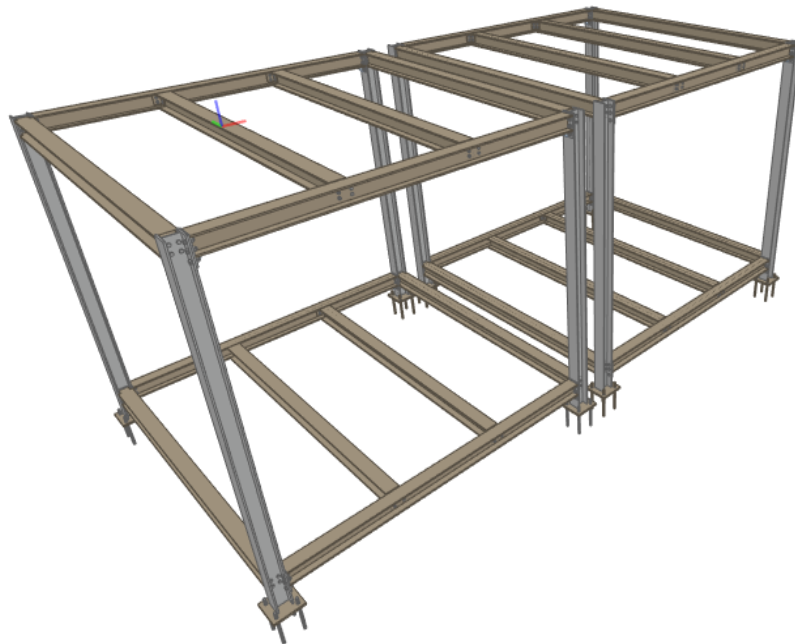


Fig 26: El módulo en 3D. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al suelo y la cubierta, se utilizó el mismo tipo que utilizamos en el tipo de perfiles huecos.

Conexiones

En este tipo de perfil se utilizó el mismo tipo de conexiones que utilizamos en el tipo de perfil huecos, pero la forma de las conexiones y la forma de instalarlos difieren, porque esto depende de la forma de la sección del perfil, a continuación se muestran las formas de todos las conexiones utilizados con sus dimensiones y en el Anexo 2 se muestra el diseño y los detalles de cada conexión.

la conexiones entre vigas y pilares se han realizado mediante una placa (P10.0x120.0-180.0) y seis tornillos de diámetro (16 mm).

Por otra parte, la conexiones entre vigas y correas y entre correas y pilares son conexiones cortantes, se han realizado mediante un ángulo de dimensiones (70 x 70 x 7mm) con dos tornillos en la viga y dos tornillos en la correa de diámetro 12mm.

En cuanto a la conexión de los pilares con las zapatas, es a través de la placa de anclaje con dimensión (P15.0x240.0-160.0) y cuatro pernos de anclaje de diámetro (16 mm), y el perfil se fija a la placa mediante soldadura.

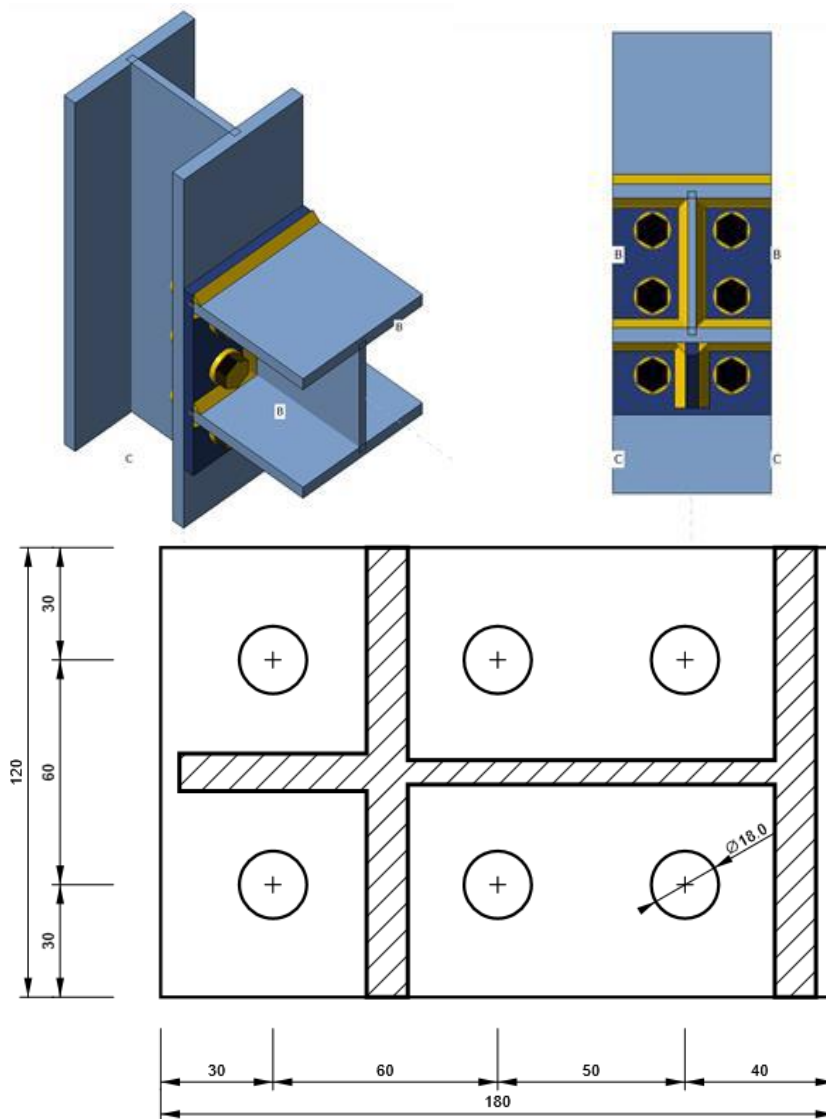


Fig 27: Conexiones entre vigas y pilares en 3D y 2D. Fuente: Resultante del cálculo

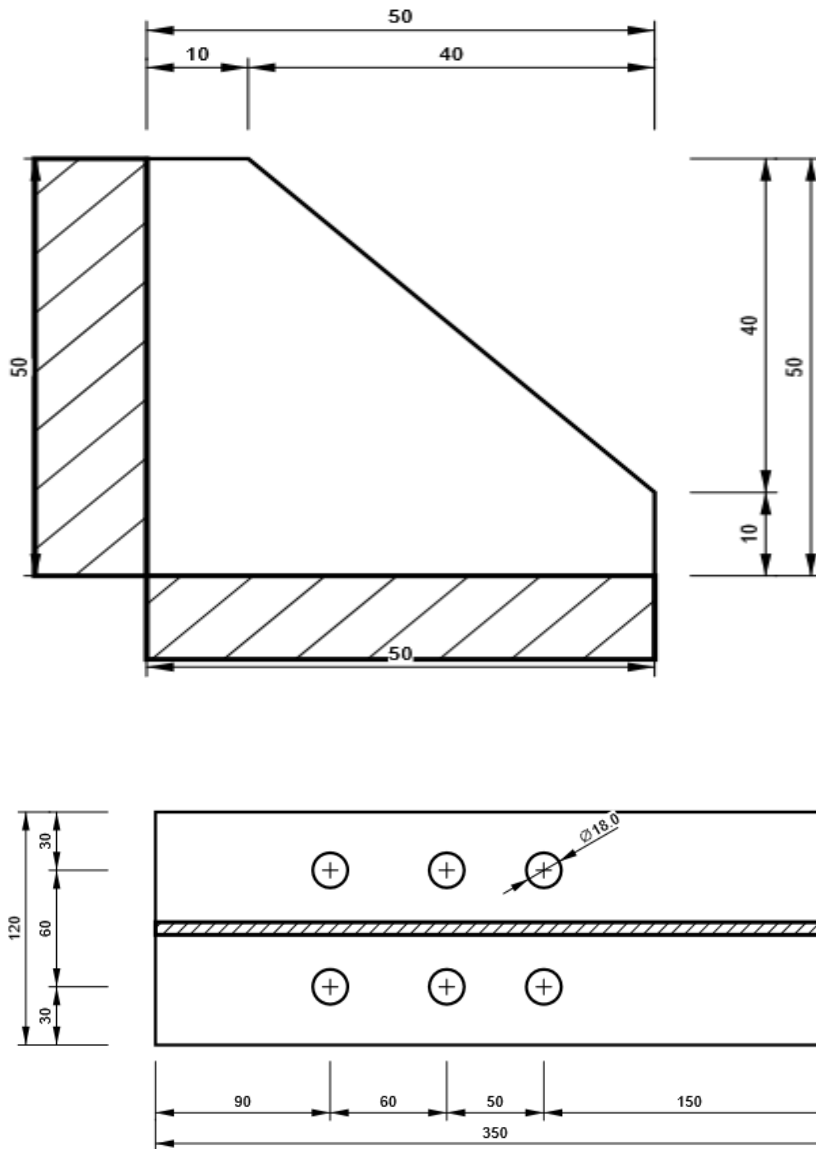


Fig 28: Conexiones entre vigas y pilares en 2D. Fuente: Resultante del cálculo.

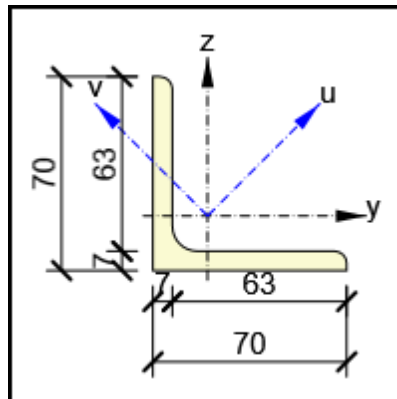
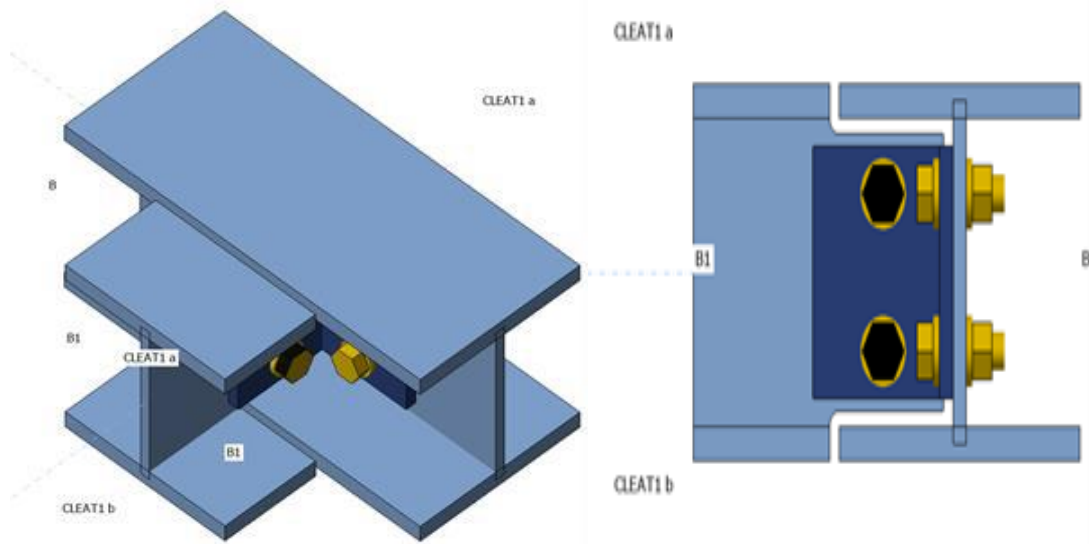


Fig 29: Conexiones entre vigas y correas, Fuente: Resultante del cálculo.

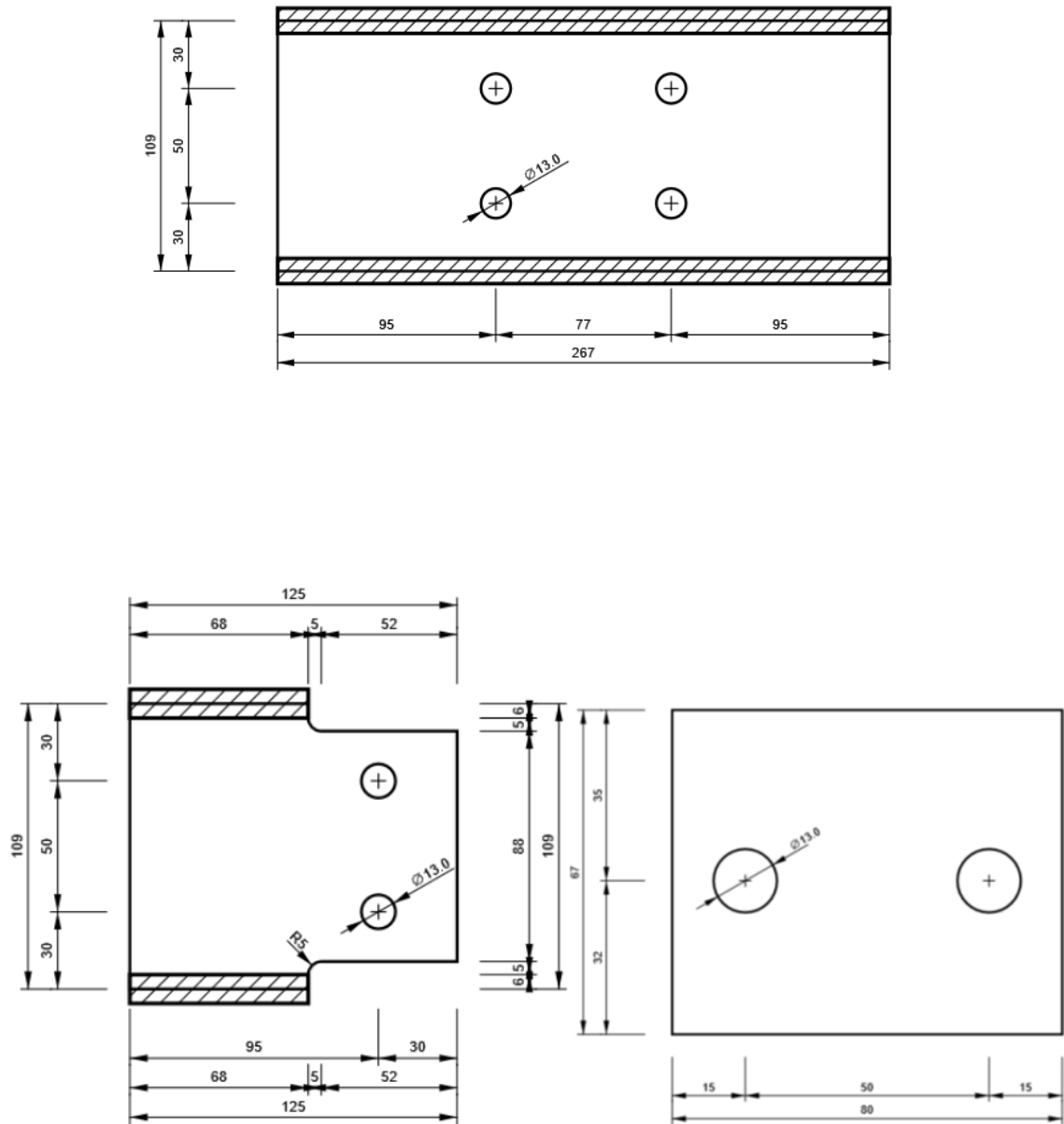


Fig 30: Conexiones entre vigas y correas en 2D, Fuente: Resultante del cálculo.

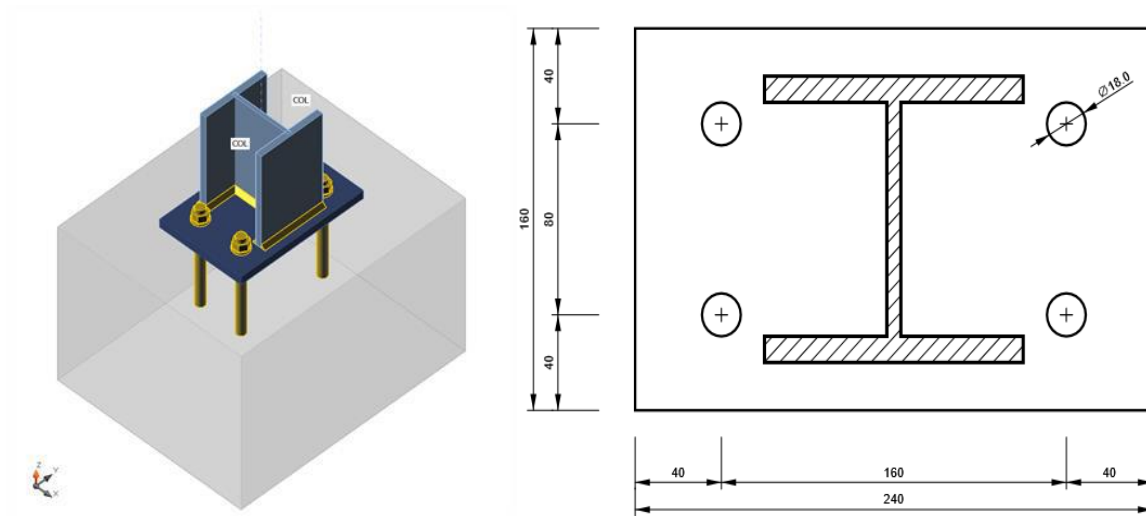


Fig 31: Conexión entre pilares y zapatas en 2D y 3D, Fuente: Resultante del cálculo.

Para la cimentación se adopta un sistema de cimentación prefabricada compuesta como que usamos en el tipo de perfil Huecos.

4.3. Estructura de hormigón prefabricado.

La estructura se conforma de zapatas prefabricadas, forjados sanitarios de placas alveolares pretensadas, pilares y vigas prefabricados, y forjados de placas alveolares pretensadas siendo todos los elementos de hormigón armado H-45 IIIA.



Fig 32: El módulo de hormigón prefabricado 3D. Fuente: Elaboración propia.

A. Definición del tipo y características principales

Pilares prefabricados.

Los pilares son los elementos verticales que sustentan la estructura, destinados a recibir las cargas verticales para transmitir las a la cimentación.

Para nuestro módulo usamos pilares prefabricados de sección rectangular de dimensiones (0,30x0,30m) son las más utilizadas debido a su gran versatilidad para el resto de la estructura, siendo además las más sencillas en su fabricación y por lo tanto las más económicas.



Fig 33: Pilares prefabricados, Fuente: Prefabricados Teide.

Vigas prefabricadas.

Las vigas prefabricadas forman parte de las estructuras para transmitir las cargas entre otras partes de la estructura, servir de apoyo para elementos de forjado, canalones, etc.

En general, la mayor parte de las vigas pueden ser armadas o pretensadas, dependiendo de las necesidades de cada obra.

Su fabricación se lleva a cabo en moldes, generalmente metálicos, que en muchos casos se tienen que ajustar por consideraciones de proyecto (dimensiones, armados, etc.)

En nuestro caso utilizamos vigas con geometría en sección L (ver la Fig 34), su aplicación principal es la de servir de apoyo a forjados de placas alveolares.

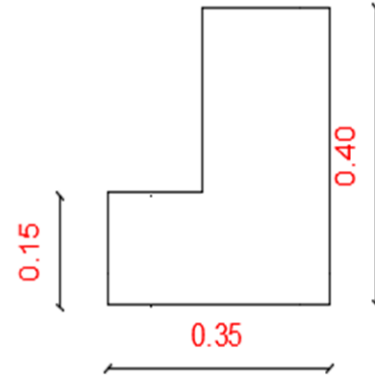


Fig 34: Vigas prefabricados con dimensiones. Fuente: Prefabricados Teide

Losas alveolares.

La losa alveolar pretensada fabricada es un elemento prefabricado de hormigón pretensado disponible en cantos de 15, 20, 26,5, 32 ,40 y 50 cm.

Elemento superficial plano de hormigón pretensado, de canto constante, aligerado mediante alveolos longitudinales y capaz de soportar grandes vanos y sobrecargas. El uso de la losa alveolar pretensada en la resolución de forjados es la aplicación más extendida.

Los forjados de losas alveolares pretensadas constituyen un forjado unidireccional autoportante, es decir, aguanta su propio peso más el de la capa de compresión, por lo que no requiere de encofrado para su colocación-ejecución.

Son la mejor solución para forjados de grandes luces y cargas con cantos pequeños.

Para nuestro módulo usamos losas alveolares con espesor 15cm y 120 cm de ancho.



Fig 35: Losas alveolares, Fuente: Prefabricados Teide.

B. Conexiones entre elementos prefabricados.

En el diseño de los elementos prefabricados es muy importante definir los sistemas de conexión entre ellos, teniendo en cuenta la seguridad, facilidad montaje y el coste económico.

Existen infinidad de sistemas de conexión, pero cada empresa de prefabricados desarrolla unos sistemas en función de sus diseños y sus métodos de producción y montaje.

Las conexiones, también pueden ser diferentes en función de los elementos a los que vayan fijados.

Conexiones atornilladas (pilares con cimentación)

Los pies de pilar se utilizan para crear una unión rígida entre pilar-cimentación.



Fig 36: Colocación cimentación de pilar. Fuente: Peikko

Los tornillos de anclaje se colocan en la cimentación o el pilar inferior utilizando una plantilla con unos agujeros para mayor precisión.



Fig 37: Colocación tornillos de anclaje. Fuente: PEIKKO.

Una vez presentado el pilar encima de las arandelas y tuercas inferiores se deben colocar las arandelas superiores.

Posteriormente se debe apretar a tope todas las conexiones (sin par de apriete) procediendo luego a descargar el peso del pilar.



Fig 38: Unión cimentación- pilar por tornillos. Fuente: Prefabricado el Teide

Conexiones con vainas

Uno de los sistemas más económicos de conexión entre elementos prefabricados, es el uso de vainas con posterior relleno de grout.

Se utiliza para la unión entre pilar-vigas. Durante el proceso de fabricación de los elementos, se dejan unas vainas corrugadas según la longitud de anclaje indicada.

El proceso de montaje consiste en introducir una barra de acero corrugado en la vaina del pilar y posteriormente encajar las vigas. A continuación, se rellenan de grout todas las juntas.



Fig 39: Solución vainas. Fuente: Prefabricado el Teide

Tipo de cimentación

Superficial de hormigón armado prefabricado (a base zapatas corridas) en la fábrica de dimensiones (4,2x0,8x0,5) m

La cimentación se coloca directamente al suelo y por lo tanto no necesitamos hacer una enmienda en el terreno.

Para instalar los pilares con las zapatas prefabricadas se usan cuatro tornillos de anclaje, introducidos en el interior de la zapata prefabricada, durante la fase de producción, permite el montaje y el ajuste del pilar prefabricado y mediante estos tornillos, los esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores en la base del pilar son transmitidos mediante tornillos al elemento de cimentación.

Se ha obtenido algunos detalles constructivos de la zapata y los pilares y los detalles de conexiones, que se adjuntan en anejo



Fig 40: Cimentación prefabricada. Fuente: Prefabricados Teide

La colocación de los grupos de tornillos de anclaje en la base de hormigón se realiza mediante las plantillas de instalación.

Los tornillos se fijan a la plantilla mediante las mismas tuercas y arandelas que con ellos se suministran.

5. Análisis y resultados

A continuación se exponen los resultados de cálculo y dimensiones de cada una de las estructuras analizadas mediante el programa SAP2000. Estableciendo las dimensiones de cada perfil utilizadas para cada una de las pilares y vigas, y calcular las reacciones para cada uno de los soporte, así como así como conocer la cantidad de materiales utilizados.

5.1. Resultados del cálculo

1) Tipo de estructura metálica tipo huecos

Se ha regularizado todo a montaje de dimensiones 120*120*5 del tipo de perfil SHS120 para facilitar el montaje y no tengan muchos tipos de conexiones

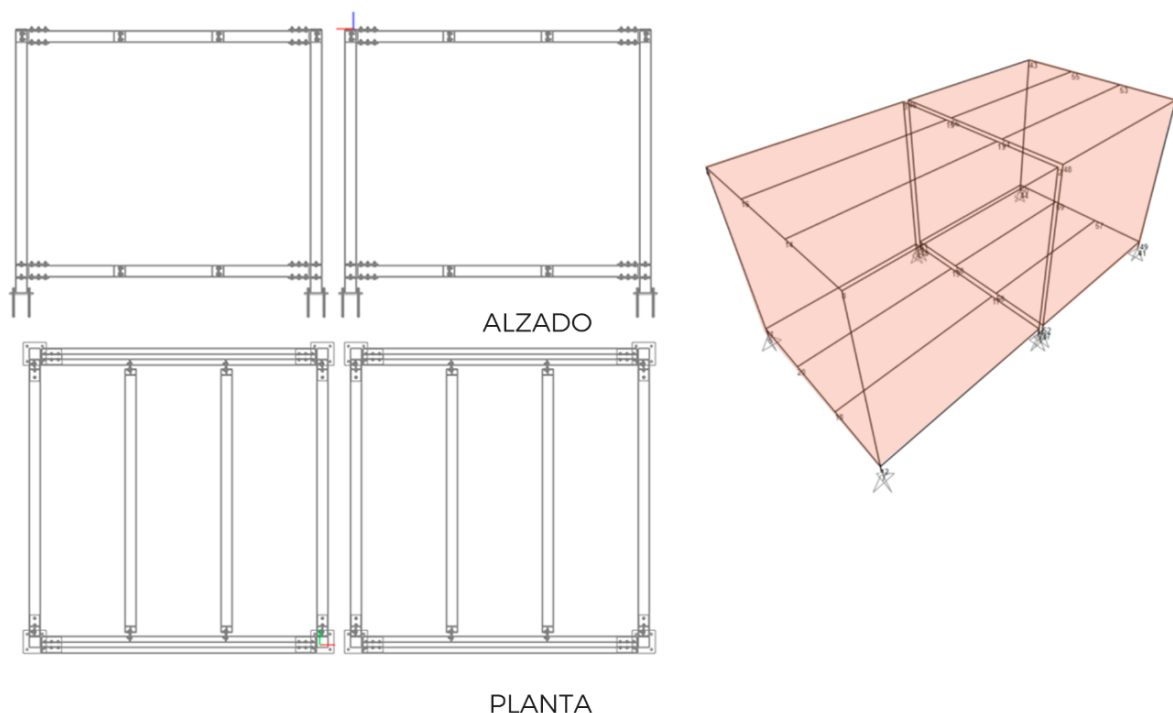
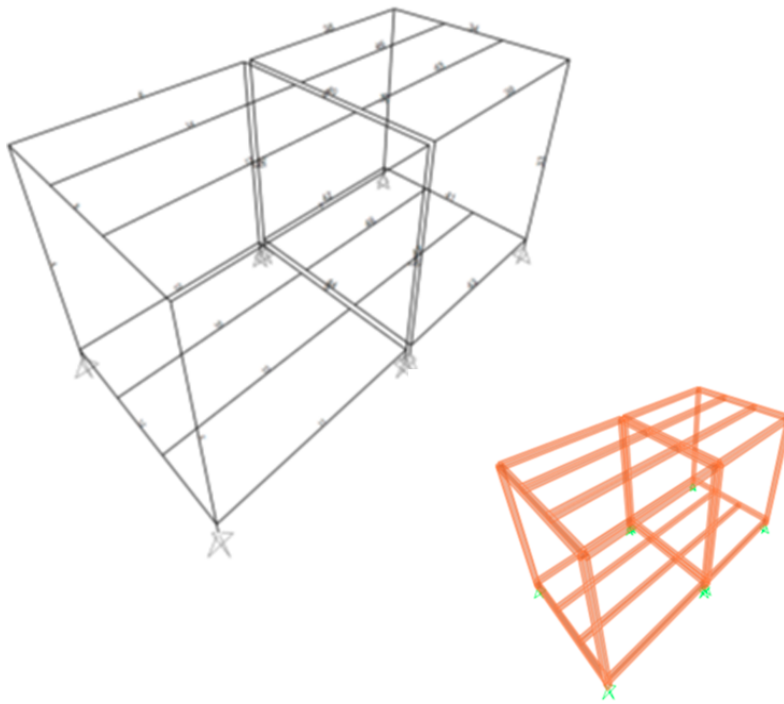


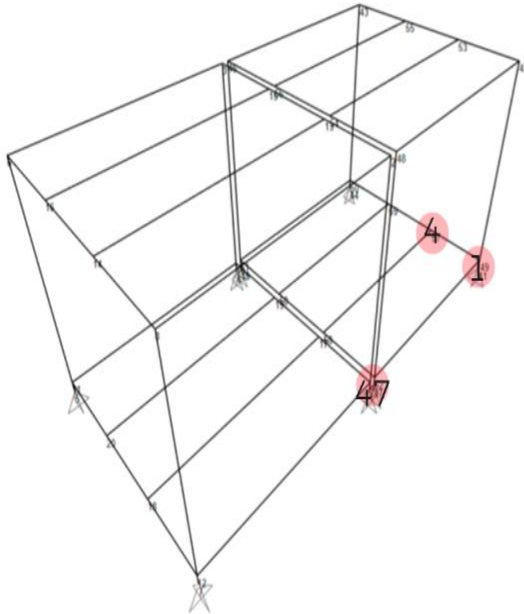
Fig 41: Planta y alzado y el módulo de 3D. Fuente : Elaboración propio.

Se ha realizado el cálculo y tenemos los valores de las reacciones para cada uno de los cuatro soportes para este módulo por separado mediante el programa SAP2000 , en la Fig 43 se muestra las números de soportes con todos los valores de las reacciones.



Número de elemento	Dimensiones del perfil
1	SHS 120*120 *5
2	SHS 120*120 *5
3	SHS 120*120 *5
4	SHS 120*120 *5
5	SHS 120*120 *5
6	SHS 120*120 *5
7	SHS 120*120 *5
8	SHS 120*120 *5
9	SHS 120*120 *5
10	SHS 120*120 *5
11	SHS 120*120 *5
12	SHS 120*120 *5
13	SHS 120*120 *5
14	SHS 120*120 *5
15	SHS 120*120 *5
16	SHS 120*120 *5
33	SHS 120*120 *5
34	SHS 120*120 *5
35	SHS 120*120 *5
36	SHS 120*120 *5
37	SHS 120*120 *5
38	SHS 120*120 *5
39	SHS 120*120 *5
40	SHS 120*120 *5
41	SHS 120*120 *5
42	SHS 120*120 *5
43	SHS 120*120 *5
44	SHS 120*120 *5
45	SHS 120*120 *5
46	SHS 120*120 *5
47	SHS 120*120 *5
48	SHS 120*120 *5

Fig 42: Números de los elementos. Fuente: Resultante del cálculo



Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	Dead	LinStatic	-7.447	21.438	26.124	0	0	0
1	Live	LinStatic	-7.351E-17	13.753	18	0	0	0
1	UDSTL1	Combination	-10.054	28.941	35.268	0	0	0
1	D+L	Combination	-7.447	35.191	44.124	0	0	0
4	Dead	LinStatic	-7.447	-21.438	26.124	0	0	0
4	Live	LinStatic	4.54E-17	-13.753	18	0	0	0
4	UDSTL1	Combination	-10.054	-28.941	35.268	0	0	0
4	D+L	Combination	-7.447	-35.191	44.124	0	0	0
5	Dead	LinStatic	7.447	-21.438	26.124	0	0	0
5	Live	LinStatic	4.402E-17	-13.753	18	0	0	0
5	UDSTL1	Combination	10.054	-28.941	35.268	0	0	0
5	D+L	Combination	7.447	-35.191	44.124	0	0	0
7	Dead	LinStatic	7.447	21.438	26.124	0	0	0
7	Live	LinStatic	-6.941E-17	13.753	18	0	0	0
7	UDSTL1	Combination	10.054	28.941	35.268	0	0	0
7	D+L	Combination	7.447	35.191	44.124	0	0	0
41	Dead	LinStatic	-7.447	21.438	26.124	0	0	0
41	Live	LinStatic	-6.488E-17	13.753	18	0	0	0
41	UDSTL1	Combination	-10.054	28.941	35.268	0	0	0
41	D+L	Combination	-7.447	35.191	44.124	0	0	0
44	Dead	LinStatic	-7.447	-21.438	26.124	0	0	0
44	Live	LinStatic	3.059E-17	-13.753	18	0	0	0
44	UDSTL1	Combination	-10.054	-28.941	35.268	0	0	0
44	D+L	Combination	-7.447	-35.191	44.124	0	0	0
45	Dead	LinStatic	7.447	-21.438	26.124	0	0	0
45	Live	LinStatic	2.884E-17	-13.753	18	0	0	0
45	UDSTL1	Combination	10.054	-28.941	35.268	0	0	0
45	D+L	Combination	7.447	-35.191	44.124	0	0	0
47	Dead	LinStatic	7.447	21.438	26.124	0	0	0
47	Live	LinStatic	-6.825E-17	13.753	18	0	0	0
47	UDSTL1	Combination	10.054	28.941	35.268	0	0	0
47	D+L	Combination	7.447	35.191	44.124	0	0	0

Fig 43: Números de los soportes con la valores de reaciones. Fuente: Resultante del cálculo.

Conexiones

Cada conexión fue numerada a través del programa SAP2000, y luego insertamos el formulario diseñado en el programa IDEA STATICA y tenemos un diseño para uniones.

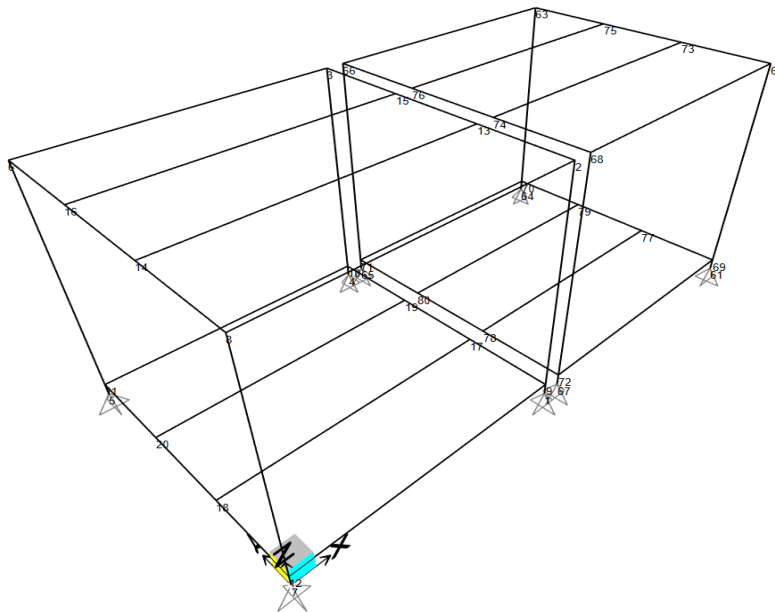


Fig 44: Números de Nudos. Fuente: Resultante del cálculo.

Las uniones	Detalle
La unión entre las vigas y las pilares	Fig 19 Fig 20
La unión entre las vigas y las correas	Fig 21 Fig 22
La unión entre las pilares y las zapatas	Fig 23

Tabla 2: Las uniones . Fuente :elaboración propia.

Tabla de indicadores establecidos.

En función de los resultados que obtuviéramos, se organizó una tabla con todos los indicadores mencionados anteriormente al inicio del apartado, y obtuvimos los siguientes resultados



Características	Estructura de metálica tipo SHS
Peso(kg)	1829,33 kg
Coste (€)	7817,10 €
Tiempo de montaje	El uso de estructuras metálicas permite reducir el tiempo de la ejecución debido a la facilidad de montaje y desmontaje que permite una construcción con mayor adaptabilidad.
Posibilidad de montaje sin medios auxiliares y la necesidad de manos de obras	Necesitamos mano de obra como soldadores pero no necesitamos medios auxiliares y máquinas grandes, solo necesitamos andamios y máquina soldadora.
Existencia en Canarias	Se sabe que las estructuras metálicas son muy utilizadas en grandes edificios y construcciones industriales, y su uso en pequeñas instalaciones aún es poco, por ello, es menos utilizado en canarios. Además, por el clima de las islas, provoca corrosión si no se trata adecuadamente.
Carga de CO2 (kg)	5409,13 kg
Posibilidad de reutilización	Una ventaja muy importante, cuando termina la vida útil del edificio, la estructura de acero puede ser desmontada y posteriormente utilizada en nuevos usos o ser reaprovechada con un fácil reciclaje cuando se encuentre en buen estado.
Resistencia	El acero tiene la capacidad de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente, evitando así fallas prematuras. También por poseer gran resistencia los elementos estructural son de menor tamaño, lo que implica un aprovechamiento del espacio.

Tabla 3: Indicadores establecidos.Fuente: Elaboración propia.

Nota: los datos aquí reflejados son la resultante de los diversos análisis particularizados y que pueden comprobarse en los anexos del presente trabajo.

2) Tipo de estructura metálica tipo Laminado

Con los mismos procedimientos del cálculo en el tipo de estructura de perfil hueco Se ha regularizado todo a montaje de un tipo del perfil HEB120 para facilitar el montaje y no tengan muchos tipos de conexiones

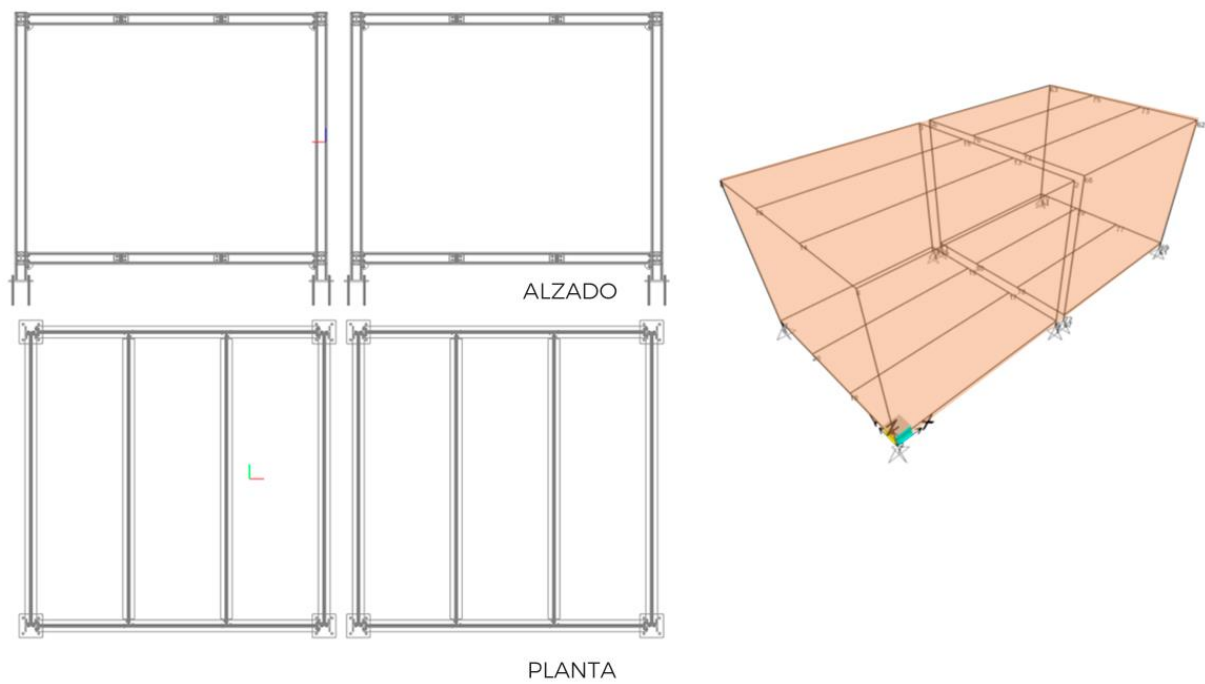
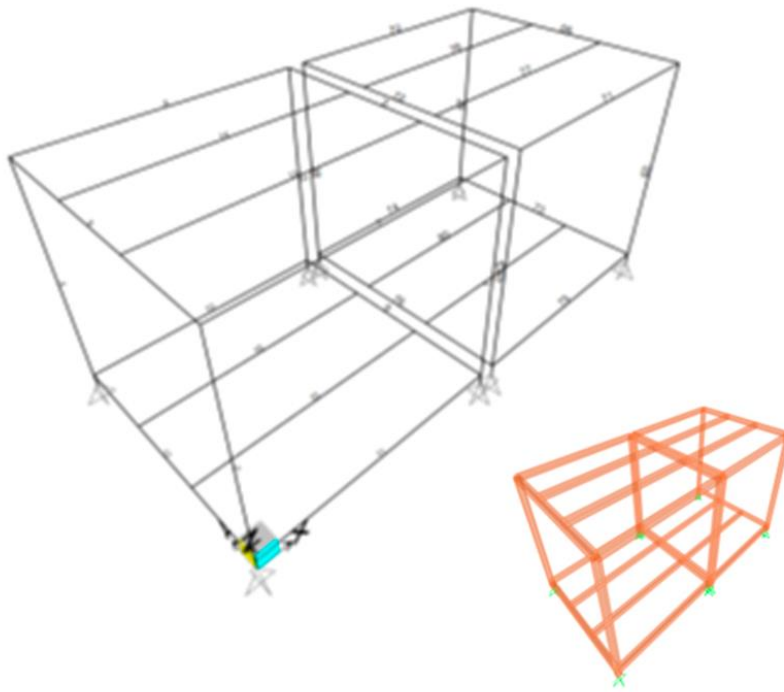


Fig 45: Planta y alzado y el módulo de 3D. Fuente : Elaboración propio.



Número elemento	Dimensiones del perfil
1	HE120B
2	HE120B
3	HE120B
4	HE120B
5	HE120B
6	HE120B
7	HE120B
8	HE120B
9	HE120B
10	HE120B
11	HE120B
12	HE120B
13	HE120B
14	HE120B
15	HE120B
16	HE120B
65	HE120B
66	HE120B
67	HE120B
68	HE120B
69	HE120B
70	HE120B
71	HE120B
72	HE120B
73	HE120B
74	HE120B
75	HE120B
76	HE120B
77	HE120B
78	HE120B
79	HE120B
80	HE120B

Fig 46: Números de los elementos. Fuente: Resultante del cálculo

Se ha realizado el cálculo y tenemos los valores de las reacciones para cada uno de los cuatro soportes para este módulo por separado mediante el programa SAP2000 , en la Fig 48 se muestra las números de soportes y todos los valores de las reacciones.

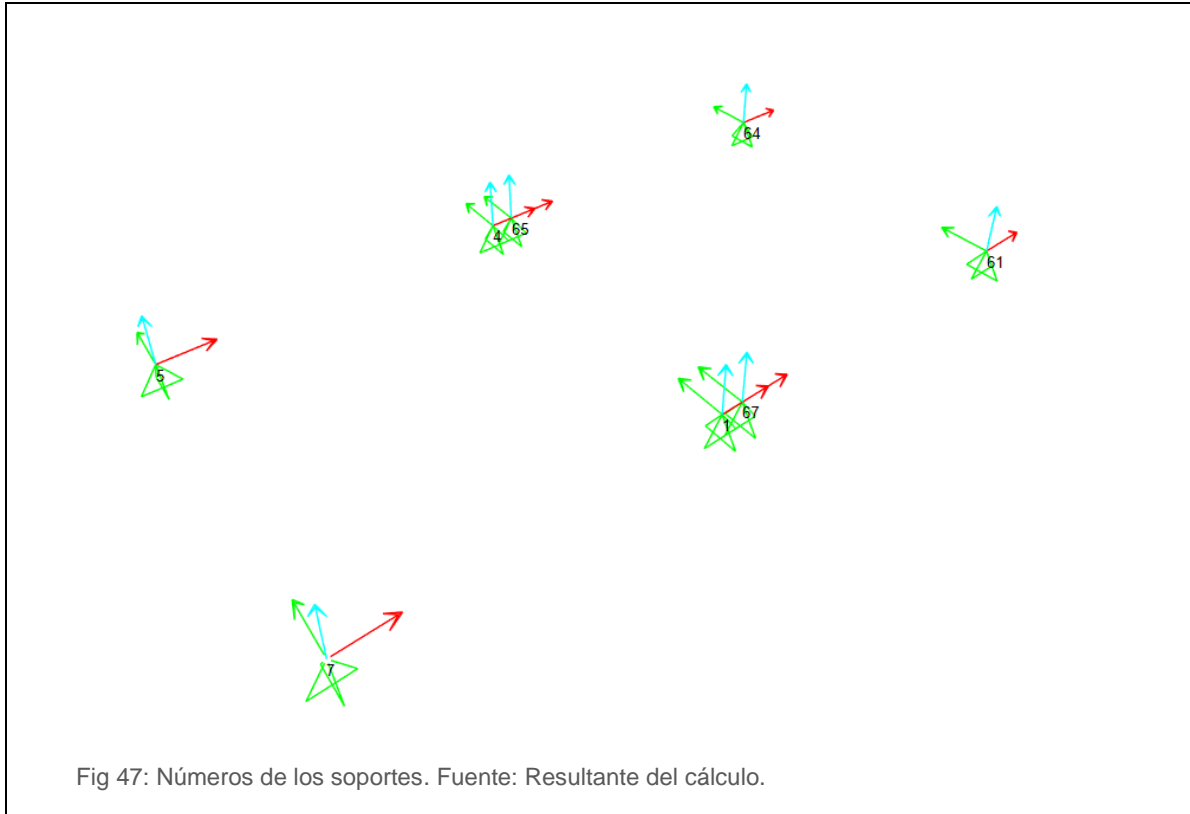
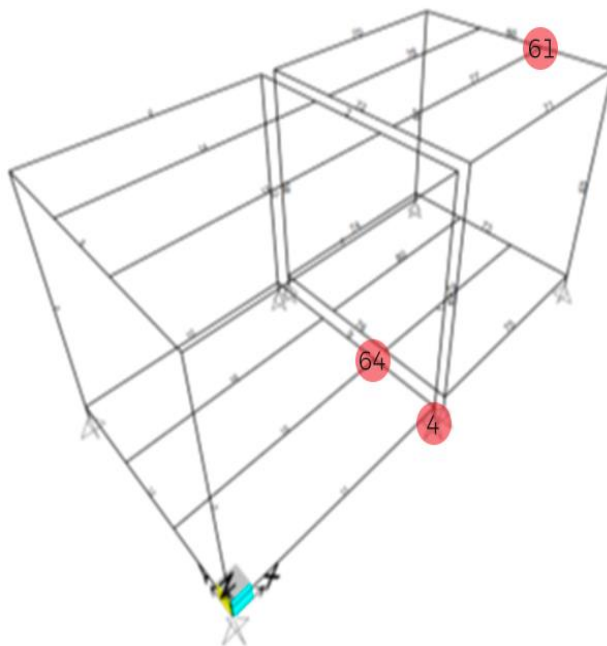


TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	Dead	LinStatic	-6.651	25.565	27.14	0	0	0
1	Live	LinStatic	9.639E-18	16.771	18	0	0	0
1	UDSTL1	Combination	-8.979	34.513	36.64	0	0	0
1	D+L	Combination	-6.651	42.336	45.14	0	0	0
4	Dead	LinStatic	-6.651	-25.565	27.14	0	0	0
4	Live	LinStatic	-4.699E-18	-16.771	18	0	0	0
4	UDSTL1	Combination	-8.979	-34.513	36.64	0	0	0

Tabla 4: Las valores de reacciones. Fuente: Resultante del cálculo



Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
4	D+L	Combination	-6.651	-42.336	45.14	0	0	0
5	Dead	LinStatic	6.651	-25.565	27.14	0	0	0
5	Live	LinStatic	-1.667E-18	-16.771	18	0	0	0
5	UDSTL1	Combination	8.979	-34.513	36.64	0	0	0
5	D+L	Combination	6.651	-42.336	45.14	0	0	0
7	Dead	LinStatic	6.651	25.565	27.14	0	0	0
7	Live	LinStatic	8.445E-18	16.771	18	0	0	0
7	UDSTL1	Combination	8.979	34.513	36.64	0	0	0
7	D+L	Combination	6.651	42.336	45.14	0	0	0
61	Dead	LinStatic	-6.651	25.565	27.14	0	0	0
61	Live	LinStatic	9.639E-18	16.771	18	0	0	0
61	UDSTL1	Combination	-8.979	34.513	36.64	0	0	0
61	D+L	Combination	-6.651	42.336	45.14	0	0	0
64	Dead	LinStatic	-6.651	-25.565	27.14	0	0	0
64	Live	LinStatic	-4.699E-18	-16.771	18	0	0	0
64	UDSTL1	Combination	-8.979	-34.513	36.64	0	0	0
64	D+L	Combination	-6.651	-42.336	45.14	0	0	0
65	Dead	LinStatic	6.651	-25.565	27.14	0	0	0
65	Live	LinStatic	-1.667E-18	-16.771	18	0	0	0
65	UDSTL1	Combination	8.979	-34.513	36.64	0	0	0
65	D+L	Combination	6.651	-42.336	45.14	0	0	0
67	Dead	LinStatic	6.651	25.565	27.14	0	0	0
67	Live	LinStatic	8.445E-18	16.771	18	0	0	0
67	UDSTL1	Combination	8.979	34.513	36.64	0	0	0
67	D+L	Combination	6.651	42.336	45.14	0	0	0

Fig 48: Números de los soportes con la valores de recciones. Fuente: Resultante del cálculo.

Conexiones

Cada conexion fue numerado a través del programa SAP2000, y luego insertamos el formulario diseñado en el programa IDEA STATICA y tenemos un diseño para uniones.

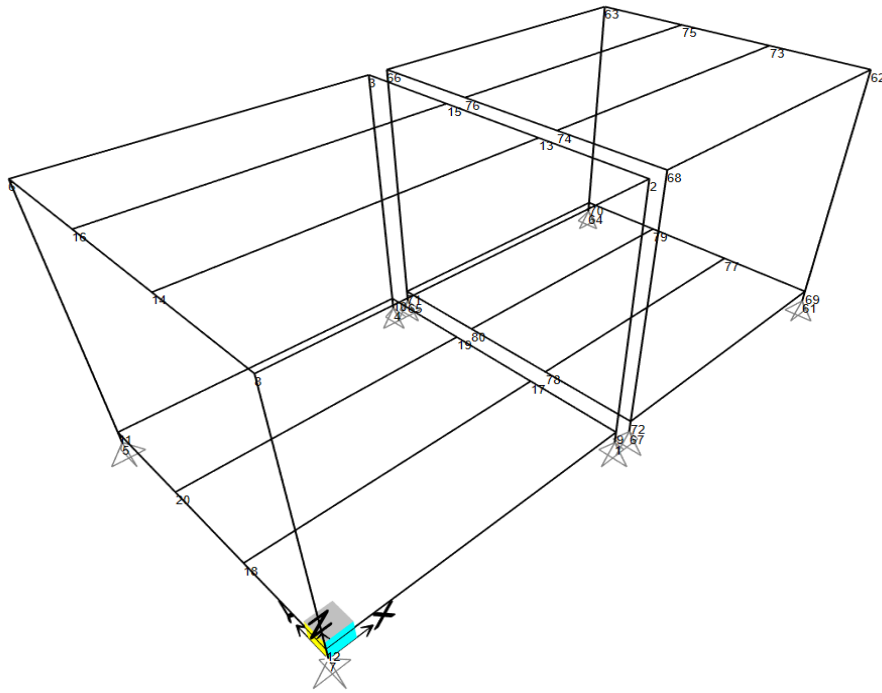


Fig 49: Números de Nudos. Fuente: Resultante del cálculo

Las uniones	Detalle
La unión entre las vigas y las pilares	Fig 27
	Fig 28
La unión entre las vigas y las correas	Fig 29 Fig 30
La unión entre las pilares y las zapatas	Fig 31

Tabla 5: Las uniones . Fuente: Elaboración propia.

Tabla de indicadores establecidos.

Características	Estructura de metálica tipo HEB
Peso(kg)	2473,38 kg
Coste (€)	8606,95 €
Tiempo de montaje	Como en el caso de tipo SHS pero las conexiones en este caso son más difíciles y las conexiones son más complejas, por lo que lleva más tiempo de montaje
Posibilidad de montaje sin medios auxiliares y la necesidad de manos de obras	Necesitamos mano de obra como soldadores pero no necesitamos medios auxiliares y máquinas grandes, solo necesitamos andamios y máquina soldadora.
Existencia en Canarias	Se sabe que las estructuras metálicas son muy utilizadas en grandes edificios y construcciones industriales, y su uso en pequeñas instalaciones aún es poco, por ello, es menos utilizado en canarios. Además, por el clima de las islas, provoca corrosión si no se trata adecuadamente.
Carga de CO2 (kg)	5804,65 kg
Posibilidad de reutilización	Una ventaja muy importante, cuando termina la vida útil del edificio, la estructura de acero puede ser desmontada y posteriormente utilizada en nuevos usos o ser reaprovechada con un fácil reciclaje cuando se encuentre en buen estado.
Resistencia	El acero tiene la capacidad de soportar grandes deformaciones sin fallar bajo altos esfuerzos de tensión. La naturaleza dúctil de los aceros estructurales comunes les permite fluir localmente, evitando así fallas prematuras. También por poseer gran resistencia los elementos estructural son de menor tamaño, lo que implica un aprovechamiento del espacio.

Tabla 6: Indicadores establecidos.Fuente: Elaboración propia

Nota: los datos aquí reflejados son la resultante de los diversos análisis particularizados y que pueden comprobarse en los anexos del presente trabajo.

3) Estructura de hormigón prefabricado

Dada la necesidad de la finalización del presente TFM en las fechas establecidas, y debido a que se estaba en contacto con la comercial **Prefabricados Teide S.A**, como empresa colaboradora en el desarrollo del proyecto “*Infraestructura Experimental Modular para experimentación de tecnologías sostenibles en Arquitectura*”.

Debido a la no facilitación de datos precisos para el cálculo sobre los sistemas constructivos ofrecidos por la citada empresa, los elementos prefabricados de hormigón no pudieron ser comprobados mediante el software de cálculo y dimensionamiento.

No obstante, se establecieron las dimensiones geométricas de los elementos que configuran este sistema, según las indicaciones expuestas por los responsables técnicos de la empresa de prefabricados, quedando estas establecidas:

Pilares: 0,30 x 0,30 m con apoyo en ménsula

Vigas: Vigas de 0,30 x 0,60 m.

Forjados: Losa alveolar de 15.

Cimentación: Zapata corrida de 4,2 x 0,80 x 0,50 m.

En el anexo 3, pueden comprobarse las características de estos, según las fichas técnicas obtenidas.

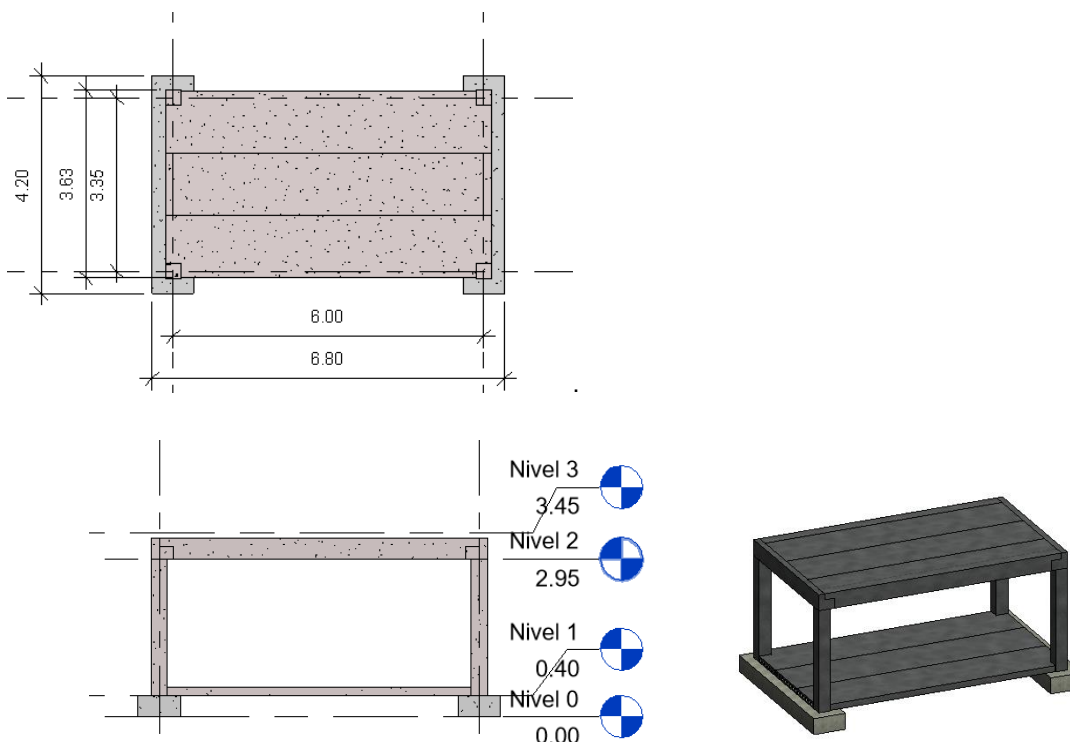


Fig 50:Plano, Alzado y el módulo en 3D. Fuente : Elaboración propia



Conexiones

El método para conectar elementos prefabricados de hormigón se ha explicado en el apartado “**B Conexiones entre elementos prefabricados**” Pag. 52

Las uniones	Detalle
La unión entre las vigas y las pilares	Fig 39
La unión entre las vigas y las correas	Fig 39
La unión entre las pilares y las zapatas	Fig 36
	Fig 37
	Fig 38

Tabla 7: Las uniones . Fuente :elaboración propia.

Tabla de indicadores establecidos.

Características	Estructura de hormigón prefabricado
Peso(kg)	23207,62 kg
Coste(€)	18396,3 €
Tiempo de montaje	En este caso y, como en el caso de la estructura metálica ,el tiempo del montaje de los elementos es corto pero debido a que no hay necesidad de hacer trabajos como soldadura, esto reducirá el tiempo requerido para el montaje.
Posibilidad de montaje sin medios auxiliares y la necesidad de manos de obras	Los elementos prefabricados de hormigón al ser muchos más pesados que sus equivalentes en estructura metálica requieren medios auxiliares más importantes para su manipulación y montaje.

Existencia en Canarias	Actualmente la tendencia es hacia la construcción sostenible y el hecho de que la construcción prefabricada sea una de las soluciones a ello, y teniendo en cuenta que los sistemas constructivos propios en las Islas Canarias es de hormigón
Carga de CO2 (kg)	9440,06 kg
Posibilidad de reutilización	Cuando termina la vida útil del edificio, la estructura de hormigón prefabricado puede ser desmontada y posteriormente utilizada solamente como aridos reciclado pero deben fabricarse con incluso mayor calidad a la reglamentaria y un diseño adecuado a los condicionantes que se preve.
Resistencia	Para cumplir con las solicitaciones de carga por lo general tienen dimensiones mayores y espacios menores.

Tabla 8: Indicadores establecidos. Fuente: Elaboración propia.

Nota: los datos aquí reflejados son la resultante de los diversos análisis particularizados y que pueden comprobarse en los anexos del presente trabajo.

5.2. Comparativa y análisis de indicadores

En este apartado nos encargaremos de analizar los resultados obtenidos en la tabla anterior, comparando así los diferentes tipos de estructuras: perfiles metálicos huecos, perfiles metálicos huecos y hormigón prefabricado; respecto a los datos obtenidos de sus correspondientes indicadores: peso, coste, tiempo de montaje, posibilidad de montaje sin medios auxiliares, existencia en Canarias, carga de CO2, posibilidad de reutilización y resistencia.

	Perfiles metálicos huecos	Perfil metálico laminado	Hormigón prefabricado
Peso (Kg)	1829.33	2473.38	232017.62
Coste (€)	7817.1	8606.95	18396.3
Tiempo de montaje	Mayor	Mayor	Menor
Posibilidad de montaje sin medios auxiliares	SI	SI	NO
Existencia en Canarias	Menor existencia	Menor existencia	Mayor existencia
Carga de CO2 (Kg)	5409.13	5804.65	9440.06

Posibilidad de reutilización	Si, en mayor medida	Si, en mayor medida	Si, en menor medida
Resistencia	Mayor resistencia	Mayor resistencia	Menor resistencia

Tabla 9: comparación entre los indicadores de 3 tipos de estructura. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los dos primeros indicadores, observando la tabla, nos encontramos con que tanto el peso como el coste de la estructura ejecutada en perfiles metálicos huecos, tiene unos valores significativamente menores que el resto.

Posteriormente, cuanto, al tiempo de montaje, a diferencia de los dos indicadores anteriores, los cuales constataban mejores valores las estructuras de perfiles metálicos, en este caso, el tiempo de montaje del hormigón prefabricado es menor. Aunque todos los tipos de estructuras que hemos elegido para analizar tienen un periodo corto de montaje, se estima que el que menos, en la antes nombrada.

Para el montaje, a diferencia de las estructuras realizadas en metal, las cuales no necesitan de gran maquinaria para el mismo, la fabricada en hormigón si necesita de esta, por lo que la posibilidad de montaje sin medios auxiliares sólo es factible en la de perfiles huecos y la de perfiles laminados.

Uno de los indicadores claves para la elección de estructura a seleccionar, es la existencia de los materiales en Canarias necesarios para su construcción. Aunque hay fábricas para la ejecución de todos los materiales, tras una ardua búsqueda nos encontramos que la existencia de fábricas destinadas al hormigón prefabricado es mucho mayor que en el caso de las estructuras de metal.

Para las cargas de CO₂ de cada tipo de estructuras, nos encontramos con que las estructuras realizadas en metal tienen un menor valor, y más concretamente la estructura de perfiles huecos.

La posibilidad de reutilización de los materiales con los que se han realizado las estructuras seleccionadas para esta investigación es posible en todos los casos, pero, el hormigón prefabricado solo serviría para su uso como árido utilizados en construcción, mientras que en los otros dos casos, las posibilidades de reutilizar dichos materiales, son mucho mayores.

Por último, en cuanto al indicador de la resistencia que pueden soportar dichas estructuras, se estima que, según cálculos realizados con anterioridad, que la de perfiles huecos y la de perfiles laminados, podrían soportar una mayor resistencia que la de hormigón prefabricado.



6. Conclusiones

Tras haber realizado una investigación acerca de qué tipo de estructura sería más viable para la realización de nuestro prototipo de célula de ensayo para desarrollo y experimentación de componentes de la edificación, hemos dado con el resultado más factible.

Basándonos en los resultados obtenidos tras haber puesto en comparación las 3 estructuras frente a los 8 indicadores (ver la Tabla 9) hemos llegado a la conclusión que, a pesar de que el tiempo de montaje sea mayor que el hormigón prefabricado y no haya tanta existencia en Canarias como del antes mencionado, la estructura más adecuada para este entorno y nuestra investigación es la de Perfiles metálicos huecos.

Cabe destacar que aunque posea las dos desventajas descritas anteriormente, en cuanto al peso, coste, posibilidad de montaje sin medios auxiliares, carga de CO₂, posibilidad de reutilización y resistencia; es mucho más factible el uso de esta estructura, por lo que es la elegida para la ejecución de este prototipo.

7. Líneas de trabajos futuros

Esta investigación se ha centrado en un módulo con una geometría a escala que podría recordar al de una vivienda unifamiliar del lugar en el que nos encontramos. Para ello, se han estudiado principalmente, tres tipos de estructuras:

- Metálica con perfiles huecos.
- Metálica con perfiles laminados.
- Hormigón prefabricado.

Si bien es cierto, existen más tipos de estructuras podrían ser otras posibilidades para hacer este módulo, como podrían ser de perfiles de madera laminados, la Steel Frame o la tradicional de hormigón armado.

En base a los resultados obtenidos, en el futuro podría ejecutarse un pequeño módulo que funcionara como laboratorio de ensayos, con el que se podrían estudiar los diferentes tipos de envolvente de edificaciones que se construyan en la zona donde se han realizado estas investigaciones de envolvente, y así poder reducir la demanda energética.

De esta forma, la construcción de un moduo integrado y ejemplar, nos permitirá elegir la tipología constructiva mas adecuada para guiarnos hacia un futuro más sostenible.

Debido a que las investigaciones se han realizado con la premisa de que las estructuras puedan ser transportables, será posible realizar los análisis y estudios mencionados en otro lugar de la isla (Tenerife), y así, encontrar solución a diferentes tipos de envolventes de edificaciones acordes al clima de la zona en la que se ubican.



Fig 51: Tipos de módulo experimental de madera y steel frame. Fuente:Codemosch



8. Referencias

Webgrafía

<https://www.tekla.com/la/productos/tekla-structures>

<https://www.csiespana.com/software/2/sap2000>

<https://www.ideastatica.com/es>

<https://www.construible.es/comunicaciones/caracterizacion-experimental-fachadas-activas-condiciones-ambientales-reales-medio-celulas-ensayo-paslink>

<https://www.ciemat.es/sweb/SEPA/Instalaciones/Html/Pdf/3.pdf>

<https://es.wikivoyage.org/wiki/Tenerife>

<https://visor.grafcan.es/visorweb/>

https://www.ign.es/web/resources/sismologia/tproximos/sismotectonica/pag_sismotectonicas/can_tenerife.html

<https://es.weatherspark.com/y/31608/Clima-promedio-en-San-Crist%C3%B3bal-de-La-Laguna-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>

<https://shadowmap.org/es>

<https://construccionenseco.net/steel-frame/desventajas/>

<https://aceromundo.com.mx/estructuras-de-acero/>

<https://construccionenseco.net/hormigon-prefabricado/>

<https://blog.planreforma.com/tipos-de-suelos-ventajas-inconvenientes/>

<https://www.archiexpo.es/prod/planium/product-52780-125255.html>

<https://www.panelsandwich.com/informacion-tecnica/paneles-sandwich/>

<https://www.panelsandwich.com/producto/panel-sandwich-3-grecas/>

<https://prefabricadosteide.com/>

<https://www.peikko.com/>

<https://www.codemosch.es/modulo-experimental/>



Bibliografía:

- BOE. (2009). Instrucción de Acero Estructural. Boletín Oficial Del Estado, 61561–61567.
- Frutos Vázquez, B., Neila González, F. J., & Olaya Adán, M. (2009). Estudio experimental sobre la efectividad y la viabilidad de distintas soluciones constructivas para reducir la concentración de gas radón en edificaciones. 452.
- Puy, I., Fernández, S., Antonio, J., & Gómez, M. (n.d.). DISEÑO DE UNA FACHADA TERMOELÉCTRICA ACTIVA Ibáñez Puy, María 1 ; Sacristán Fernández, José Antonio 1 ; Martín Gómez, César 1 ; 1:
- Tem, R. E. A., & Servicios, T. D. E. (n.d.). LABORATORIOS PARA EL ESTUDIO EXPERIMENTAL DE COMPONENTES Y. 4–5.
- Luisa carls, H.,Gabriel Gómez, A.,Eduardo González, C.(2014). Procentajede horas de confort térmico con técnicas de enfiamiento evaporativo indirecto en techos estanque en clima árido



9. Anexos

- 1- Anexo de cálculo del programa de tipo de perfiles Huecos.
- 2- Anexo de cálculo del programa de tipo de perfiles Laminados.
- 3- Anexo de fichas técnicas
- 4- Anexo de justificación de Carga de CO₂ de todo el Ciclo de vida
- 5- Anexo de presupuesto de obra.



Anexo1

El cálculo del programa de tipo de perfiles Huecos.

- El cálculo por programas
- La cantidad de las materiales
- El cálculo de los conexiones con detalles

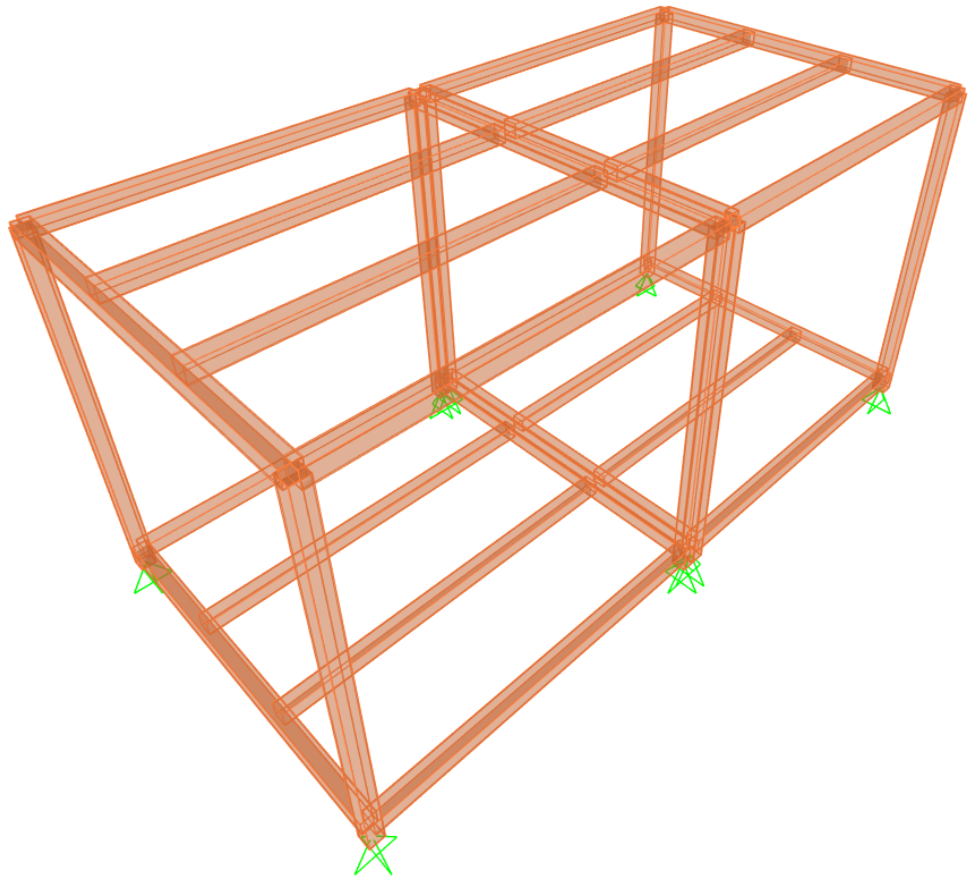
Structural Design

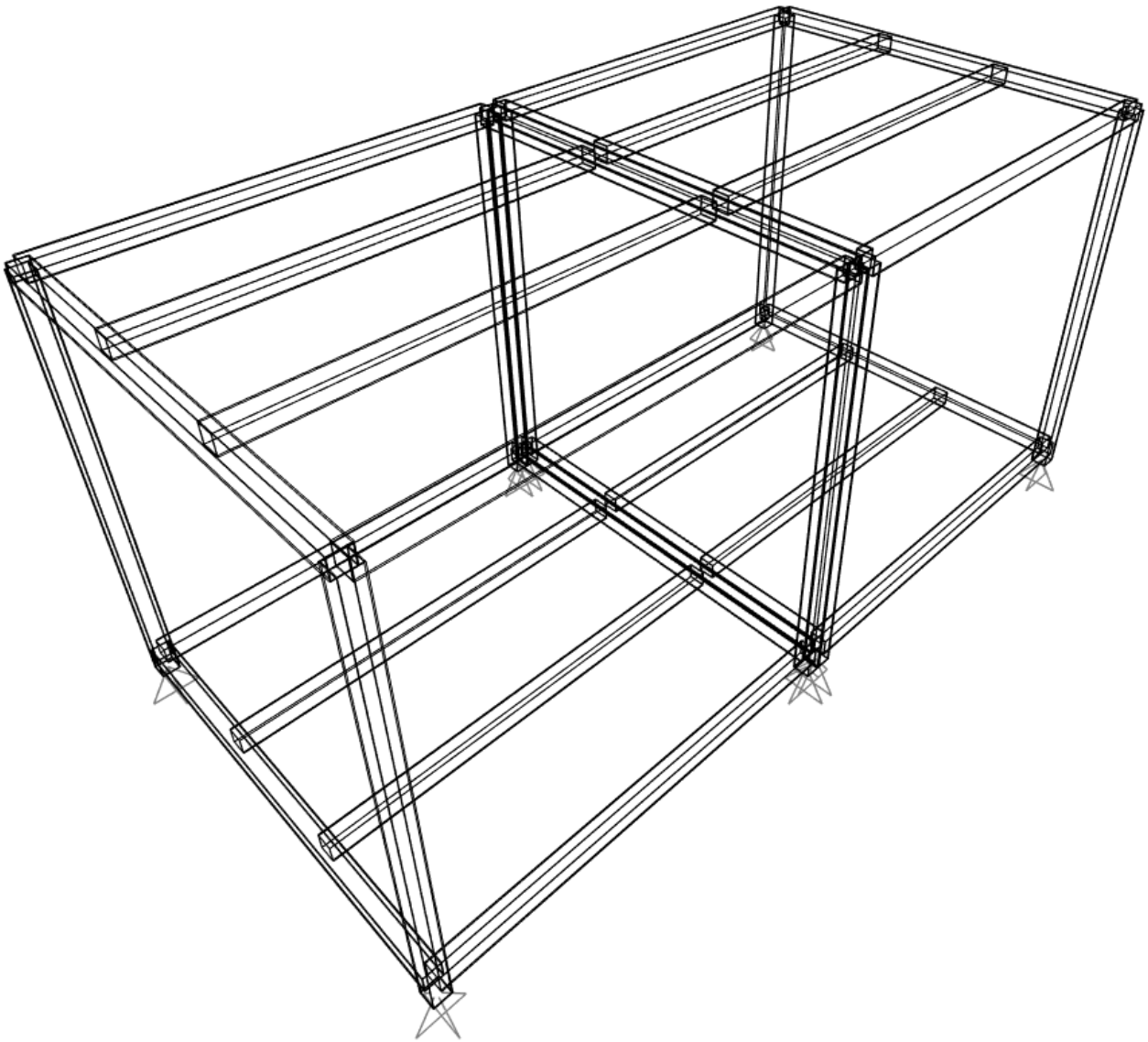
SPAIN

PROJECT NAME:

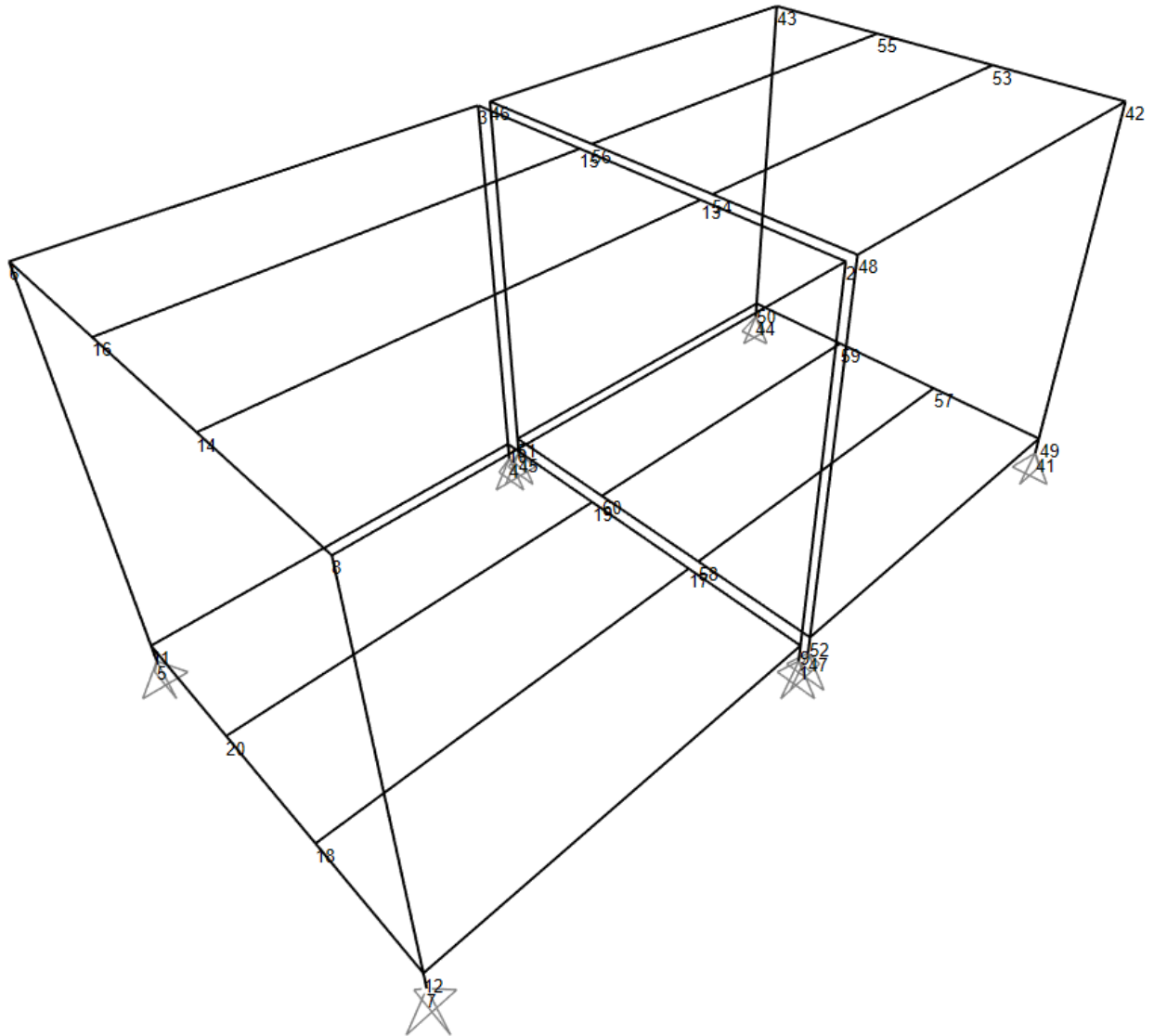
experimental study



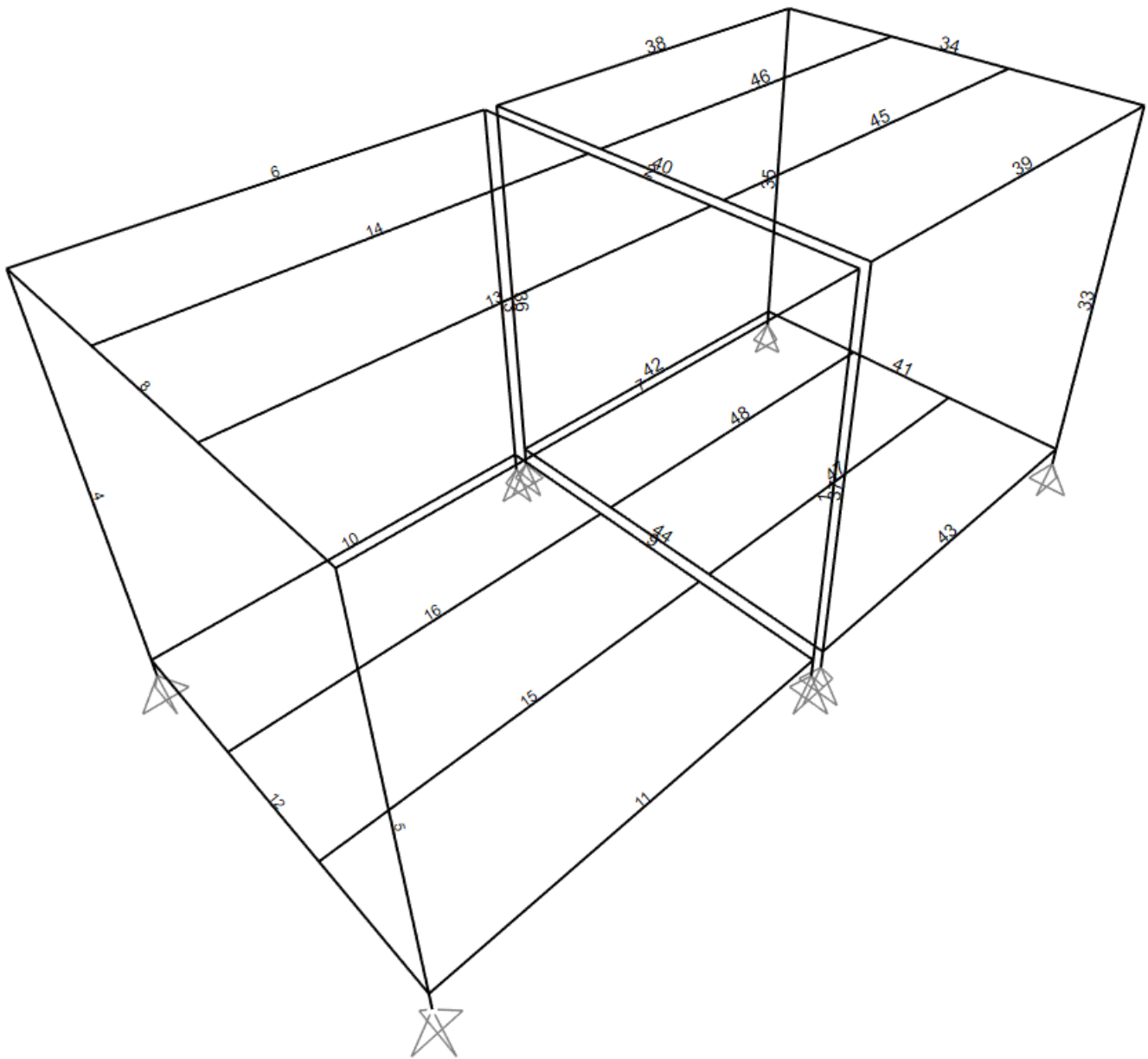




JOINT NUMBER



FRAME NUMBER :



► Table of Contents

SUBJECT	Page
1.0 INTRODUCTION	8
1.1 DESIGN CODES	8
2.0 DESIGN TOOLS & REFERENCES	8
3.0 MATERIAL SPECIFICATIONS.....	8
4.0 DESIGN LOADS.....	8
5.0 LOAD COMBINATIONS.....	10
6.0 LOADS	12
9.0 VERIFICATION OF DEFLECTION AND DRIFT :	15
10.0 DESIGN Design Summary And Ratio:.....	16
11.0 BASE REACTION :	18

LIST OF FIGURES

<i>Figure 1 : (Dead)and Self Weight</i>	12
<i>Figure 10 : Deflection Under Dead+Live Load</i>	15

LIST OF TABLES

<i>Table 1: Primary Load Cases</i>	9
<i>Table 2: Ultimate Load Combination</i>	10
<i>Table 3: Service Load Combination</i>	11

TECHNICAL REPORT

1.0 INTRODUCTION

1.1 DESIGN CODES

All design shall be in accordance with the design criteria, specifications, standards and references set out in this report.

Unless otherwise specified or shown the following Codes and standards of the latest issue shall apply.

- QCS 2014 Qatar Construction Specification 2014
- EUROCODE 3: Parts 1 to 9 Structural use of steelwork in building.
- EN 1991-1-5 (2003): EUROCODE 1: Actions on structures - Part 1-5: General actions - Thermal actions.
- EUROCODE 3Part 1 Loading for buildings - Code of practice for dead and imposed loads.
- EUROCODE 3: Part 3 Loading for buildings - Code of practice for imposed roof loads

2.0 DESIGN TOOLS & REFERENCES

Structural modeling and design analysis shall be done using the multipurpose structural analysis software **SAP2000 V22.0.0**

3.0 MATERIAL SPECIFICATIONS

Unless specified otherwise, the following materials' characteristics and design specifications shall be used in the design calculations and structural models.

(1) Structural Steel

Steel Characteristics: $\gamma_s = 7,850 \text{ kg/m}^3$ $E = 210,000 \text{ MPa}$ $G = 77,200 \text{ MPa}$ $\nu = 0.3$

- Steel Plates S275JR
- Hot Rolled Steel Profiles S355JR
- Hollow Section steel Profile minimum S275JR
- Cold formed Steel S275JR

(2) Bolts and Anchor Bolts (Grade 8.8) (Or A325M)

Material properties:

Tensile Strength, $F_u = 830 \text{ (MPa)}$

Yield Strength, $F_y = 660 \text{ (MPa)}$

(3) Structural Weld

E70 Weld Electrode

Tensile Strength for Weld, $F_{uw} = 480 \text{ MPa}$

Yield Strength for Weld, $F_{yw} = 440 \text{ MPa}$

4.0 DESIGN LOADS

Shown below, is the list of the Load Cases used in the structural models.

4.1 Design Dead Loads

a) Self Weight including weight of Structural members - (Dead)

b) Cladding +Purlin weight -(DL1)

Shown below is the table for the load cases applied on the Structure.

Table 1: Primary Load Cases

DEAD LOAD		
	Self weight of steel structure calculated automatically by taking $\gamma_s = 78.5 \text{ Kn/m}^2$	
DEAD	DEAD LOAD	4 kn/m ²
LIVE LOAD		
LIVE	Roof Live Load	4 kn/m ²

5.0 LOAD COMBINATIONS

Table 2: Ultimate Load Combination

Load combination	Permanent load		Variable load			
	Adverse	Beneficial	Imposed		Wind	Prestress
			Adverse	Beneficial		
Load combination (6.10)						
Permanent + imposed	1.35	1.00	1.50	0	–	1.00
Permanent + wind	1.35	1.00	–	–	1.50	1.00
Permanent + imposed + wind	1.35	1.00	1.50	0	$1.50 \times 0.5 = 0.75$	1.00
Load combination (6.10a)						
Permanent + imposed	1.35	1.0	$\psi_0^* 1.5$	–	–	1.0
Permanent + wind	1.35	1.0	–	–	$\psi_0 1.5 = 0.9$	1.0
Permanent + imposed + wind	1.35	1.0	$\psi_0^* 1.5$	–	$\psi_0 1.5 = 0.9$	1.0
Load combination (6.10b)						
Permanent + imposed	$\xi 1.35 = 1.25$	$\xi 1.0 = 0.925$	1.5	–	–	1.0
Permanent + wind	$\xi 1.35 = 1.25$	$\xi 1.0 = 0.925$	–	–	1.5	1.0
Permanent + imposed + wind	$\xi 1.35 = 1.25$	$\xi 1.0 = 0.925$	1.5	–	$\psi_0 1.5 = 0.9$	1.0

(1) It is assumed that wind is not the leading action.

(2) ψ_0^* will vary with the use of the building.

S Load Combination Data


Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type Linear Add v

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
Dead v	Linear Static		1.35
Dead	Linear Static		1.35
Live	Linear Static		1.5

Table 3: Service Load Combination

SERVICEABILITY LIMIT STATES, SLS		
SLS1	DEAD	1
	LIVE	1

6.0 LOADS

Figure 1 : (Dead)and Self Weight

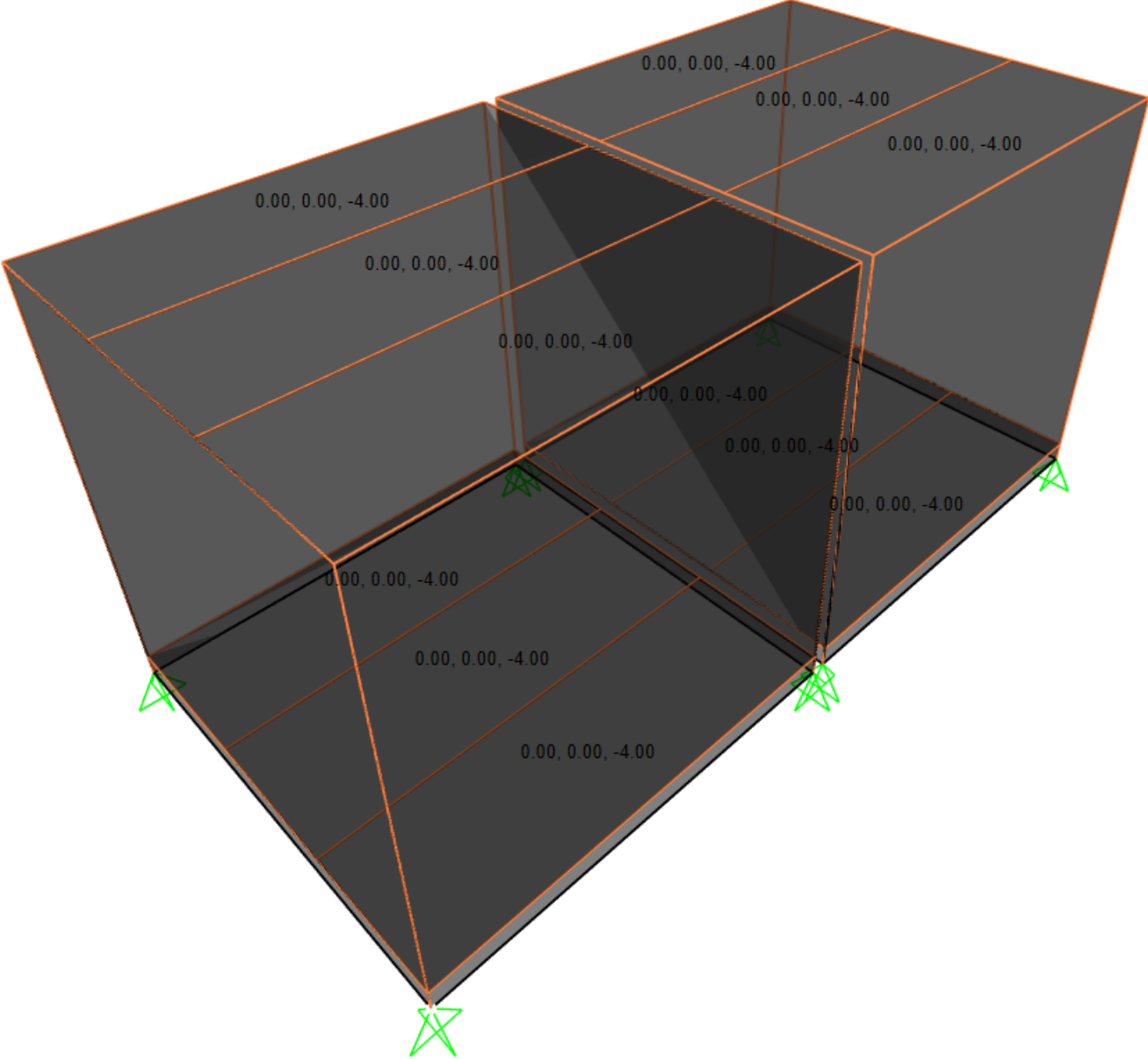


Figure2 : WALL DEAD LOEAD :

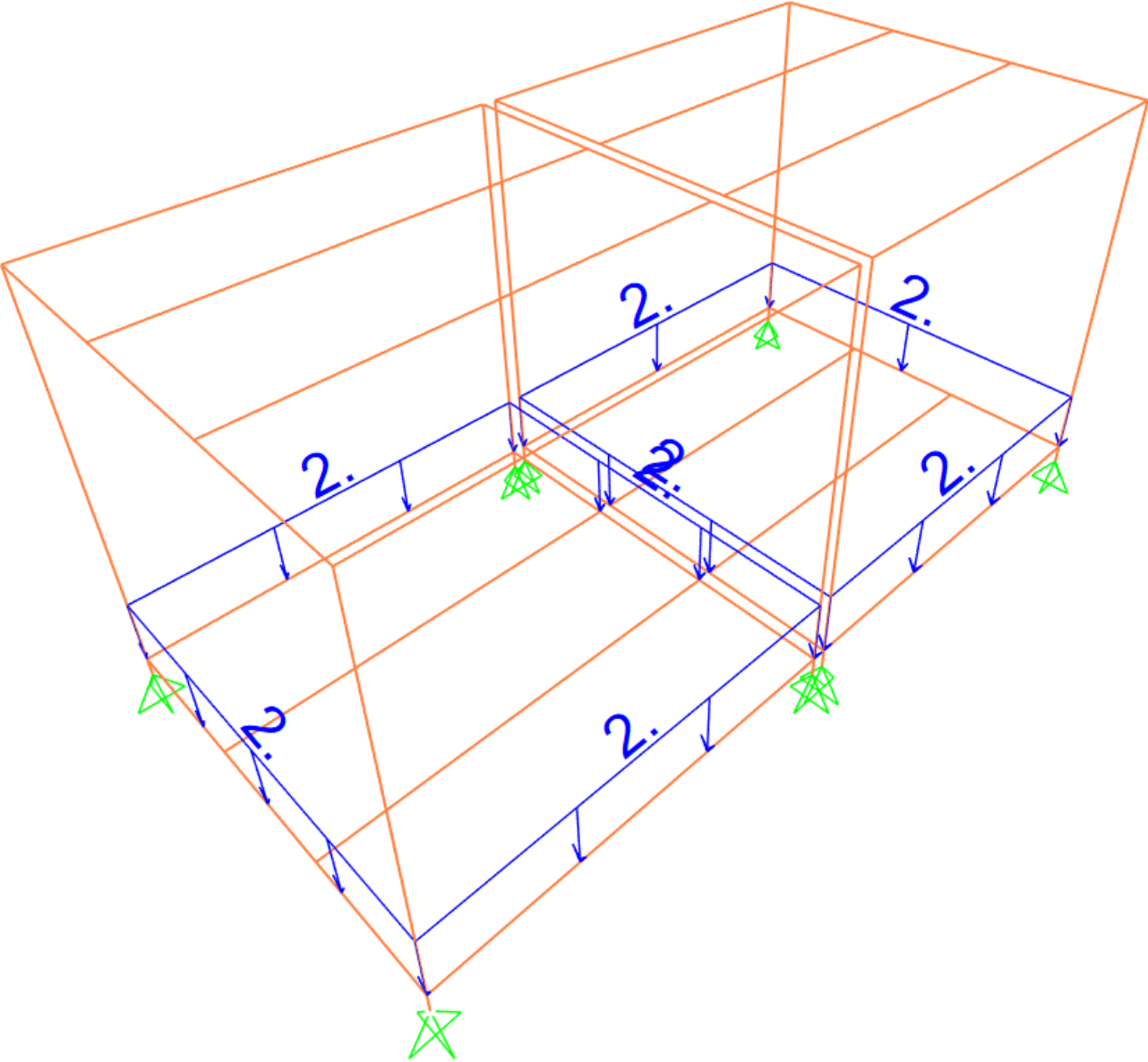
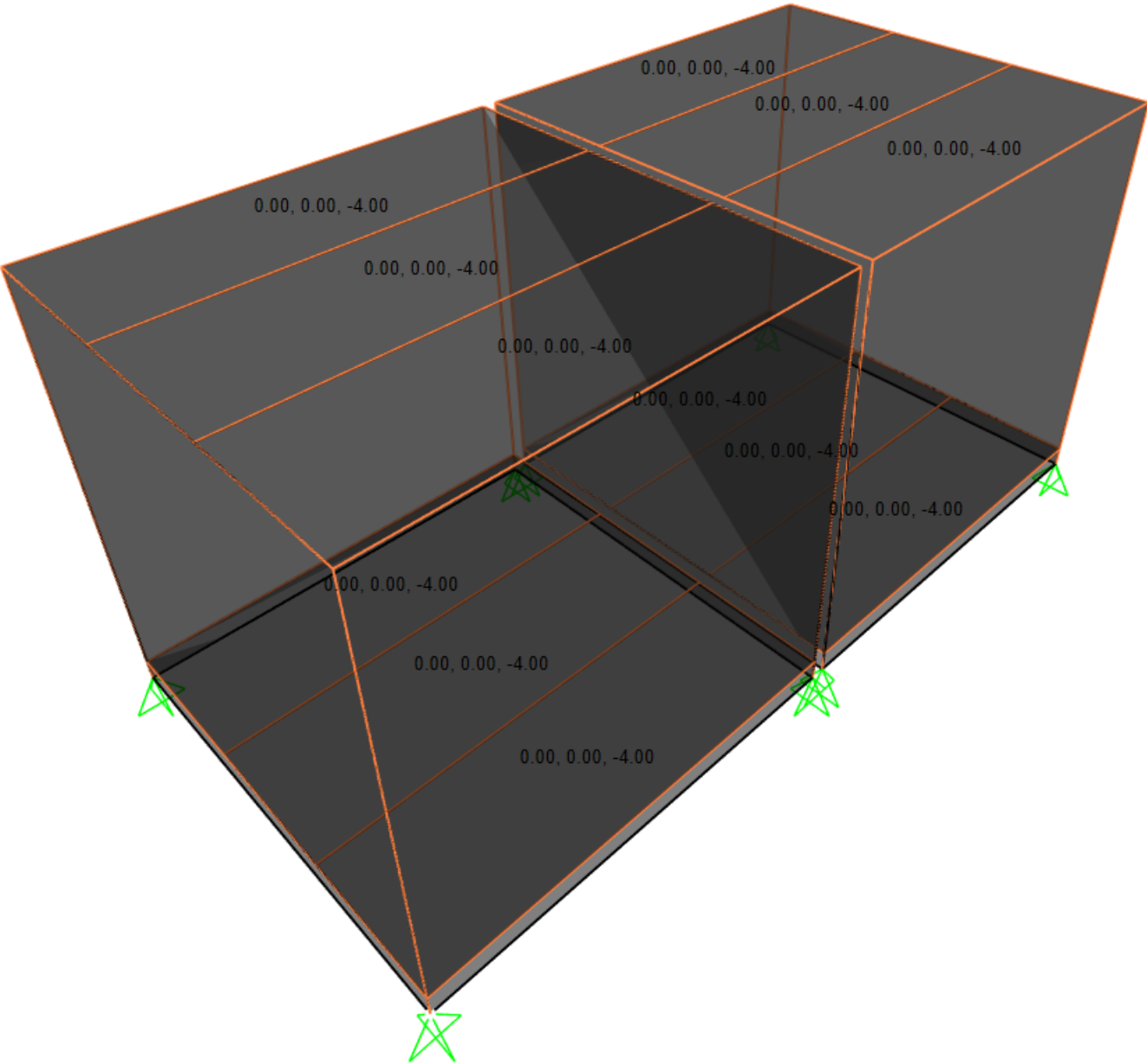


Figure 2 : (LIVE) Roof Live load



7.0

9.0 VERIFICATION OF DEFLECTION AND DRIFT :

Allowable Vertical deflection for Roof :

Span/180 for Dead + Live Load only

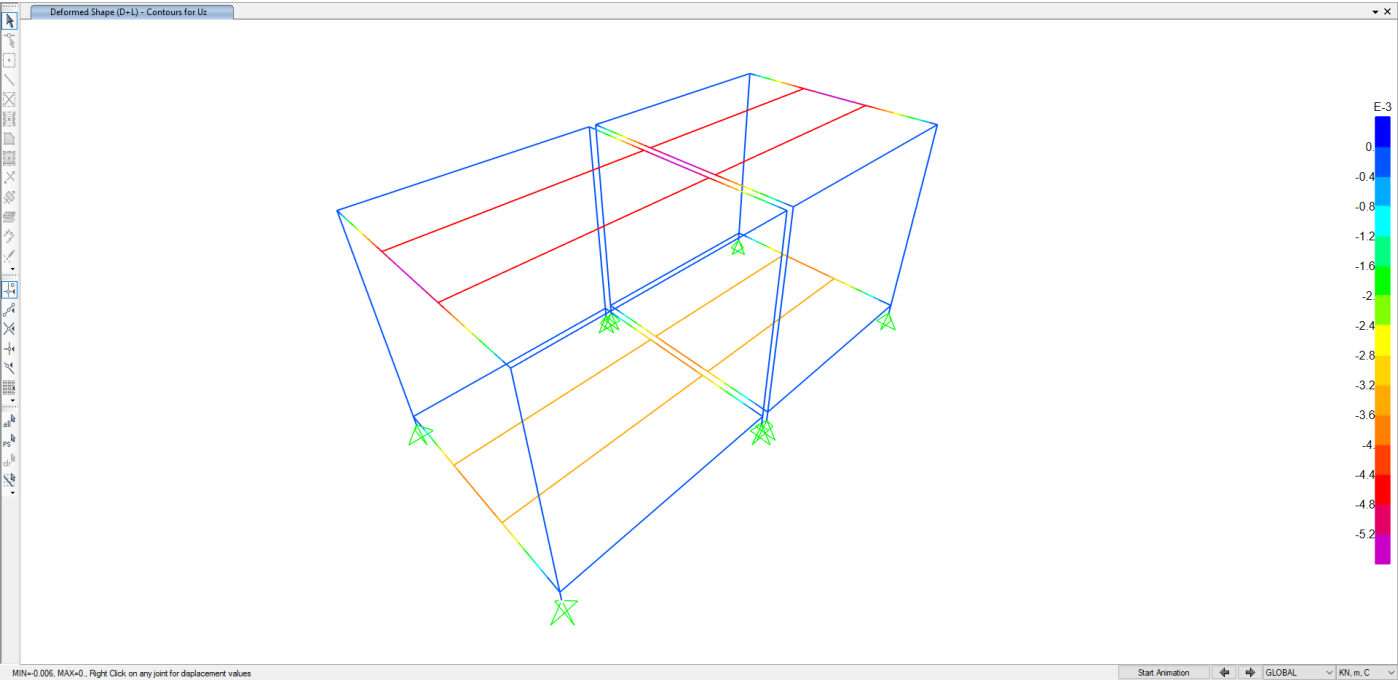


Figure 2 : Deflection Under Dead+Live Load

Actual deflection = 5.2 mm . Allowable = 3000/200= 15 mm > 5.2Actual.: OK

10.0 DESIGN Design Summary And Ratio:

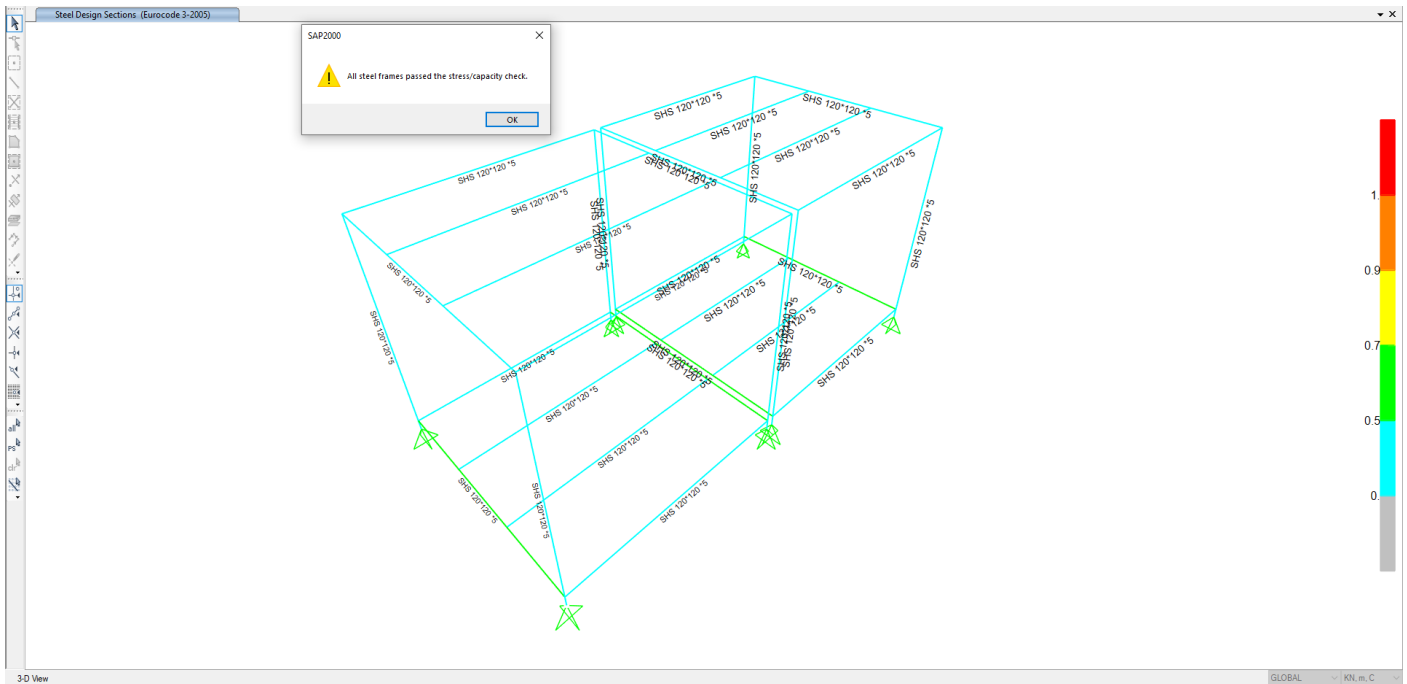


TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005									
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
1	SHS 120*120 *5	Column	No Messages	0.37378	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages
2	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.465749	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
3	SHS 120*120 *5	Column	No Messages	0.398543	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages
4	SHS 120*120 *5	Column	No Messages	0.37378	PMM	UDSTL77	0	No Messages	No Messages
5	SHS 120*120 *5	Column	No Messages	0.398543	PMM	UDSTL77	0	No Messages	No Messages
6	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
7	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
8	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.465749	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
9	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.549832	PMM	UDSTL5	1	No Messages	No Messages
10	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.313408	PMM	UDSTL77	2	No Messages	No Messages
11	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.313408	PMM	UDSTL77	2	No Messages	No Messages
12	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.549832	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
13	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
14	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
15	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
16	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
33	SHS 120*120 *5	Column	No Messages	0.37378	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages
34	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.465749	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
35	SHS 120*120 *5	Column	No Messages	0.398543	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages
36	SHS 120*120 *5	Column	No Messages	0.37378	PMM	UDSTL77	0	No Messages	No Messages

37	SHS 120*120 *5	Column	No Messages	0.398543	PMM	UDSTL77	0	No Messages	No Messages
38	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
39	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
40	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.465749	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
41	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.549832	PMM	UDSTL5	1	No Messages	No Messages
42	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.313408	PMM	UDSTL77	2	No Messages	No Messages
43	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.313408	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages
44	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.549832	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
45	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
46	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
47	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
48	SHS 120*120 *5	Beam	No Messages	0.009851	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages

-Design:

S Box/Tube Section
✕

Section Name

Section Notes

Display Color ■

Dimensions

Outside depth (t3)

Outside width (t2)

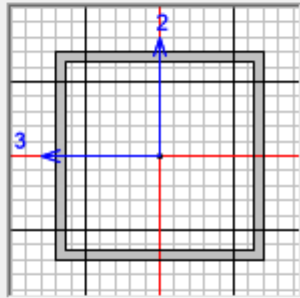
Flange thickness (tf)

Web thickness (tw)

Corner Radius

Bottom Flange thickness (tfb)

Section



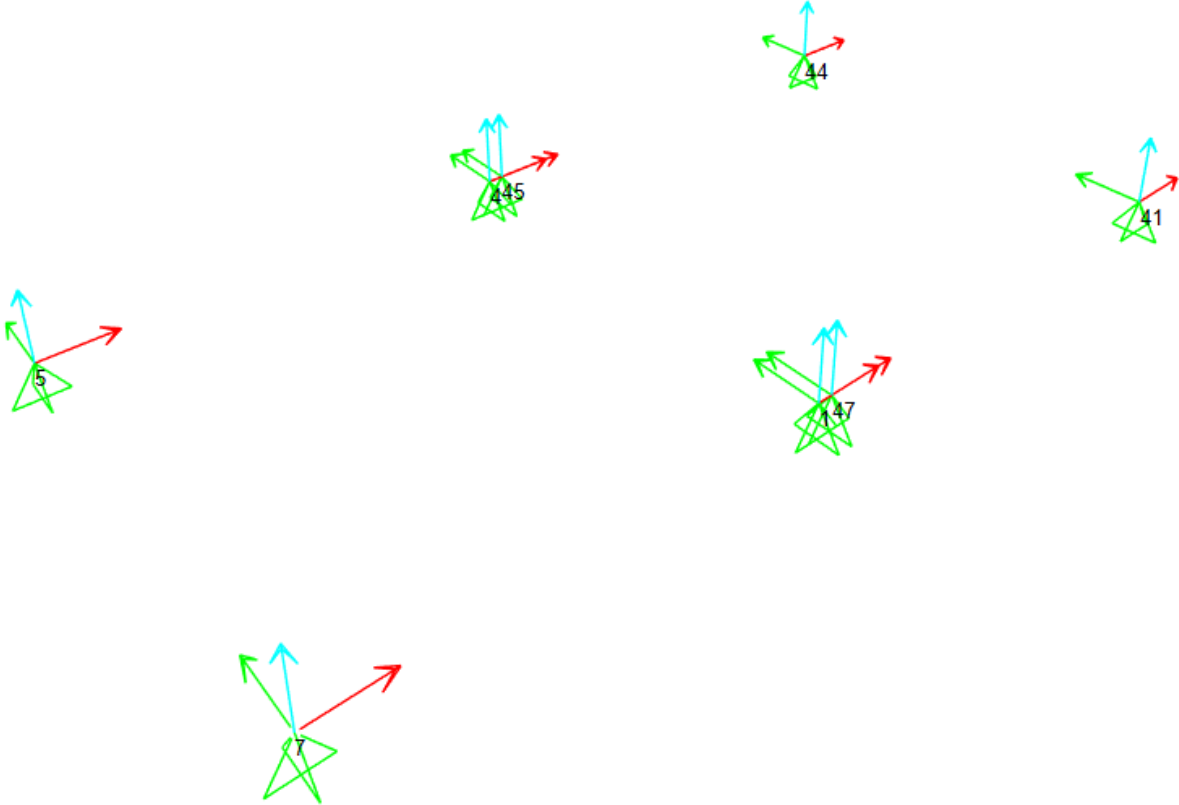
Material

Property Modifiers

Properties

Design Section

11.0 BASE REACTION :



Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	Dead	LinStatic	-7.447	21.438	26.124	0	0	0
1	Live	LinStatic	-7.351E-17	13.753	18	0	0	0
1	UDSTL1	Combination	-10.054	28.941	35.268	0	0	0
1	D+L	Combination	-7.447	35.191	44.124	0	0	0
4	Dead	LinStatic	-7.447	-21.438	26.124	0	0	0
4	Live	LinStatic	4.54E-17	-13.753	18	0	0	0
4	UDSTL1	Combination	-10.054	-28.941	35.268	0	0	0
4	D+L	Combination	-7.447	-35.191	44.124	0	0	0
5	Dead	LinStatic	7.447	-21.438	26.124	0	0	0
5	Live	LinStatic	4.402E-17	-13.753	18	0	0	0
5	UDSTL1	Combination	10.054	-28.941	35.268	0	0	0
5	D+L	Combination	7.447	-35.191	44.124	0	0	0
7	Dead	LinStatic	7.447	21.438	26.124	0	0	0
7	Live	LinStatic	-6.941E-17	13.753	18	0	0	0
7	UDSTL1	Combination	10.054	28.941	35.268	0	0	0
7	D+L	Combination	7.447	35.191	44.124	0	0	0
41	Dead	LinStatic	-7.447	21.438	26.124	0	0	0
41	Live	LinStatic	-6.488E-17	13.753	18	0	0	0
41	UDSTL1	Combination	-10.054	28.941	35.268	0	0	0
41	D+L	Combination	-7.447	35.191	44.124	0	0	0
44	Dead	LinStatic	-7.447	-21.438	26.124	0	0	0
44	Live	LinStatic	3.059E-17	-13.753	18	0	0	0
44	UDSTL1	Combination	-10.054	-28.941	35.268	0	0	0
44	D+L	Combination	-7.447	-35.191	44.124	0	0	0
45	Dead	LinStatic	7.447	-21.438	26.124	0	0	0
45	Live	LinStatic	2.884E-17	-13.753	18	0	0	0
45	UDSTL1	Combination	10.054	-28.941	35.268	0	0	0
45	D+L	Combination	7.447	-35.191	44.124	0	0	0
47	Dead	LinStatic	7.447	21.438	26.124	0	0	0
47	Live	LinStatic	-6.825E-17	13.753	18	0	0	0
47	UDSTL1	Combination	10.054	28.941	35.268	0	0	0
47	D+L	Combination	7.447	35.191	44.124	0	0	0

Material Excel List

Project Number:	500-103
Project	Tekla Model
Date	09/05/2022 02:59:11

Profile	Grade	Qty	Length(mm)	Net Area(m ²) for one	Net Area(m ²) for all
D20	S275JR	32	300	0.02	0.61
	Total	32	9600		0.61
FLT10*75	S275JR	24	120	0.02	0.53
	Total	24	2880		0.53
FLT10*80	S275JR	24	120	0.02	0.56
	Total	24	2880		0.56
FLT10*120	S275JR	24	120	0.03	0.81
	Total	24	2880		0.81
FLT12*100	S275JR	40	220	0.05	2.04
FLT12*100	S275JR	8	225	0.05	0.42
	Total	48	10600		2.46
PL8*114	S275JR	8	114	0.03	0.24
	Total	8	912		0.24
PL15*240	S275JR	8	240	0.13	1.04
	Total	8	1920		1.04
SHS120*120*5.0	S275JR	12	2670	1.25	14.96
SHS120*120*5.0	S275JR	8	2685	1.25	10.03
SHS120*120*5.0	S275JR	8	2849	1.33	10.64
SHS120*120*5.0	S275JR	4	2884.75	1.35	5.39
	Total	32	87850		41.03
Total					47.25

Material Excel List

Net Wiegth(kg) for one	Net Wiegth(kg) for all
0.67	21.32
	21.32

0.71	16.96
	16.96

0.75	18.09
	18.09

1.13	27.13
	27.13

2.05	82.11
2.10	16.80
	98.91

0.82	6.53
	6.53

6.78	54.26
	54.26

48.21	578.48
48.48	387.82
51.44	411.51
52.08	208.34
	1586.15

	1829.33
--	----------------

Project:
Project no:
Author:



Material

Steel S 275
Concrete C30/37

Project item base plate

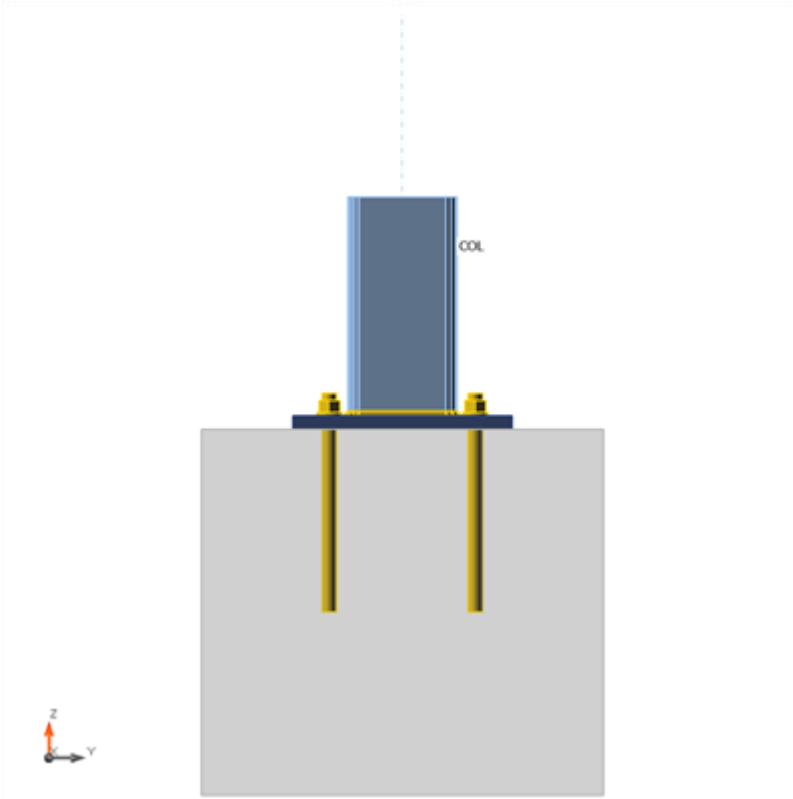
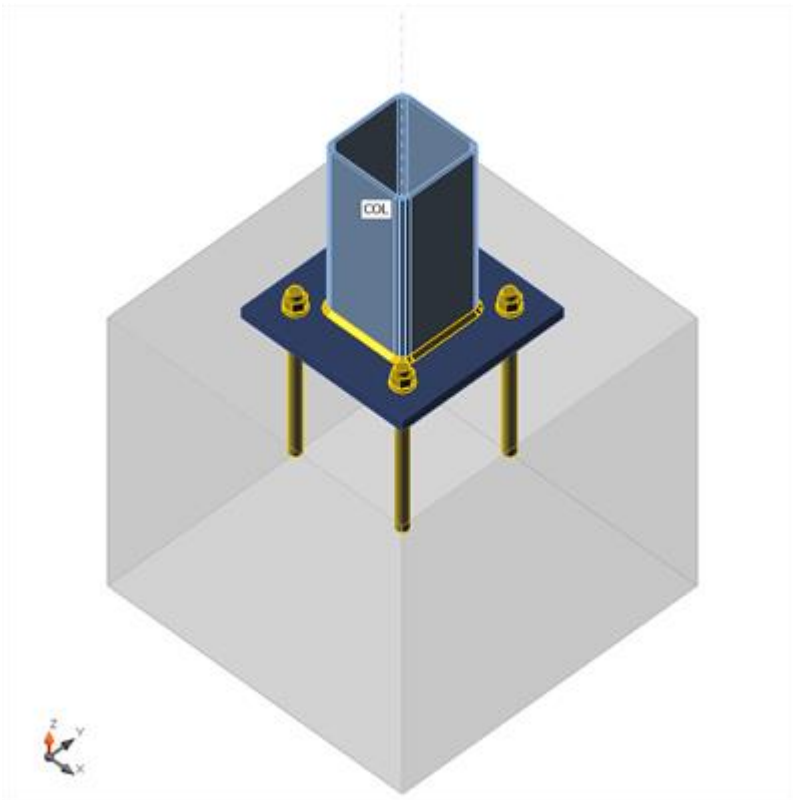
Design

Name base plate
Description
Analysis Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
COL	1 - SHS120/120/5.0	0.0	-90.0	0.0	0	0	0	Node

Project:
Project no:
Author:



Cross-sections

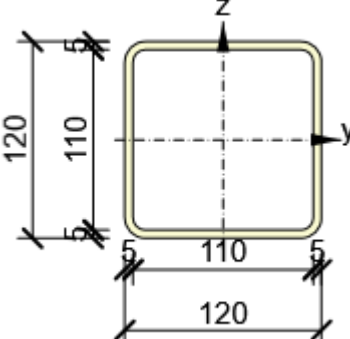
Name	Material
1 - SHS120/120/5.0	S 275

Project:

Project no:

Author:

Cross-sections

Name	Material	Drawing
1 - SHS120/120/5.0	S 275	

Anchors

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	f_u [MPa]	Gross area [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16	800.0	201

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
LE1	COL	-35.3	10.1	-28.9	0.0	0.0	0.0
LE2	COL	-35.3	-10.1	28.9	0.0	0.0	0.0
LE3	COL	-62.3	10.1	49.6	0.0	0.0	0.0
LE4	COL	-62.3	10.1	-49.6	0.0	0.0	0.0
LE5	COL	-62.3	10.1	-49.6	0.0	0.0	0.0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	440 x 440	mm
Depth	400	mm
Anchor	M16 8.8	
Anchoring length	200	mm
Shear force transfer	Anchors	

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.0 < 5%	OK
Anchors	89.2 < 100%	OK
Welds	32.9 < 100%	OK
Concrete block	7.4 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Project:

Project no:

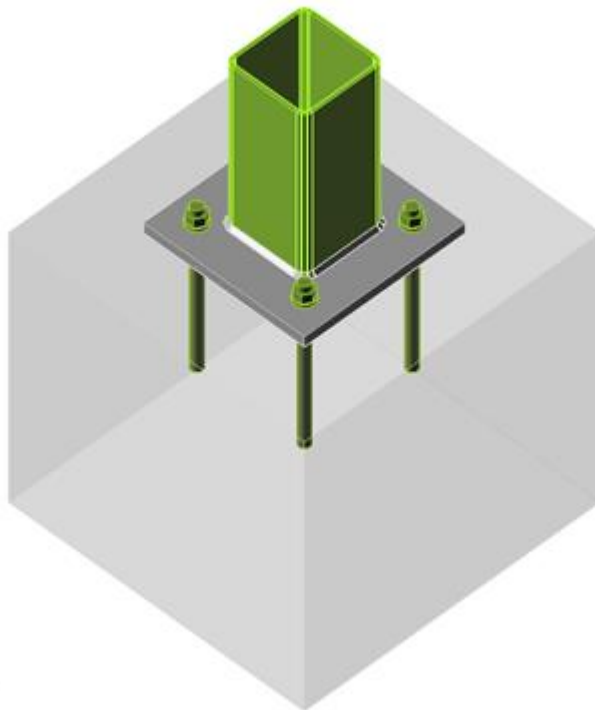
Author:

Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	Status
COL	5.0	LE4	275.0	0.0	OK
BP1	15.0	LE3	54.4	0.0	OK

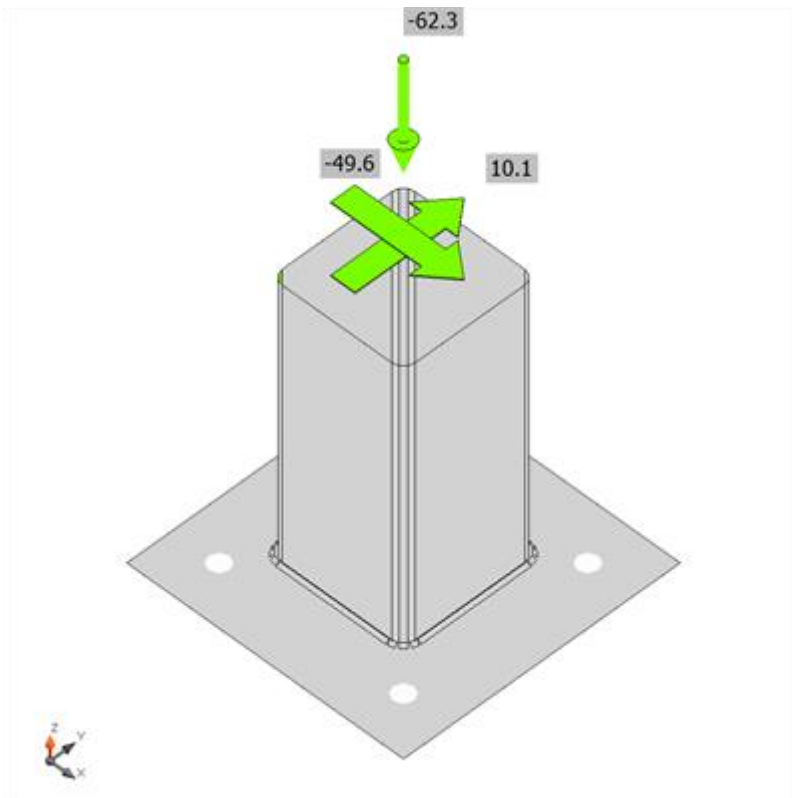
Design data

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275.0	5.0

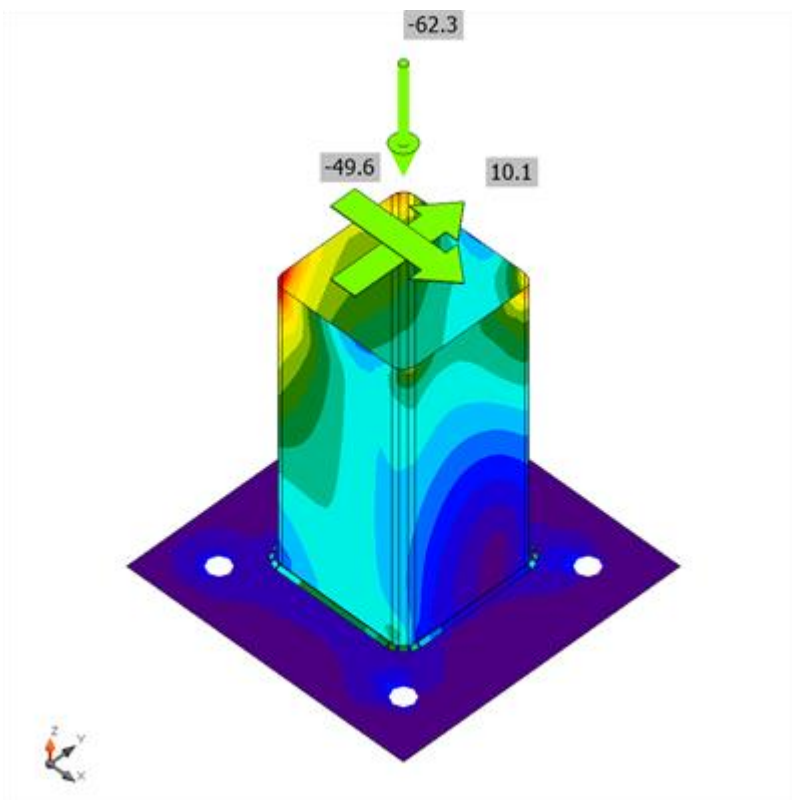


Overall check, LE4 **Error! Bookmark not defined.**

Project:
Project no:
Author:



Strain check, LE4 **Error! Bookmark not defined.**



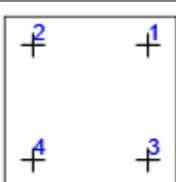
Equivalent stress, LE4 **Error! Bookmark not defined.**

Project:

Project no:

Author:

Anchors

	Name	Loads	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	N _{rdc} [kN]	N _{rdp} [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _s [%]	U _{ts} [%]	V _{Rd,cp} [kN]	V _{Rd,c} [kN]	Status
	A1	LE3	0.0	12.7	0.0	0.0	0.0	206.4	89.2	84.2	32.5	14.3	OK
	A2	LE3	0.0	12.7	0.0	0.0	0.0	206.4	88.9	83.8	32.5	14.3	OK
	A3	LE4	0.0	12.7	0.0	0.0	0.0	206.4	89.2	84.2	32.5	14.3	OK
	A4	LE4	0.0	12.7	0.0	0.0	0.0	206.4	88.9	83.8	32.5	14.3	OK

Design data

Name	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]	V _{rds} [kN]	S _{tf} [MN/m]
M16 8.8 - 1	76.9	243.2	50.2	50.2	330

Detailed result for A1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 76.9 \text{ kN}$$

where:

- $c = 0.85$ – Factor
- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN}$$

where:

- $d_m = 25 \text{ mm}$ – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
- $t_p = 15 \text{ mm}$ – Thickness
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 0.0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \gamma_{inst}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_c = 1.50$ – Safety factor
- $\gamma_{inst} = 1.20$ – Safety factor
- $A_{c,N} = 0 \text{ mm}^2$ – Actual area of concrete cone
- $A_{c,N}^0 = 0 \text{ mm}^2$ – Area of concrete of an individual anchor with large spacing
- $N_{Rk,c}^0 = 123.9 \text{ kN}$ – Characteristic resistance of an anchor

Project:

Project no:

Author:

$$\psi_{s,N} = 1.00 \quad - \text{Factor of distribution of stresses in the concrete}$$

$$\psi_{re,N} = 1.00 \quad - \text{Shell spalling factor}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.00 \quad - \text{Group effect factor}$$

$$h_{ef} = 93 \text{ mm} \quad - \text{Depth of embedment}$$

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 7.50 \quad - \text{Cracked concrete}$$

$$A_h = 0 \text{ mm}^2 \quad - \text{Bearing area}$$

$$f_{ck} = 30.0 \text{ MPa} \quad - \text{Characteristic compressive concrete strength}$$

$$\gamma_{Mc} = 1.80 \quad - \text{Safety factor}$$

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 50.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 62.8 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{Ms} = 1.25 \quad - \text{Safety factor}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad - \text{Stressed cross section of steel}$$

$$f_{uk} = 800.0 \text{ MPa} \quad - \text{Characteristic steel ultimate tensile strength}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 206.4 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = 2.50 \quad - \text{Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = 1.00 \quad - \text{Factor}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad - \text{Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad - \text{Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 15 \text{ mm} \quad - \text{Thickness}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad - \text{Safety factor}$$

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = 14.3 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 21.4 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{Mc} = 1.50 \quad - \text{Safety factor}$$

$$V_{Rk,c}^0 = 31.5 \text{ kN} \quad - \text{Initial value of the characteristic resistance of an anchor}$$

$$A_{c,V} = 49000 \text{ mm}^2 \quad - \text{Actual area of concrete cone of anchorage}$$

$$A_{c,V}^0 = 88200 \text{ mm}^2 \quad - \text{Area of concrete cone of an individual anchor}$$

$$\psi_{s,V} = 1.00 \quad - \text{Factor of the distribution of stresses}$$

$$\psi_{h,V} = 1.22 \quad - \text{Factor of the decrease of shear resistance}$$

Project:

Project no:

Author:

$\psi_{\alpha,V} = 1.00$ – Factor of the angle between the load direction and concrete edge

$\psi_{ec,V} = 1.00$ – Factor of group effect

$\psi_{re,V} = 1.00$ – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 32.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 48.8 \text{ kN}$$

where:

$N_{Rk,c} = 24.4 \text{ kN}$ – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group

$k = 2.00$ – Factor from ETAG 5.2.3.3

$\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{int} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 84.2 \%$$

where:

$\beta_N = 0.00$ – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V = 0.89$ – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha = 1.50$ – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 0.0 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rd,z})} = 89.2 \%$$

Detailed result for A2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 76.9 \text{ kN}$$

where:

$c = 0.85$ – Factor

$k_2 = 0.90$ – Factor

$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN}$$

where:

$d_m = 25 \text{ mm}$ – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p = 15 \text{ mm}$ – Thickness

$f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Project:

Project no:

Author:

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 0.0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_c = 1.50$ – Safety factor
- $\gamma_{inst} = 1.20$ – Safety factor
- $A_{c,N} = 0 \text{ mm}^2$ – Actual area of concrete cone
- $A_{c,N}^0 = 0 \text{ mm}^2$ – Area of concrete of an individual anchor with large spacing
- $N_{Rk,c}^0 = 123.9 \text{ kN}$ – Characteristic resistance of an anchor
- $\psi_{s,N} = 1.00$ – Factor of distribution of stresses in the concrete
- $\psi_{re,N} = 1.00$ – Shell spalling factor
- $\psi_{ec,N} = 1.00$ – Group effect factor
- $h_{ef} = 93 \text{ mm}$ – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

- $k_2 = 7.50$ – Cracked concrete
- $A_h = 0 \text{ mm}^2$ – Bearing area
- $f_{ck} = 30.0 \text{ MPa}$ – Characteristic compressive concrete strength
- $\gamma_{Mc} = 1.80$ – Safety factor

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 50.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 62.8 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_{Ms} = 1.25$ – Safety factor
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Stressed cross section of steel
- $f_{uk} = 800.0 \text{ MPa}$ – Characteristic steel ultimate tensile strength

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 206.4 \text{ kN}$$

where:

- $k_1 = 2.50$ – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer
- $\alpha_b = 1.00$ – Factor
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
- $d = 16 \text{ mm}$ – Nominal diameter of the fastener
- $t = 15 \text{ mm}$ – Thickness
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = 14.3 \text{ kN}$$

Project:

Project no:

Author:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 21.4 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor
- $V_{Rk,c}^0 = 31.5 \text{ kN}$ – Initial value of the characteristic resistance of an anchor
- $A_{c,V} = 49000 \text{ mm}^2$ – Actual area of concrete cone of anchorage
- $A_{c,V}^0 = 88200 \text{ mm}^2$ – Area of concrete cone of an individual anchor
- $\psi_{s,V} = 1.00$ – Factor of the distribution of stresses
- $\psi_{h,V} = 1.22$ – Factor of the decrease of shear resistance
- $\psi_{\alpha,V} = 1.00$ – Factor of the angle between the load direction and concrete edge
- $\psi_{ec,V} = 1.00$ – Factor of group effect
- $\psi_{re,V} = 1.00$ – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 32.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 48.8 \text{ kN}$$

where:

- $N_{Rk,c} = 24.4 \text{ kN}$ – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group
- $k = 2.00$ – Factor from ETAG 5.2.3.3
- $\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{int} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 83.8 \%$$

where:

- $\beta_N = 0.00$ – Ratio between design action and design resistance for tension
- $\beta_V = 0.89$ – Ratio between design action and design resistance for shear
- $\alpha = 1.50$ – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 0.0 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rd,c})} = 88.9 \%$$

Detailed result for A3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 76.9 \text{ kN}$$

where:

- $c = 0.85$ – Factor
- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt

Project:

Project no:

Author:

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 15 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 0.0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_c = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

$$\gamma_{inst} = 1.20 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_{c,N} = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Actual area of concrete cone}$$

$$A_{c,N}^0 = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Area of concrete of an individual anchor with large spacing}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 123.9 \text{ kN} \quad \text{– Characteristic resistance of an anchor}$$

$$\psi_{s,N} = 1.00 \quad \text{– Factor of distribution of stresses in the concrete}$$

$$\psi_{re,N} = 1.00 \quad \text{– Shell spalling factor}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.00 \quad \text{– Group effect factor}$$

$$h_{ef} = 93 \text{ mm} \quad \text{– Depth of embedment}$$

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 7.50 \quad \text{– Cracked concrete}$$

$$A_h = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Bearing area}$$

$$f_{ck} = 30.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic compressive concrete strength}$$

$$\gamma_{Mc} = 1.80 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 50.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 62.8 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{Ms} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Stressed cross section of steel}$$

$$f_{uk} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic steel ultimate tensile strength}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_s f_t d_t}{\gamma_{M2}} = 206.4 \text{ kN}$$

where:

Project:

Project no:

Author:

- $k_1 = 2.50$ – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer
- $\alpha_b = 1.00$ – Factor
- $f_u = 430.0$ MPa – Ultimate strength
- $d = 16$ mm – Nominal diameter of the fastener
- $t = 15$ mm – Thickness
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} = 14.3 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 21.4 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor
- $V_{Rk,c}^0 = 31.5$ kN – Initial value of the characteristic resistance of an anchor
- $A_{c,V} = 49000$ mm² – Actual area of concrete cone of anchorage
- $A_{c,V}^0 = 88200$ mm² – Area of concrete cone of an individual anchor
- $\psi_{s,V} = 1.00$ – Factor of the distribution of stresses
- $\psi_{h,V} = 1.22$ – Factor of the decrease of shear resistance
- $\psi_{\alpha,V} = 1.00$ – Factor of the angle between the load direction and concrete edge
- $\psi_{ec,V} = 1.00$ – Factor of group effect
- $\psi_{re,V} = 1.00$ – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 32.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 48.8 \text{ kN}$$

where:

- $N_{Rk,c} = 24.4$ kN – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group
- $k = 2.00$ – Factor from ETAG 5.2.3.3
- $\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{ts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 84.2 \%$$

where:

- $\beta_N = 0.00$ – Ratio between design action and design resistance for tension
- $\beta_V = 0.89$ – Ratio between design action and design resistance for shear
- $\alpha = 1.50$ – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 0.0 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rd,c})} = 89.2 \%$$

Project:

Project no:

Author:

Detailed result for A4

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{c k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 76.9 \text{ kN}$$

where:

- $c = 0.85$ – Factor
- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN}$$

where:

- $d_m = 25 \text{ mm}$ – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
- $t_p = 15 \text{ mm}$ – Thickness
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 0.0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \gamma_{inst}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_c = 1.50$ – Safety factor
- $\gamma_{inst} = 1.20$ – Safety factor
- $A_{c,N} = 0 \text{ mm}^2$ – Actual area of concrete cone
- $A_{c,N}^0 = 0 \text{ mm}^2$ – Area of concrete of an individual anchor with large spacing
- $N_{Rk,c}^0 = 123.9 \text{ kN}$ – Characteristic resistance of an anchor
- $\psi_{s,N} = 1.00$ – Factor of distribution of stresses in the concrete
- $\psi_{re,N} = 1.00$ – Shell spalling factor
- $\psi_{ec,N} = 1.00$ – Group effect factor
- $h_{ef} = 93 \text{ mm}$ – Depth of embedment

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

- $k_2 = 7.50$ – Cracked concrete
- $A_h = 0 \text{ mm}^2$ – Bearing area
- $f_{ck} = 30.0 \text{ MPa}$ – Characteristic compressive concrete strength
- $\gamma_{Mc} = 1.80$ – Safety factor

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

Project:

Project no:

Author:

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} = 50.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 62.8 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{MS} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Stressed cross section of steel}$$

$$f_{uk} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic steel ultimate tensile strength}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 206.4 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = 2.50 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = 1.00 \quad \text{– Factor}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 15 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} = 14.3 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 21.4 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{MC} = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

$$V_{Rk,c}^0 = 31.5 \text{ kN} \quad \text{– Initial value of the characteristic resistance of an anchor}$$

$$A_{c,V} = 49000 \text{ mm}^2 \quad \text{– Actual area of concrete cone of anchorage}$$

$$A_{c,V}^0 = 88200 \text{ mm}^2 \quad \text{– Area of concrete cone of an individual anchor}$$

$$\psi_{s,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of the distribution of stresses}$$

$$\psi_{h,V} = 1.22 \quad \text{– Factor of the decrease of shear resistance}$$

$$\psi_{\alpha,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of the angle between the load direction and concrete edge}$$

$$\psi_{ec,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of group effect}$$

$$\psi_{re,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of the type of reinforcement}$$

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 32.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 48.8 \text{ kN}$$

where:

$$N_{Rk,c} = 24.4 \text{ kN} \quad \text{– Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group}$$

$$k = 2.00 \quad \text{– Factor from ETAG 5.2.3.3}$$

$$\gamma_{MC} = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{int} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 83.8 \text{ \%}$$

where:

Project:

Project no:



Author:

$\beta_N = 0.00$ – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V = 0.89$ – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha = 1.50$ – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 0.0 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,sp}; V_{Rd,c})} = 88.9 \%$$

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{\perp} [MPa]	T_{\parallel} [MPa]	T_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
BP1	COL	▲4.0	442	LE3	133.2	0.0	-50.0	-63.8	31.7	32.9	20.8	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 275	0.85	404.7	309.6

Detailed result for BP1 COL

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\parallel}^2 + \tau_{\perp}^2)]^{0.5} = 133.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9 f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 50.0 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength

$\beta_w = 0.85$ – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 32.9 \%$$

Concrete block

Item	Loads	c [mm]	A_{eff} [mm ²]	σ [MPa]	k_j [-]	F_{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LE5	24	23840	2.6	2.65	35.6	7.4	OK

Detailed result for CB 1

Concrete block compressive resistance check (EN 1993-1-8 6.2.5)

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}} = 2.6 \text{ MPa}$$

Project:

Project no:

Author:

$$F_{jd} = \alpha_{cc} \beta_j k_j f_{ck} / \gamma_c = 35.6 \text{ MPa}$$

where:

$$N = 62.7 \text{ kN} \quad \text{– Design normal force}$$

$$A_{eff} = 23840 \text{ mm}^2 \quad \text{– Effective area, on which the column force N is distributed}$$

$$\alpha_{cc} = 1.00 \quad \text{– Long-term effects on Fcd}$$

$$\beta_j = 0.67 \quad \text{– Joint coefficient } \beta_j$$

$$k_j = 2.65 \quad \text{– Concentration factor}$$

$$f_{ck} = 30.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic compressive concrete strength}$$

$$\gamma_c = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

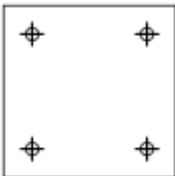
$$U_t = \frac{\sigma}{F_{jd}} = 7.4 \%$$

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Bill of material

Manufacturing operations

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
BP1	P15.0x240.0-240.0 (S 275)		1	Fillet: a = 4.0	442.1	M16 8.8	4

Welds

Type	Material	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Length [mm]
Fillet	S 275	4.0	5.7	442.1

Anchors

Name	Length [mm]	Drill length [mm]	Count
M16 8.8	215	200	4

Project:

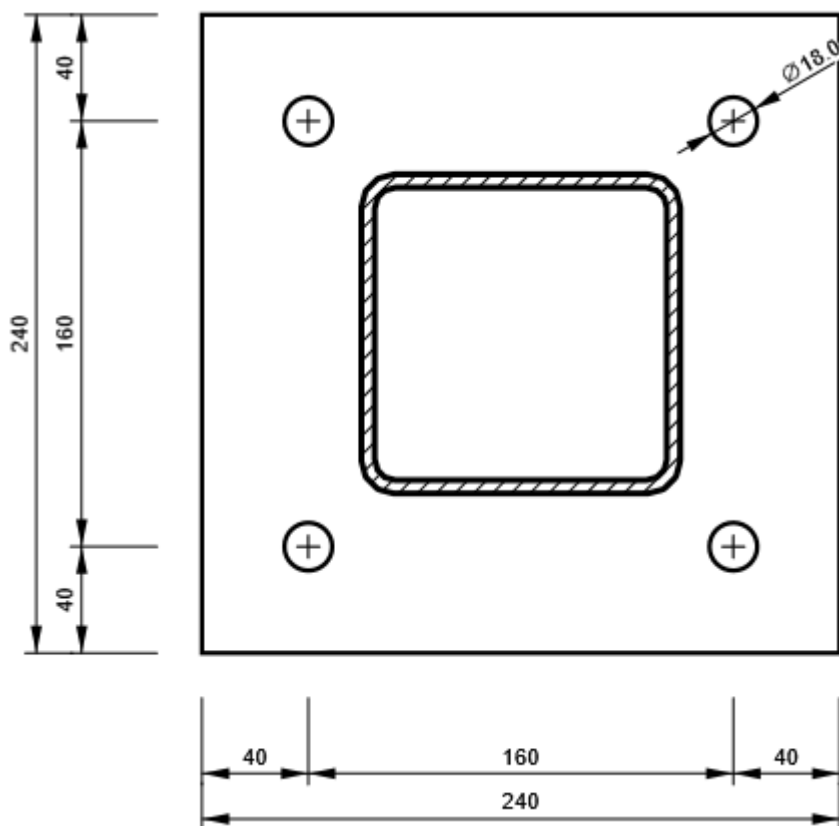
Project no:

Author:

Drawing

BP1

P15.0x240-240 (S 275)



Symbol explanation

Symbol	Symbol explanation
ϵ_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ϵ_{lim}	Limit of plastic strain
$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
$F_{t,Ed}$	Tension force
V	Resultant of shear forces V_y, V_z in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN 1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
U_t	Utilization in tension
U_s	Utilization in shear
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
σ_{\perp}	Perpendicular stress
T_{\parallel}	Shear stress parallel to weld axis
T_{\perp}	Shear stress perpendicular to weld axis

Project:

Project no:

Author:

$0.9 \sigma_{w,Rd}$	Perpendicular stress resistance - $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Ut _c	Weld capacity utilization
c	Bearing width
A _{eff}	Effective area
σ	Average stress in concrete
k _j	Concentration factor

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
γ_{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1.20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Joint coefficient β_j	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0.10	-	
Friction coefficient - concrete	0.25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0.05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance	Yes		ETAG 001-C
Use calculated α_b in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		
Local deformation check	No		
Local deformation limit	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Large deformations for hollow sections

Project:
Project no:
Author:

Material

Steel S 275

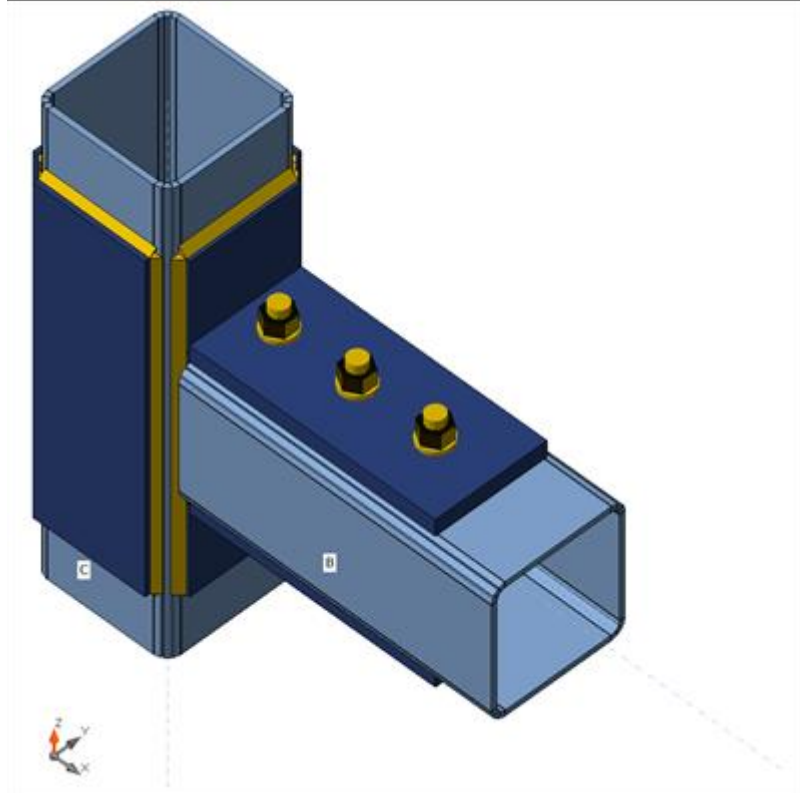
Project item A

Design

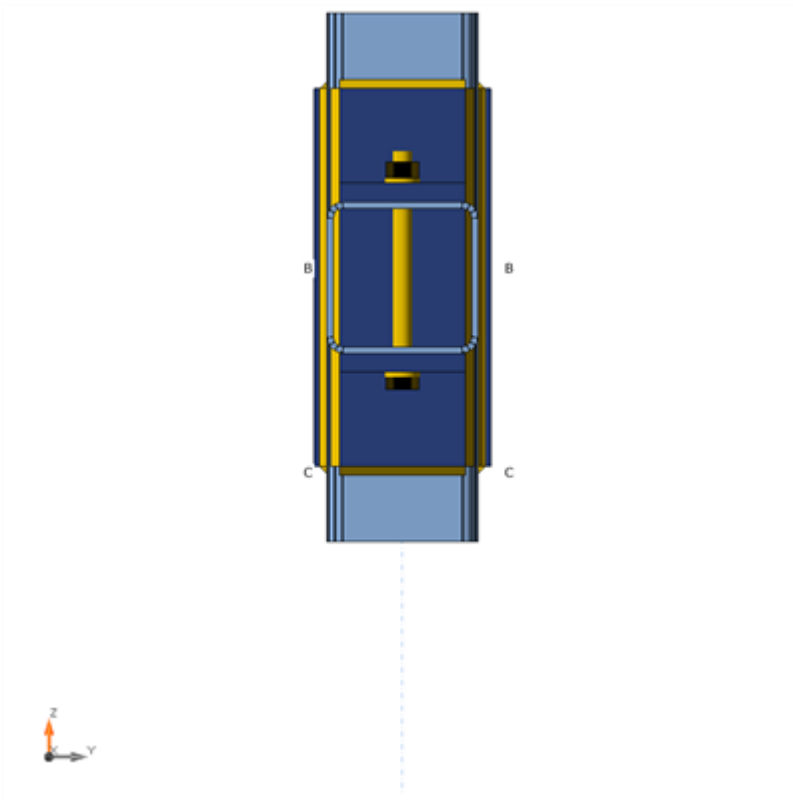
Name A
Description
Analysis Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
C	1 - SHS120/120/5.0	0.0	-90.0	0.0	0	0	0	Node
B	1 - SHS120/120/5.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	Node



Project:
 Project no:
 Author:



Cross-sections

Name	Material
1 - SHS120/120/5.0	S 275

Cross-sections

Name	Material	Drawing
1 - SHS120/120/5.0	S 275	

Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16	800.0	201

Project:

Project no:

Author:

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	B	-43.9	0.1	-30.4	0.0	-14.1	0.0
LE2	B	-0.1	0.0	-0.3	0.0	0.0	0.0
LE3	B	-43.9	0.1	-30.4	0.0	-14.1	0.0
LE4	B	-43.9	-0.1	30.4	0.0	-14.1	0.0
LE5	B	-5.6	0.0	0.0	0.0	10.5	0.0
LE6	B	-2.7	0.0	-0.9	0.0	4.9	1.2

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	2.5 < 5.0%	OK
Bolts	84.2 < 100%	OK
Welds	98.0 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	
GMNA	Calculated	

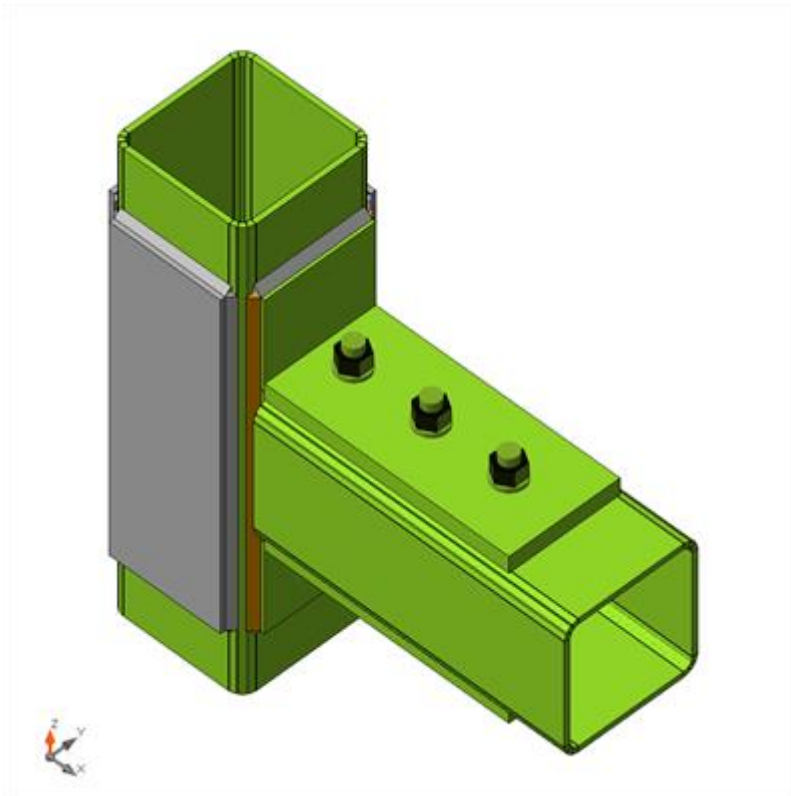
Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
C	5.0	LE1	275.9	0.4	0.0	OK
B	5.0	LE1	280.2	2.5	156.7	OK
FP1	15.0	LE1	275.4	0.2	156.7	OK
FP2	15.0	LE4	275.9	0.4	36.9	OK
SP1	10.0	LE3	64.9	0.0	0.0	OK
SP2	10.0	LE3	72.6	0.0	0.0	OK
SP3	10.0	LE3	72.6	0.0	0.0	OK
SP4	10.0	LE4	275.0	0.0	0.0	OK

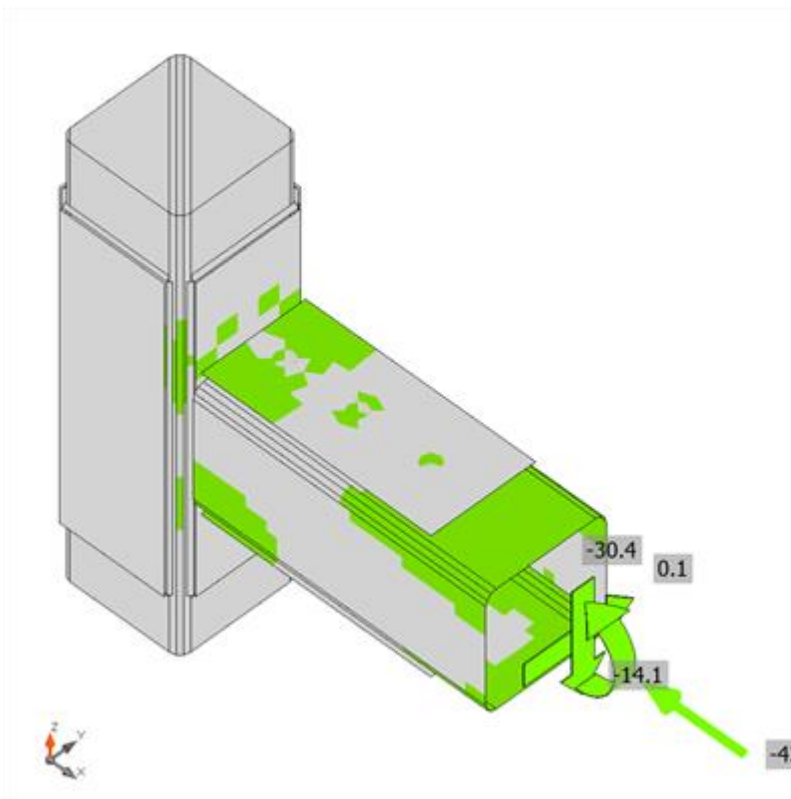
Design data

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275.0	5.0

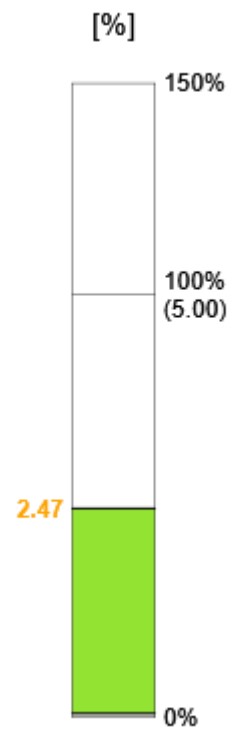
Project:
Project no:
Author:



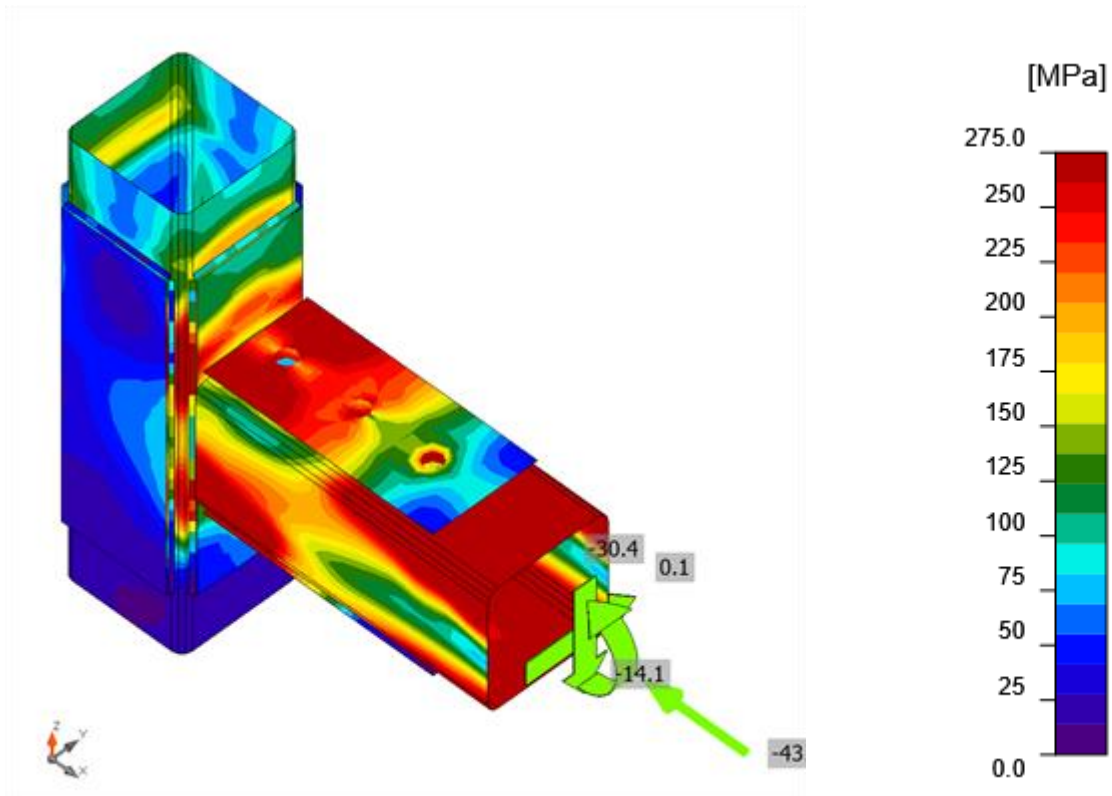
Overall check, LE1



Strain check, LE1



Project:
 Project no:
 Author:



Equivalent stress, LE1

Bolts

	Name	Loads	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _s [%]	U _{ts} [%]	Status
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 1 2 3 </div>	B1	LE1	1.5	44.3	1.7	38.2	84.2	74.6	OK
	B2	LE1	2.2	45.5	2.4	68.8	75.5	77.2	OK
	B3	LE1	10.2	45.5	11.3	68.8	75.5	83.5	OK

Design data

Name	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]
M16 8.8 - 1	90.4	243.2	60.3

Detailed result for B1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 1.5 \text{ kN}$$

where:

- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt

Project:

Project no:

Author:

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN} \geq F_t = 1.5 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 15 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 44.3 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 38.2 \text{ kN} \geq V = 32.2 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.56 \quad \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer}$$

$$e_2 = 47 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts perpendicular to the shear force}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm} \quad \text{– Bolt hole diameter}$$

$$e_1 = 30 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge in the direction of the shear force}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts in the direction of the shear force}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 5 \text{ mm} \quad \text{– Thickness of the plate}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 74.6 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 1.7 \%$$

Project:

Project no:

Author:

Utilization in shear

$$U_{sz} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 84.2 \%$$

Detailed result for B2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 2.2 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} k_2 &= 0.90 && \text{– Factor} \\ f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\ A_s &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN} \geq F_t = 2.2 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} d_m &= 25 \text{ mm} && \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller} \\ t_p &= 15 \text{ mm} && \text{– Thickness} \\ f_u &= 430.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate strength} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 45.5 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1.00 && \text{– Reducing factor} \\ \alpha_v &= 0.60 && \text{– Reducing factor} \\ f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\ A &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 68.8 \text{ kN} \geq V = 49.1 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50 && \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 1.00 && \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer} \\ e_2 &= 47 \text{ mm} && \text{– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force} \\ p_2 &= \infty \text{ mm} && \text{– Distance between bolts perpendicular to the shear force} \\ d_0 &= 18 \text{ mm} && \text{– Bolt hole diameter} \end{aligned}$$

Project:

Project no:

Author:

$$e_1 = 180 \text{ mm}$$

– Distance to the plate edge in the direction of the shear force

$$p_1 = 70 \text{ mm}$$

– Distance between bolts in the direction of the shear force

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$$

– Ultimate tensile strength of the bolt

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

– Ultimate strength

$$d = 16 \text{ mm}$$

– Nominal diameter of the fastener

$$t = 5 \text{ mm}$$

– Thickness of the plate

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 77.2 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 2.4 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 75.5 \%$$

Detailed result for B3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 10.2 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN} \geq F_t = 10.2 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 15 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 45.5 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

Project:

Project no:

Author:

C-w 3	SP1	▲4.0	300	LE3	151.3	0.0	38.5	83.9	-10.5	37.4	11.3	OK
C-w 3	SP1	▲4.0	300	LE3	151.4	0.0	39.0	-83.8	-10.5	37.4	11.3	OK
C-w 4	SP2	▲4.0	300	LE3	183.7	0.0	-15.8	-104.6	15.1	45.4	22.6	OK
C-w 4	SP2	▲4.0	300	LE3	127.4	0.0	31.9	-71.2	2.6	31.5	13.0	OK
C-w 2	SP3	▲4.0	300	LE3	127.5	0.0	31.5	-71.3	-2.6	31.5	13.0	OK
C-w 2	SP3	▲4.0	300	LE3	183.8	0.0	-15.8	-104.6	-15.1	45.4	22.6	OK
C-w 1	SP4	▲5.0	300	LE3	396.7	0.0	-298.3	37.6	-146.2	98.0	43.1	OK
C-w 1	SP4	▲5.0	300	LE3	396.7	0.0	-298.7	-37.6	-145.9	98.0	43.1	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 275	0.85	404.7	309.6

Detailed result for C-w 3 C

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 87.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 42.4 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 21.6 \%$$

Detailed result for C-w 3 C

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 38.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 14.5 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 9.4 \%$$

Detailed result for C-w 4 C

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

Project:

Project no:

Author:

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 56.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 26.6 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 14.0 \%$$

Detailed result for C-w 4 C

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 42.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 14.9 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 10.5 \%$$

Detailed result for C-w 2 C

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 56.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 26.7 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 14.0 \%$$

Detailed result for C-w 2 C

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

Project:

Project no:

Author:

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 34.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 8.5 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 8.6 \%$$

Detailed result for C-w 1 C

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 113.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 31.8 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 28.0 \%$$

Detailed result for C-w 1 C

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 55.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 20.4 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 13.7 \%$$

Detailed result for C-w 1 FP1

Project:

Project no:



Author:

Butt welds are assumed as full penetration and are not checked. Their resistance is assumed the same as that of the welded member -EN 1993 - 1 - 8 - 4.7.1.

Detailed result for C-w 1 FP2

Butt welds are assumed as full penetration and are not checked. Their resistance is assumed the same as that of the welded member -EN 1993 - 1 - 8 - 4.7.1.

Detailed result for SP4 FP2

Butt welds are assumed as full penetration and are not checked. Their resistance is assumed the same as that of the welded member -EN 1993 - 1 - 8 - 4.7.1.

Detailed result for SP4 FP1

Butt welds are assumed as full penetration and are not checked. Their resistance is assumed the same as that of the welded member -EN 1993 - 1 - 8 - 4.7.1.

Detailed result for C-w 3 SP1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 151.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 38.5 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 37.4 \%$$

Detailed result for C-w 3 SP1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 151.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 39.0 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

Project:

Project no:

Author:

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 37.4 \quad \%$$

Detailed result for C-w 4 SP2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 183.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 15.8 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 45.4 \quad \%$$

Detailed result for C-w 4 SP2

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 127.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 31.9 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 31.5 \quad \%$$

Detailed result for C-w 2 SP3

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 127.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 31.5 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

Project:

Project no:

Author:

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 31.5 \quad \%$$

Detailed result for C-w 2 SP3

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 183.8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 15.8 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 45.4 \quad \%$$

Detailed result for C-w 1 SP4

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 396.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 298.3 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 98.0 \quad \%$$

Detailed result for C-w 1 SP4

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 396.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 298.7 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

Project:

Project no:

Author:

$\beta_w = 0.85$ – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Stress utilization

$$U_f = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}, \frac{|\sigma_{t,Ed}|}{\sigma_{t,Rd}}\right) = 98.0 \%$$

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Cost estimation

Steel

Steel grade	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
S 275	14.60	2.00	29.20

Welds

Weld type	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Plate thickness [mm]	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
Fillet	4.0	5.7	-	0.30	40.00	12.06
Fillet	5.0	7.1	-	0.16	40.00	6.28
Bevel	-	-	5.0	0.02	50.00	1.18
Bevel	-	-	15.0	0.21	50.00	10.60

Bolts

Bolt assembly	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
M16 8.8	0.61	5.00	3.07

Hole drilling

Bolt assembly cost [€]	Percentage of bolt assembly cost [%]	Cost [€]
3.07	30.0	0.92

Cost summary

Cost estimation summary	Cost [€]
Total estimated cost	63.31







Project:

Project no:

Author:

Bill of material

Manufacturing operations

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
FP1	P15.0x220.0-100.0 (S 275)		1	Butt: a = 15.0	100.0	M16 8.8	3
FP2	P15.0x220.0-100.0 (S 275)		1	Butt: a = 15.0	100.0	M16 8.8	3
SP1	P10.0x300.0-100.0 (S 275)		1				
SP2	P10.0x300.0-100.0 (S 275)		1				
SP3	P10.0x300.0-100.0 (S 275)		1				
SP4	P10.0x300.0-100.0 (S 275)		1				

Welds

Type	Material	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Length [mm]
Butt	S 275	-	-	400.0
Fillet	S 275	4.0	5.7	2400.0
Fillet	S 275	5.0	7.1	800.0

Bolts

Name	Grip length	Count
------	-------------	-------

Project:

Project no:

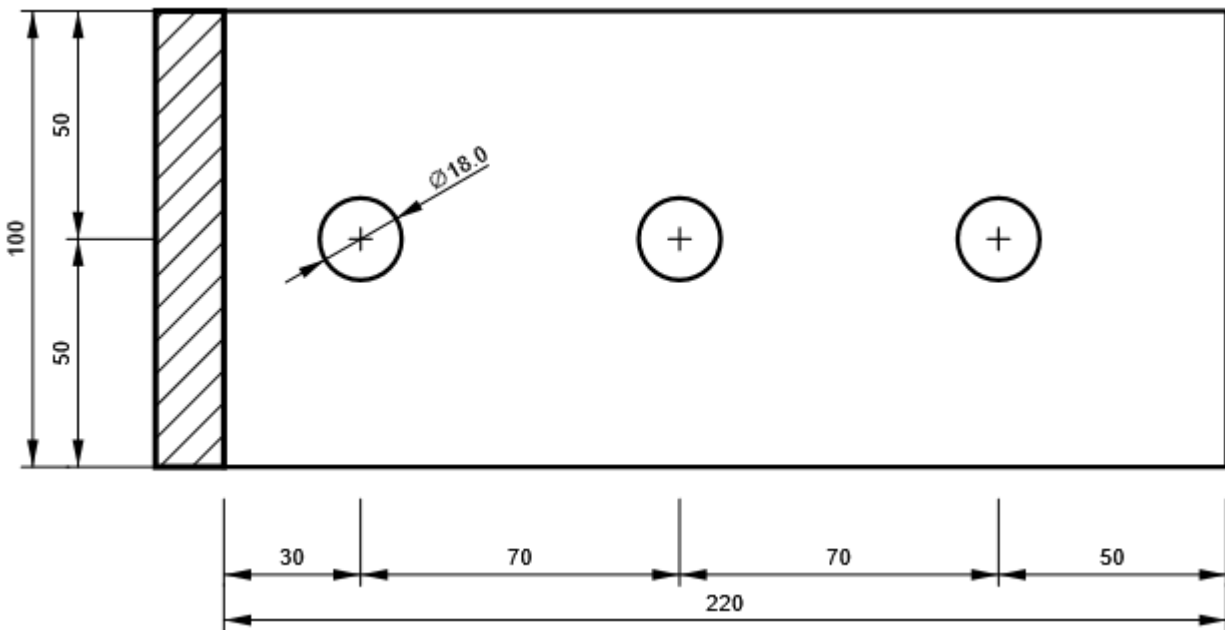
Author:

	[mm]	
M16 8.8	150	3

Drawing

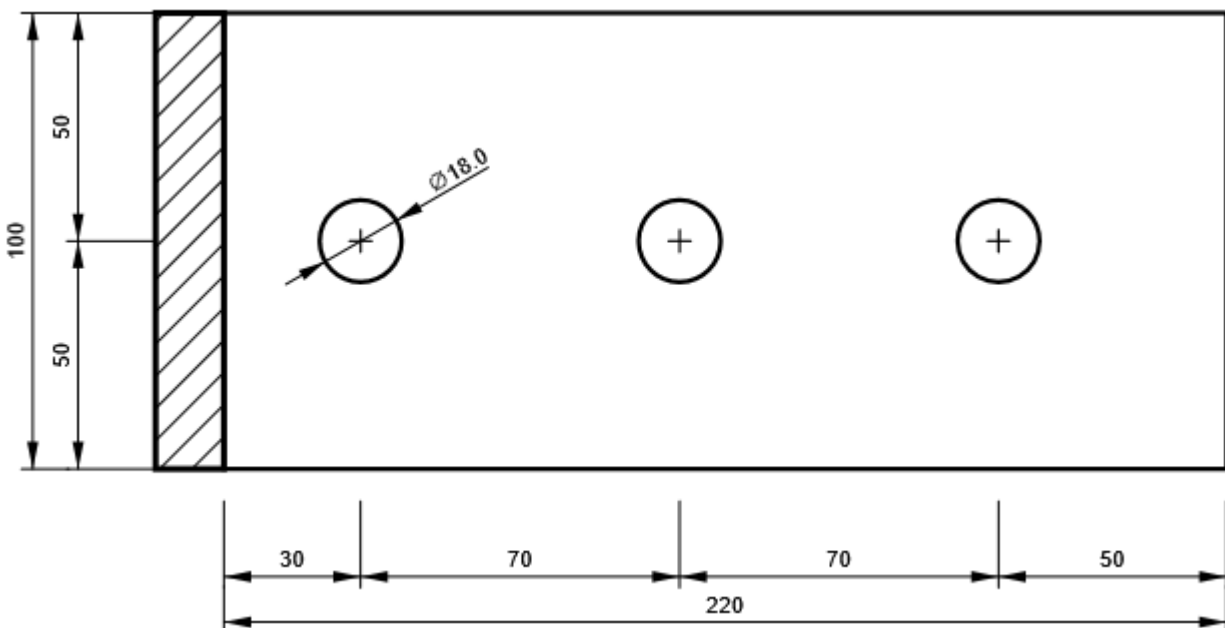
FP1

P15.0x100-220 (S 275)



FP2

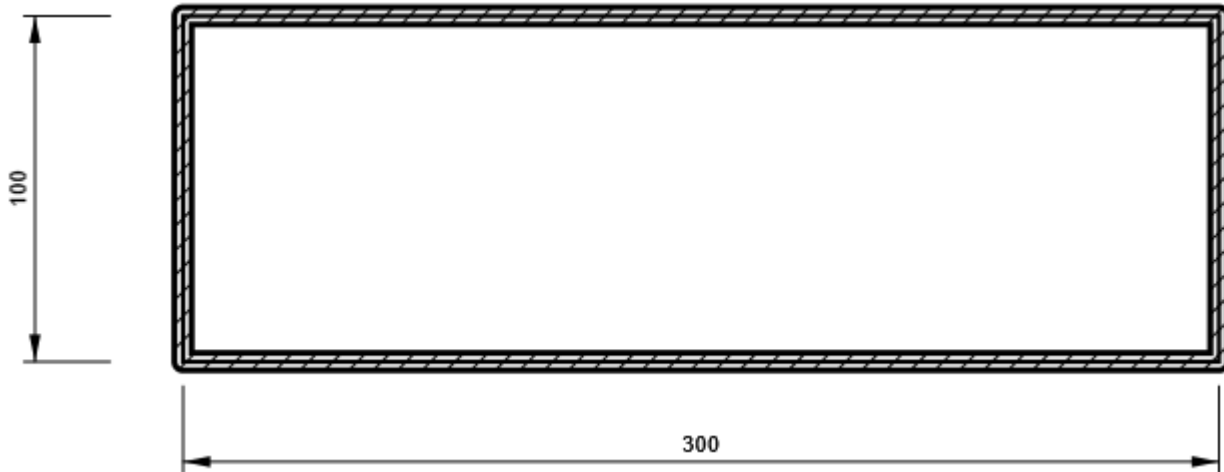
P15.0x100-220 (S 275)



Project:
Project no:
Author:

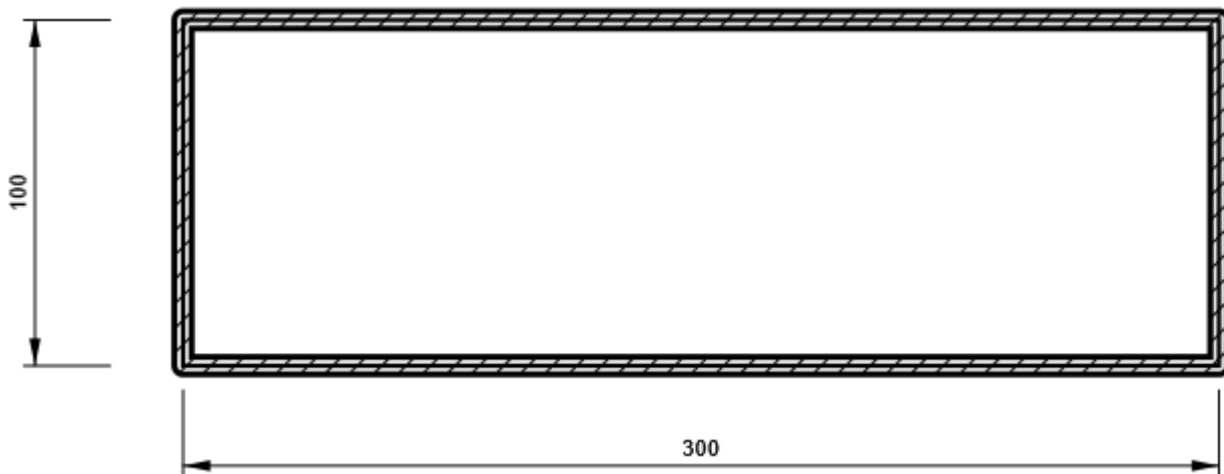
SP1

P10.0x100-300 (S 275)



SP2

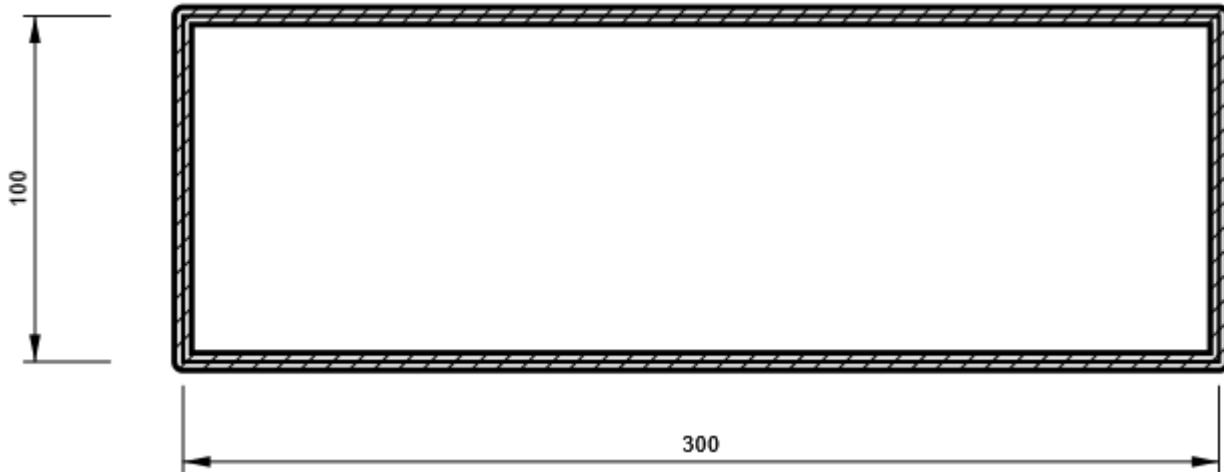
P10.0x100-300 (S 275)



Project:
Project no:
Author:

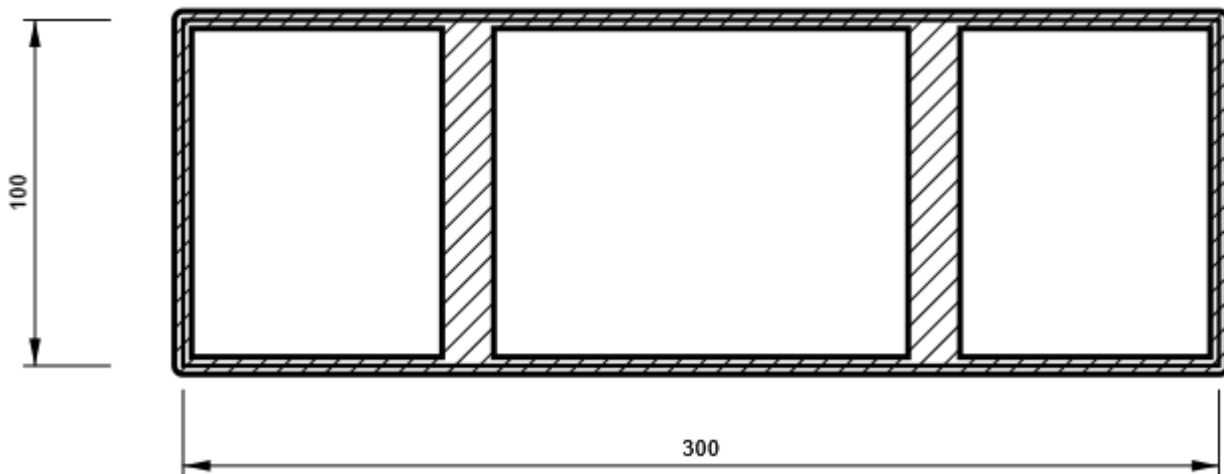
SP3

P10.0x100-300 (S 275)



SP4

P10.0x100-300 (S 275)

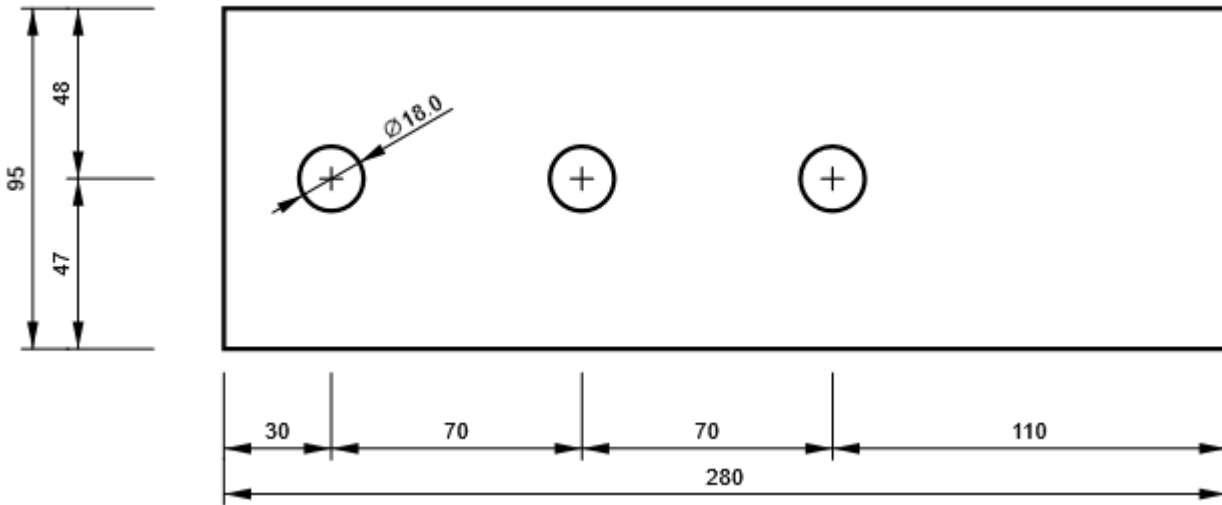


Project:

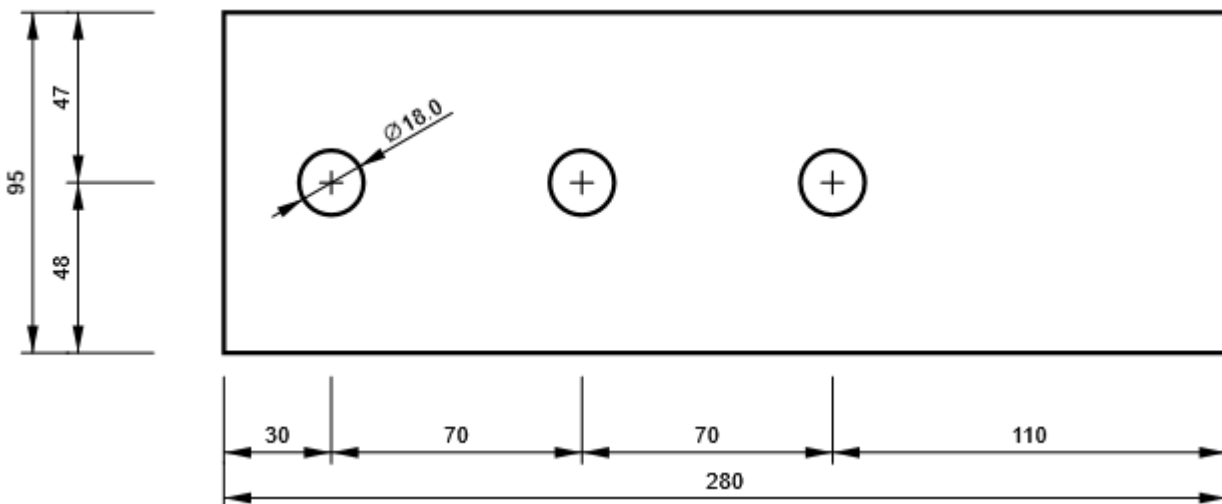
Project no:

Author:

B, SHS120/120/5.0 - Web 1:



B, SHS120/120/5.0 - Web 3:



Project:

Project no:

Author:

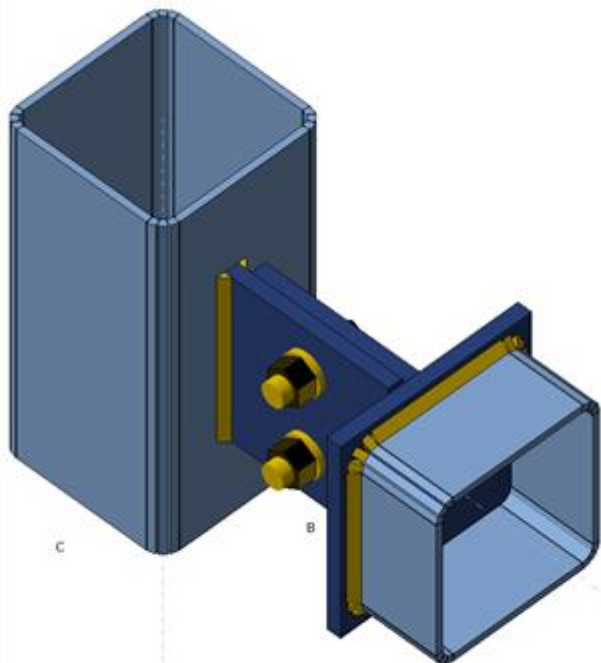
Project item shear connection

Design B

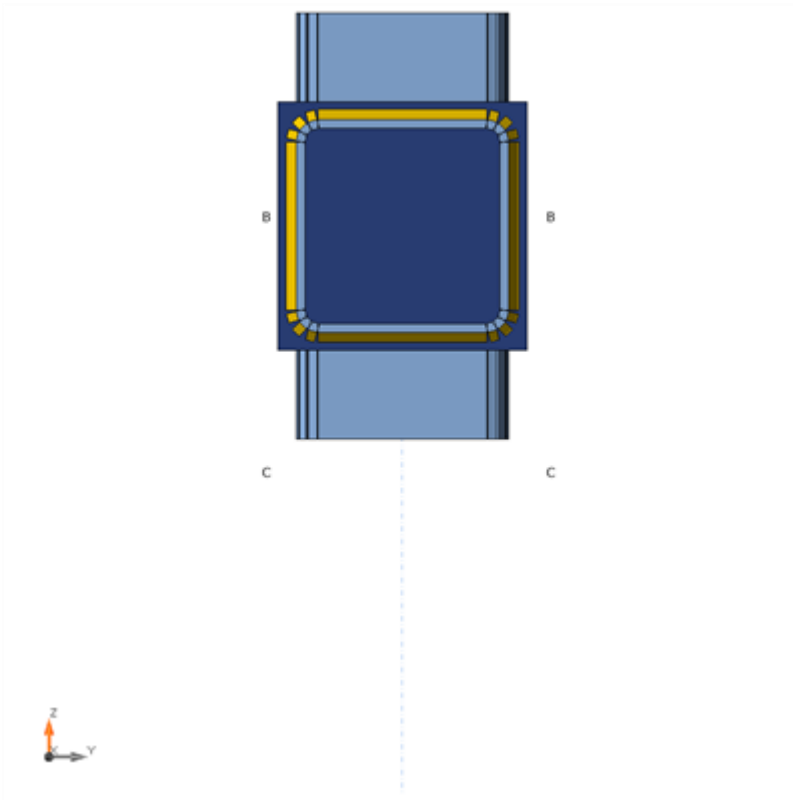
Name shear connection
Description
Analysis Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in	X [mm]
C	1 - SHS120/120/5.0	0.0	-90.0	0.0	0	0	0	Node	0
B	1 - SHS120/120/5.0	0.0	0.0	0.0	0	0	0	Position	180



Project:
 Project no:
 Author:



Cross-sections

Name	Material
1 - SHS120/120/5.0	S 275

Cross-sections

Name	Material	Drawing
1 - SHS120/120/5.0	S 275	

Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16	800.0	201

Project:

Project no:

Author:

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
LE1	B	1.0	0.0	-2.0	0.0	0.0	0.0

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.0 < 5.0%	OK
Bolts	4.8 < 100%	OK
Welds	21.4 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	
GMNA	Calculated	

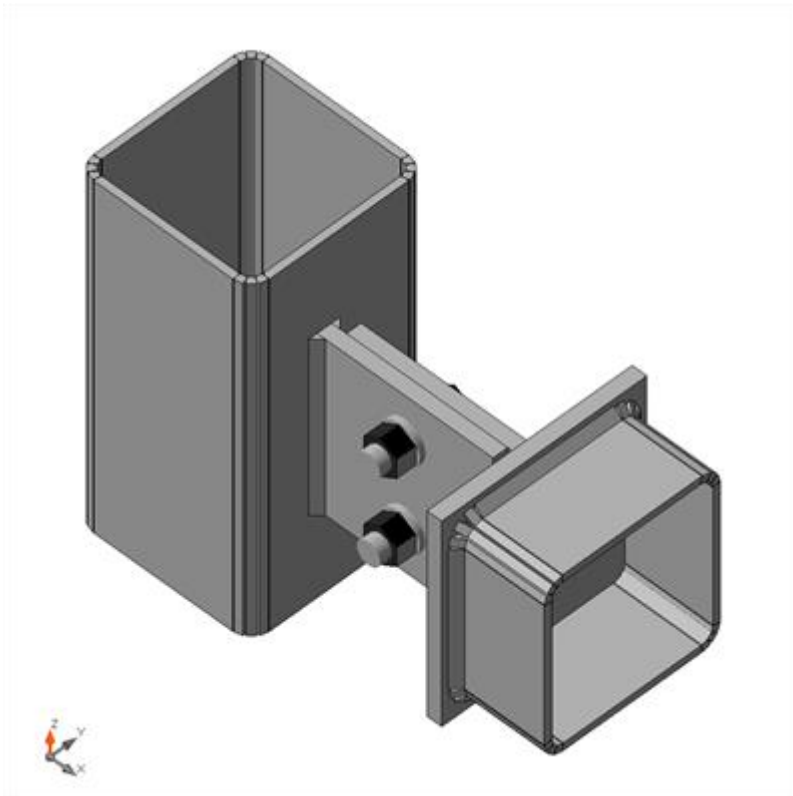
Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
C	5.0	LE1	126.8	0.0	0.0	OK
B	5.0	LE1	4.0	0.0	0.0	OK
CPL1a	10.0	LE1	31.0	0.0	0.4	OK
CPL1b	10.0	LE1	2.6	0.0	0.0	OK
CPL1c	10.0	LE1	14.6	0.0	0.4	OK

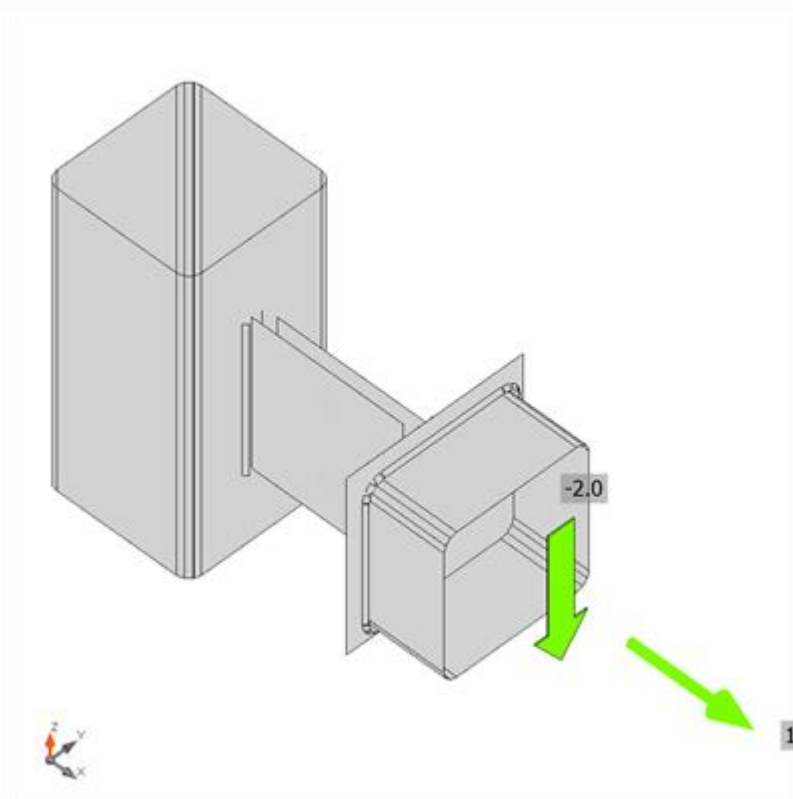
Design data

Material	f _y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275.0	5.0

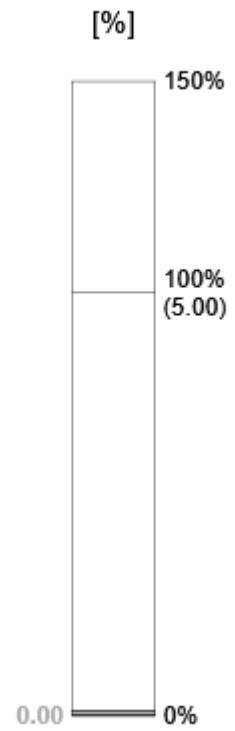
Project:
Project no:
Author:



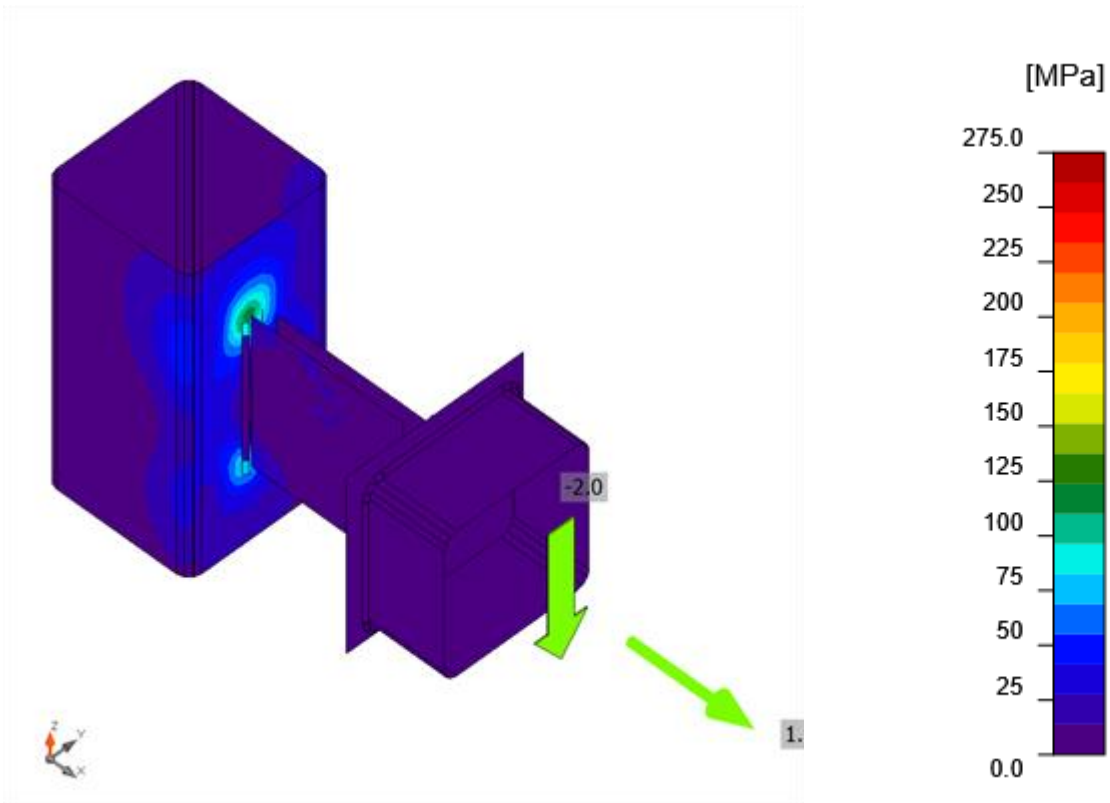
Overall check, LE1



Strain check, LE1



Project:
 Project no:
 Author:



Equivalent stress, LE1

Bolts

	Name	Loads	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _s [%]	U _{ts} [%]	Status
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> + 1 + 2 </div>	B1	LE1	0.4	2.7	0.5	97.3	4.4	4.8	OK
	B2	LE1	0.1	1.8	0.1	85.0	3.0	3.0	OK

Design data

Name	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]
M16 8.8 - 1	90.4	162.1	60.3

Detailed result for B1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 0.4 \text{ kN}$$

where:

- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt

Project:

Project no:

Author:

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 162.1 \text{ kN} \geq F_t = 0.4 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 2.7 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 97.3 \text{ kN} \geq V = 2.7 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.71 \quad \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer}$$

$$e_2 = 30 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts perpendicular to the shear force}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm} \quad \text{– Bolt hole diameter}$$

$$e_1 = 38 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge in the direction of the shear force}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts in the direction of the shear force}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness of the plate}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 4.8 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 0.5 \%$$

Project:

Project no:

Author:

Utilization in shear

$$U_{sz} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 4.4 \%$$

Detailed result for B2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 0.1 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} k_2 &= 0.90 && \text{– Factor} \\ f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\ A_s &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 162.1 \text{ kN} \geq F_t = 0.1 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} d_m &= 25 \text{ mm} && \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller} \\ t_p &= 10 \text{ mm} && \text{– Thickness} \\ f_u &= 430.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate strength} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 1.8 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1.00 && \text{– Reducing factor} \\ \alpha_v &= 0.60 && \text{– Reducing factor} \\ f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\ A &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 85.0 \text{ kN} \geq V = 1.8 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50 && \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.62 && \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer} \\ e_2 &= 30 \text{ mm} && \text{– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force} \\ p_2 &= \infty \text{ mm} && \text{– Distance between bolts perpendicular to the shear force} \\ d_0 &= 18 \text{ mm} && \text{– Bolt hole diameter} \end{aligned}$$

Project:

Project no:

Author:

$$e_1 = 33 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

- Distance to the plate edge in the direction of the shear force
- Distance between bolts in the direction of the shear force
- Ultimate tensile strength of the bolt
- Ultimate strength
- Nominal diameter of the fastener
- Thickness of the plate
- Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 3.0 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 0.1 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 3.0 \%$$

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
CPL1b	B	▲4.0	442	LE1	6.4	0.0	2.9	1.2	-3.1	1.6	0.7	OK
C-w 1	CPL1a	▲4.0▲	120	LE1	79.0	0.0	27.5	-30.2	30.3	19.5	5.0	OK
		▲4.0▲	120	LE1	86.5	0.0	34.8	32.7	-32.0	21.4	4.6	OK
CPL1b	CPL1c	▲4.0▲	120	LE1	9.9	0.0	4.1	-3.4	4.0	2.5	1.1	OK
		▲4.0▲	120	LE1	9.3	0.0	3.5	3.5	-3.5	2.3	1.1	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0.85	404.7	309.6

Detailed result for CPL1b B

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 6.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 2.9 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}, \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 1.6 \%$$

Project:

Project no:

Author:

Detailed result for C-w 1 CPL1a

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 79.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 27.5 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_T = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 19.5 \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 86.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 34.8 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_T = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 21.4 \%$$

Detailed result for CPL1b CPL1c

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 9.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 4.1 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_T = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 2.5 \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 9.3 \text{ MPa}$$

Project:

Project no:

Author:

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u/\gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 3.5 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_f = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 2.3 \%$$

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Cost estimation

Steel

Steel grade	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
S 275	3.80	2.00	7.60

Welds

Weld type	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
Double fillet	4.0	5.7	0.12	40.00	4.63

Bolts

Bolt assembly	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
M16 8.8	0.35	5.00	1.75

Hole drilling

Bolt assembly cost [€]	Percentage of bolt assembly cost [%]	Cost [€]
1.75	30.0	0.53

Cost summary

Cost estimation summary	Cost [€]
Total estimated cost	14.51



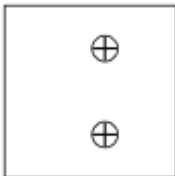
Project:

Project no:

Author:

Bill of material

Manufacturing operations

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
CPL1	P10.0x120.0-120.0 (S 275)		1	Double fillet: a = 4.0 Fillet: a = 4.0	240.0 442.1	M16 8.8	2
	P10.0x140.0-140.0 (S 275)		1				
	P10.0x120.0-120.0 (S 275)		1				

Welds

Type	Material	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Length [mm]
Double fillet	S 275	4.0	5.7	240.0
Fillet	S 275	4.0	5.7	442.1

Bolts

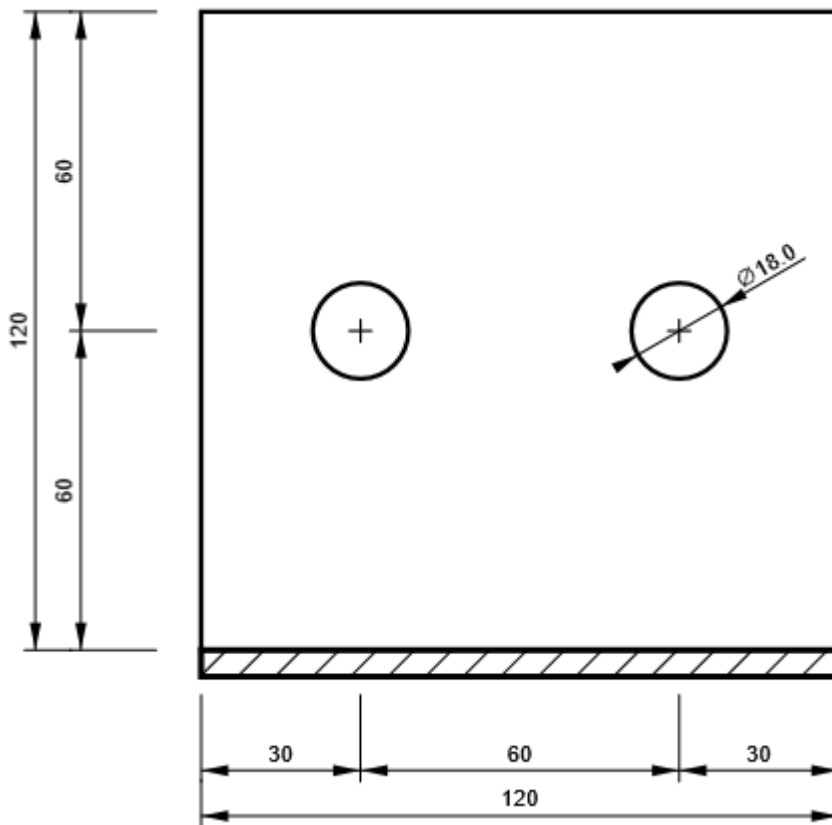
Name	Grip length [mm]	Count
M16 8.8	20	2

Project:
Project no:
Author:

Drawing

CPL1 - CPL1a

P10.0x120-120 (S 275)



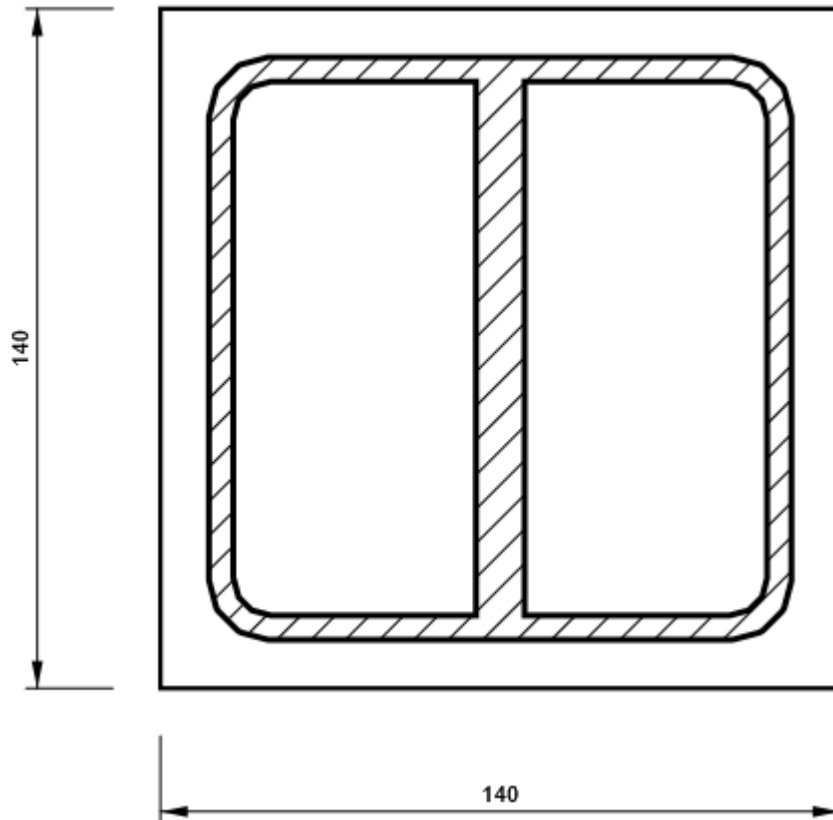
Project:

Project no:

Author:

CPL1 - CPL1b

P10.0x140-140 (S 275)



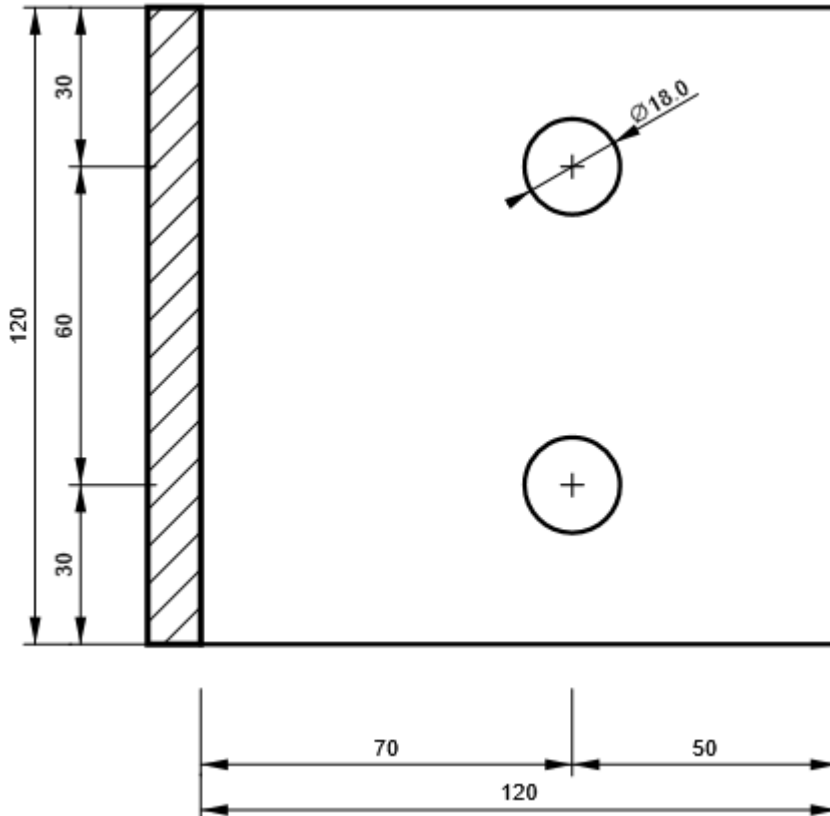
Project:

Project no:

Author:

CPL1 - CPL1c

P10.0x120-120 (S 275)



Symbol explanation

Symbol	Symbol explanation
ϵ_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ϵ_{lim}	Limit of plastic strain
$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
$F_{t,Ed}$	Tension force
V	Resultant of shear forces V_y, V_z in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN 1993-1-8 table 3.4
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
U_t	Utilization in tension
U_s	Utilization in shear
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
σ_{\perp}	Perpendicular stress
$T_{ }$	Shear stress parallel to weld axis
T_{\perp}	Shear stress perpendicular to weld axis
$0.9 \sigma_{w,Rd}$	Perpendicular stress resistance - $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Correlation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
U_t	Utilization
U_{tc}	Weld capacity utilization

Project:

Project no:

Author:

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
γ_{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1.20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Joint coefficient β_j	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0.10	-	
Friction coefficient - concrete	0.25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0.05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance check	Both		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Use calculated α_b in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		EN 1992-4
Local deformation check	No		CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Local deformation limit	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Analysis with large deformations for hollow section joints
Braced system	No		EN 1993-1-8: 5.2.2.5



Anexo2

El cálculo del programa de tipo de perfiles Laminados.

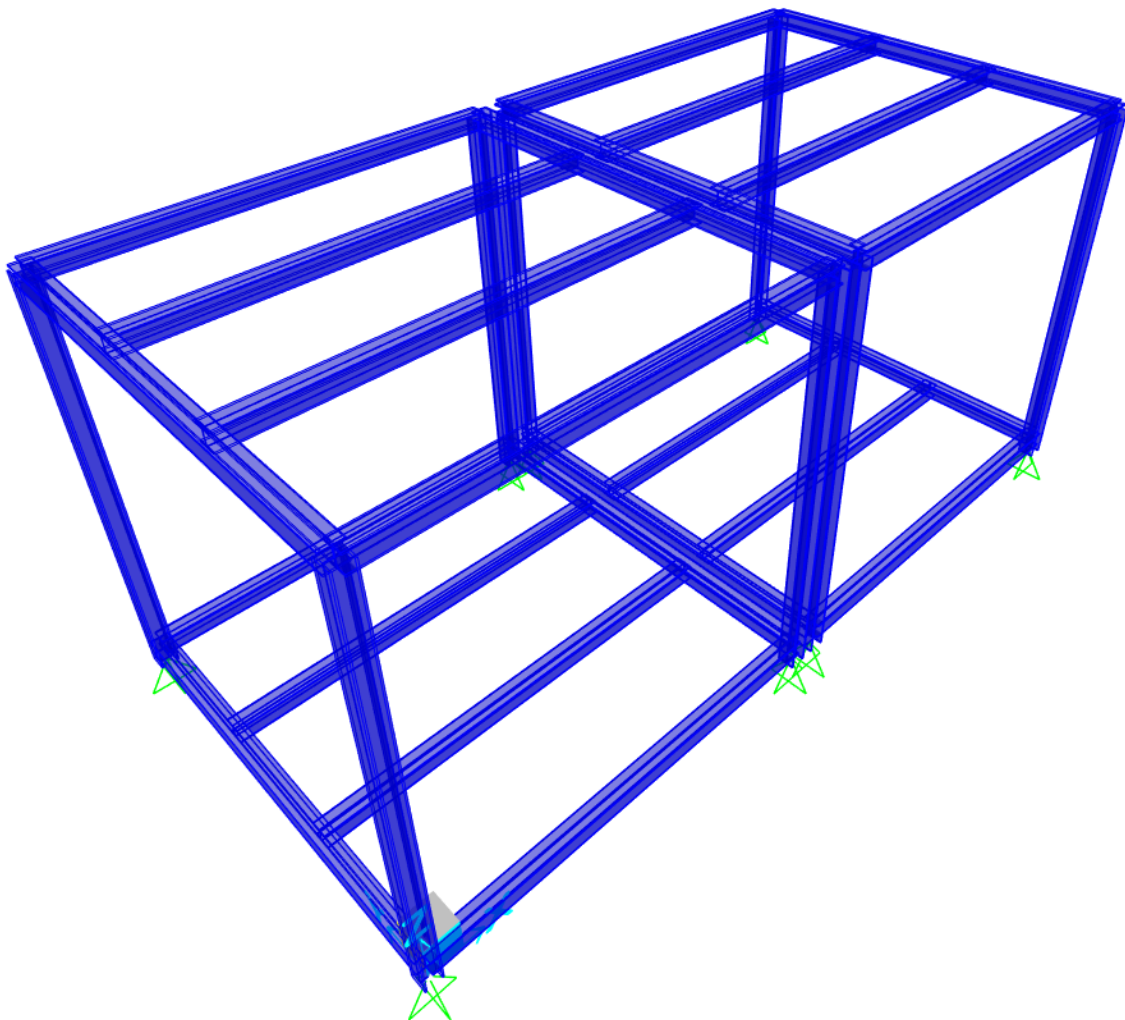
- El cálculo por programas
- La cantidad de las materiales
- El cálculo de los conexiones con detalles

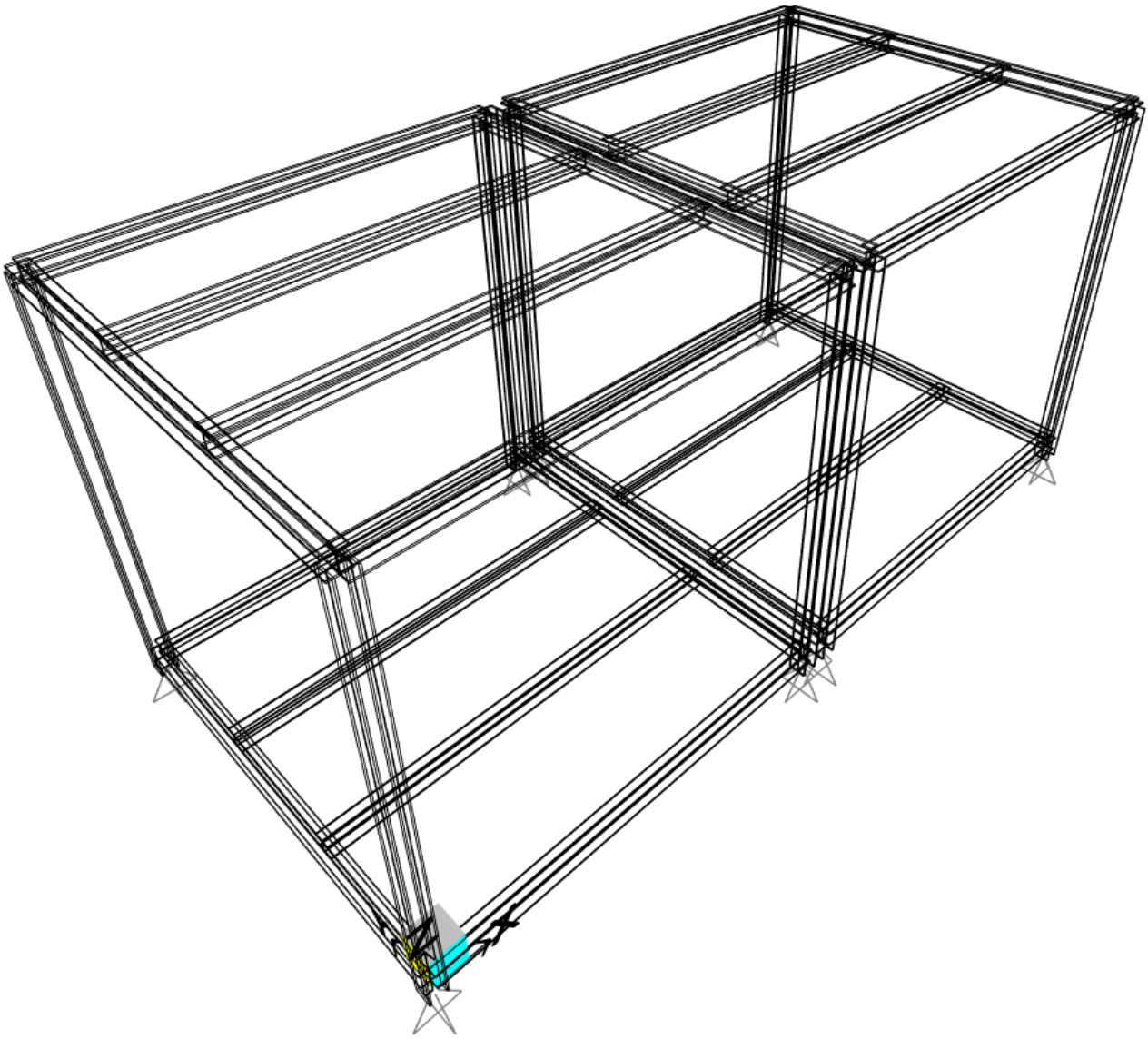
Structural Design

SPAIN

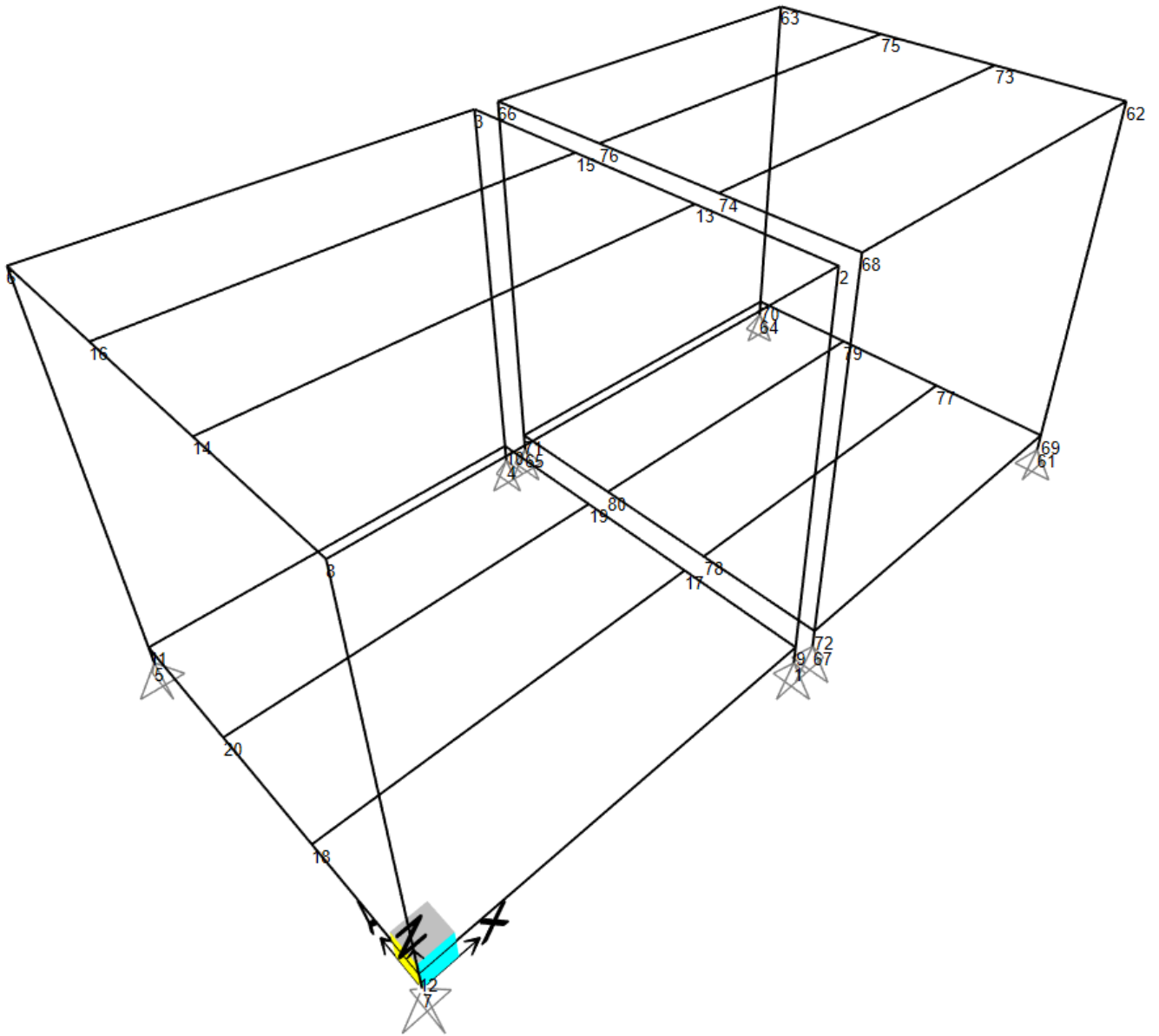
PROJECT NAME:

experimental study

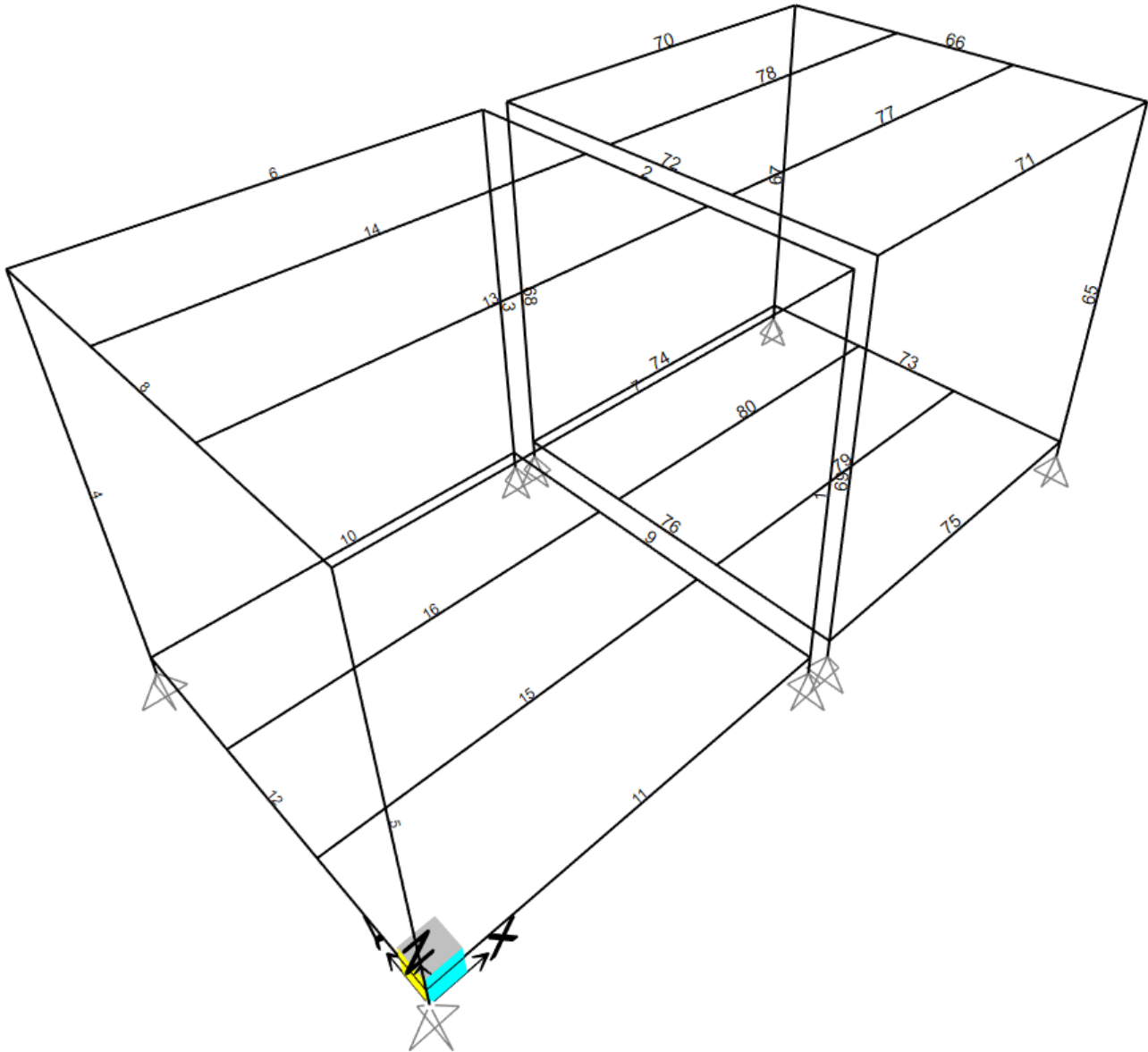




JOINT NUMBER



FRAME NUMBER :



► Table of Contents

SUBJECT	Page
1.0 INTRODUCTION	7
1.1 DESIGN CODES	7
2.0 DESIGN TOOLS & REFERENCES	7
3.0 MATERIAL SPECIFICATIONS.....	7
4.0 DESIGN LOADS.....	7
5.0 LOAD COMBINATIONS.....	9
6.0 LOADS	10
9.0 VERIFICATION OF DEFLECTION AND DRIFT :	13
10.0 DESIGN Design Summary And Ratio:.....	14
11.0 BASE REACTION :	17

LIST OF FIGURES

<i>Figure 1 : (Dead)and Self Weight</i>	10
<i>Figure 10 : Deflection Under Dead+Live Load</i>	13

LIST OF TABLES

<i>Table 1: Primary Load Cases</i>	8
<i>Table 2: Ultimate Load Combination</i>	9
<i>Table 3: Service Load Combination</i>	10

TECHNICAL REPORT

1.0 INTRODUCTION

1.1 DESIGN CODES

All design shall be in accordance with the design criteria, specifications, standards and references set out in this report.

Unless otherwise specified or shown the following Codes and standards of the latest issue shall apply.

- QCS 2014 Qatar Construction Specification 2014
- EUROCODE 3: Parts 1 to 9 Structural use of steelwork in building.
- EN 1991-1-5 (2003): EUROCODE 1: Actions on structures - Part 1-5: General actions - Thermal actions.
- EUROCODE 3Part 1 Loading for buildings - Code of practice for dead and imposed loads.
- EUROCODE 3: Part 3 Loading for buildings - Code of practice for imposed roof loads

2.0 DESIGN TOOLS & REFERENCES

Structural modeling and design analysis shall be done using the multipurpose structural analysis software **SAP2000 V22.0.0**

3.0 MATERIAL SPECIFICATIONS

Unless specified otherwise, the following materials' characteristics and design specifications shall be used in the design calculations and structural models.

(1) Structural Steel

Steel Characteristics: $\gamma_s = 7,850 \text{ kg/m}^3$ $E = 210,000 \text{ MPa}$ $G = 77,200 \text{ MPa}$ $\nu = 0.3$

- Steel Plates S275JR
- Hot Rolled Steel Profiles S355JR
- Hollow Section steel Profile minimum S275JR
- Cold formed Steel S275JR

(2) Bolts and Anchor Bolts (Grade 8.8) (Or A325M)

Material properties:

Tensile Strength, $F_u = 830 \text{ (MPa)}$

Yield Strength, $F_y = 660 \text{ (MPa)}$

(3) Structural Weld

E70 Weld Electrode

Tensile Strength for Weld, $F_{uw} = 480 \text{ MPa}$

Yield Strength for Weld, $F_{yw} = 440 \text{ MPa}$

4.0 DESIGN LOADS

Shown below, is the list of the Load Cases used in the structural models.

4.1 Design Dead Loads

- a) Self Weight including weight of Structural members - (Dead)
- b) Cladding +Purlin weight -(DL1)

Shown below is the table for the load cases applied on the Structure.

Table 1: Primary Load Cases

DEAD LOAD		
	Self weight of steel structure calculated automatically by taking $\gamma_s = 78.5 \text{ Kn/m}^2$	
DEAD	DEAD LOAD	4 kn/m ²
LIVE LOAD		
LIVE	Roof Live Load	4 kn/m ²

5.0 LOAD COMBINATIONS

Table 2: Ultimate Load Combination

Load combination	Permanent load		Variable load			
	Adverse	Beneficial	Imposed		Wind	Prestress
			Adverse	Beneficial		
Load combination (6.10)						
Permanent + imposed	1.35	1.00	1.50	0	–	1.00
Permanent + wind	1.35	1.00	–	–	1.50	1.00
Permanent + imposed + wind	1.35	1.00	1.50	0	$1.50 \times 0.5 = 0.75$	1.00
Load combination (6.10a)						
Permanent + imposed	1.35	1.0	$\psi_0^* 1.5$	–	–	1.0
Permanent + wind	1.35	1.0	–	–	$\psi_0^* 1.5 = 0.9$	1.0
Permanent + imposed + wind	1.35	1.0	$\psi_0^* 1.5$	–	$\psi_0^* 1.5 = 0.9$	1.0
Load combination (6.10b)						
Permanent + imposed	$\xi 1.35 = 1.25$	$\xi 1.0 = 0.925$	1.5	–	–	1.0
Permanent + wind	$\xi 1.35 = 1.25$	$\xi 1.0 = 0.925$	–	–	1.5	1.0
Permanent + imposed + wind	$\xi 1.35 = 1.25$	$\xi 1.0 = 0.925$	1.5	–	$\psi_0^* 1.5 = 0.9$	1.0

(1) It is assumed that wind is not the leading action.

(2) ψ_0^* will vary with the use of the building.

S Load Combination Data



Load Combination Name (User-Generated)

Notes

Load Combination Type Linear Add

Options

Define Combination of Load Case Results

Load Case Name	Load Case Type	Mode	Scale Factor
Dead <input type="button" value="v"/>	Linear Static		1.35
Dead	Linear Static		1.35
Live	Linear Static		1.5

Table 3: Service Load Combination

SERVICEABILITY LIMIT STATES, SLS		
SLS1	DEAD	1
	LIVE	1

6.0 LOADS

Figure 1 : (Dead)and Self Weight

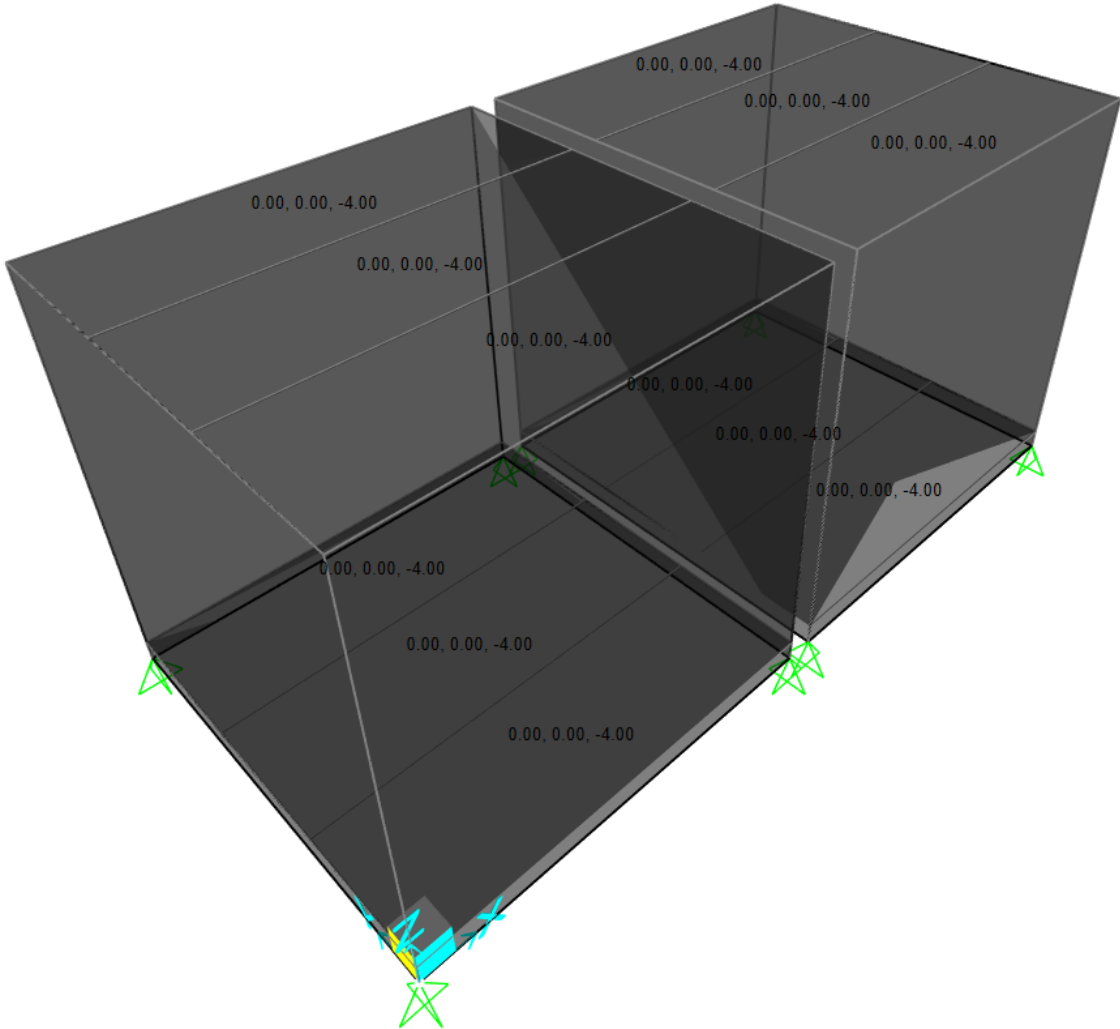


Figure2 : WALL DEAD LOEAD :

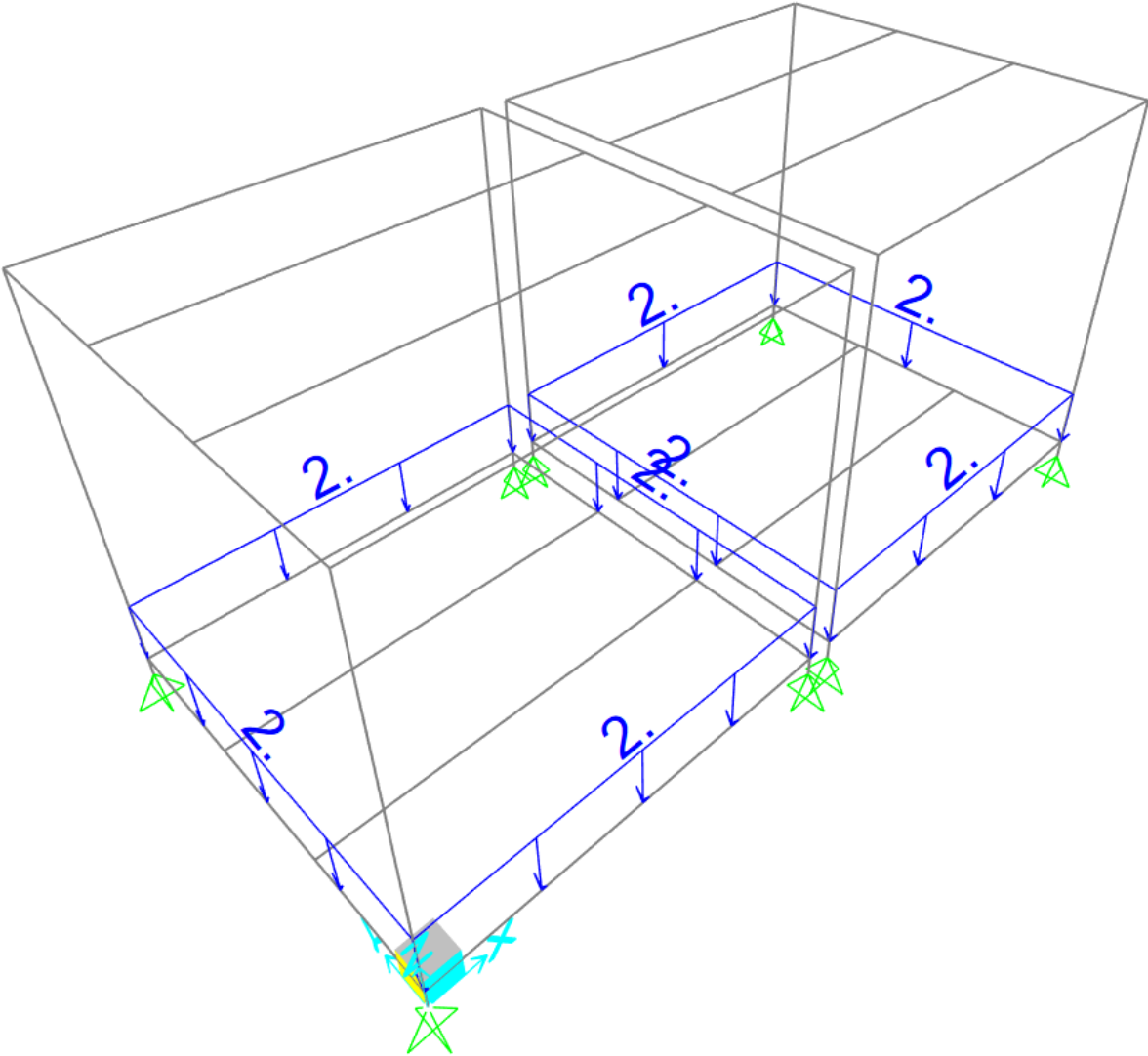
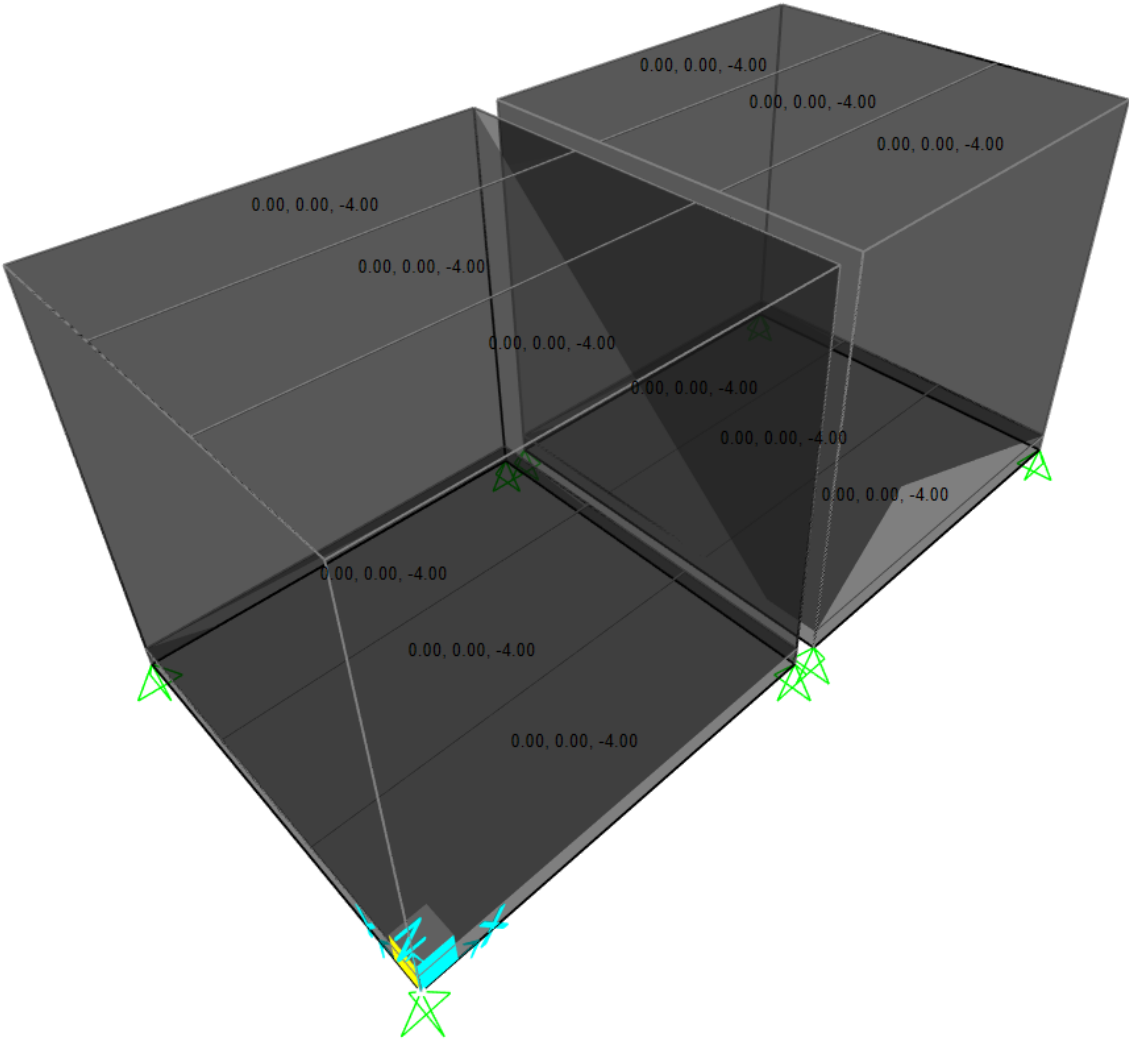


Figure 2 : (LIVE) Roof Live load



7.0

9.0 VERIFICATION OF DEFLECTION AND DRIFT :

Allowable Vertical deflection for Roof :

Span/180 for Dead + Live Load only

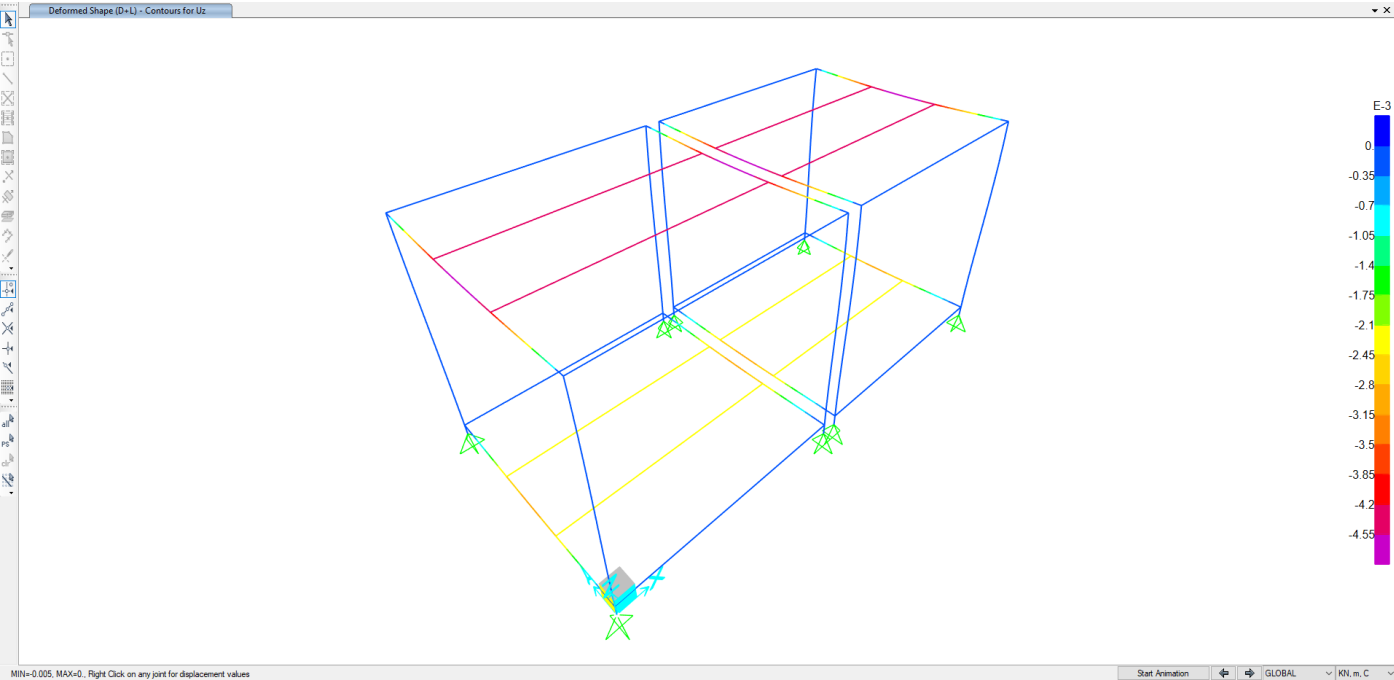


Figure 2 : Deflection Under Dead+Live Load

Actual deflection = 3.64 mm . Allowable = 3000/200= 15 mm > 4.55 Actual.: OK

10.0 DESIGN Design Summary And Ratio:

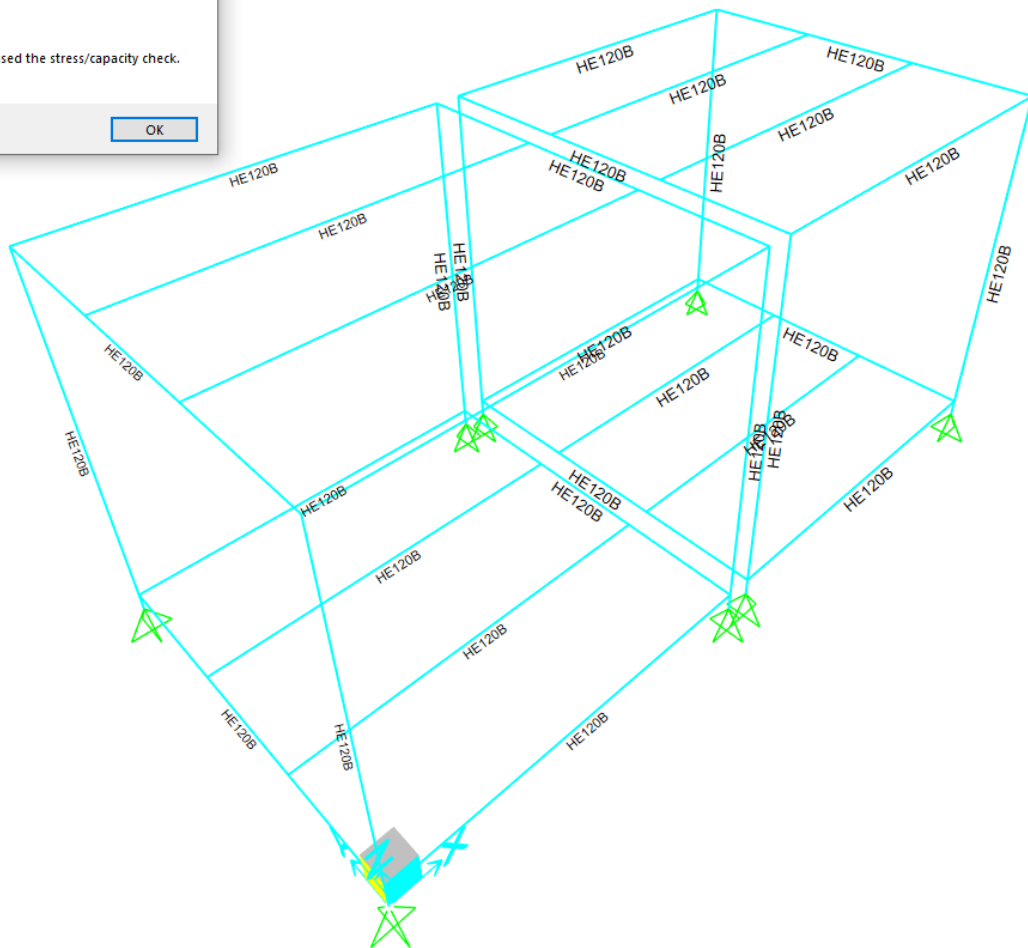
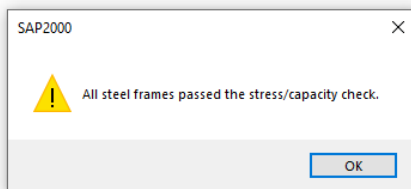


TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - Eurocode 3-2005

Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
Text	Text	Text	Text	Unitless	Text	Text	m	Text	Text
1	HE120B	Column	No Messages	0.402462	PMM	UDSTL5	0.15	No Messages	No Messages
2	HE120B	Beam	No Messages	0.331016	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
3	HE120B	Column	No Messages	0.402462	PMM	UDSTL5	0.15	No Messages	No Messages
4	HE120B	Column	No Messages	0.402462	PMM	UDSTL5	0.15	No Messages	No Messages
5	HE120B	Column	No Messages	0.402462	PMM	UDSTL5	0.15	No Messages	No Messages
6	HE120B	Beam	No Messages	0.010817	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
7	HE120B	Beam	No Messages	0.010817	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
8	HE120B	Beam	No Messages	0.331016	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
9	HE120B	Beam	No Messages	0.366927	PMM	UDSTL5	2	No Messages	No Messages
10	HE120B	Beam	No Messages	0.282121	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages

11	HE120B	Beam	No Messages	0.282121	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages
12	HE120B	Beam	No Messages	0.366927	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
13	HE120B	Beam	No Messages	0.010355	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
14	HE120B	Beam	No Messages	0.010355	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
15	HE120B	Beam	No Messages	0.010408	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
16	HE120B	Beam	No Messages	0.010408	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
65	HE120B	Column	No Messages	0.402462	PMM	UDSTL5	0.15	No Messages	No Messages
66	HE120B	Beam	No Messages	0.331016	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
67	HE120B	Column	No Messages	0.402462	PMM	UDSTL5	0.15	No Messages	No Messages
68	HE120B	Column	No Messages	0.402462	PMM	UDSTL5	0.15	No Messages	No Messages
69	HE120B	Column	No Messages	0.402462	PMM	UDSTL5	0.15	No Messages	No Messages
70	HE120B	Beam	No Messages	0.010817	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
71	HE120B	Beam	No Messages	0.010817	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
72	HE120B	Beam	No Messages	0.331016	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
73	HE120B	Beam	No Messages	0.366927	PMM	UDSTL5	2	No Messages	No Messages
74	HE120B	Beam	No Messages	0.282121	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages
75	HE120B	Beam	No Messages	0.282121	PMM	UDSTL73	0	No Messages	No Messages
76	HE120B	Beam	No Messages	0.366927	PMM	UDSTL5	0.5	No Messages	No Messages
77	HE120B	Beam	No Messages	0.010355	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
78	HE120B	Beam	No Messages	0.010355	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
79	HE120B	Beam	No Messages	0.010408	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages
80	HE120B	Beam	No Messages	0.010408	PMM	UDSTL1	0	No Messages	No Messages

-Design:

S I/Wide Flange Section ×

Section Name **Display Color**

Section Notes

Extract Data from Section Property File

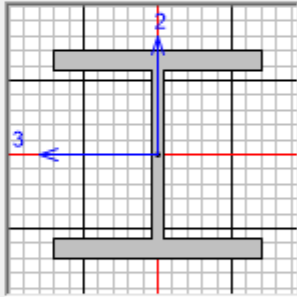
Dimensions

Outside height (t3)	<input type="text" value="0.12"/>
Top flange width (t2)	<input type="text" value="0.12"/>
Top flange thickness (tf)	<input type="text" value="0.011"/>
Web thickness (tw)	<input type="text" value="6.500E-03"/>
Bottom flange width (t2b)	<input type="text" value="0.12"/>
Bottom flange thickness (tfb)	<input type="text" value="0.011"/>
Fillet Radius	<input type="text" value="0.012"/>

Material

Property Modifiers

Section



Properties

Design Section

11.0 BASE REACTION :

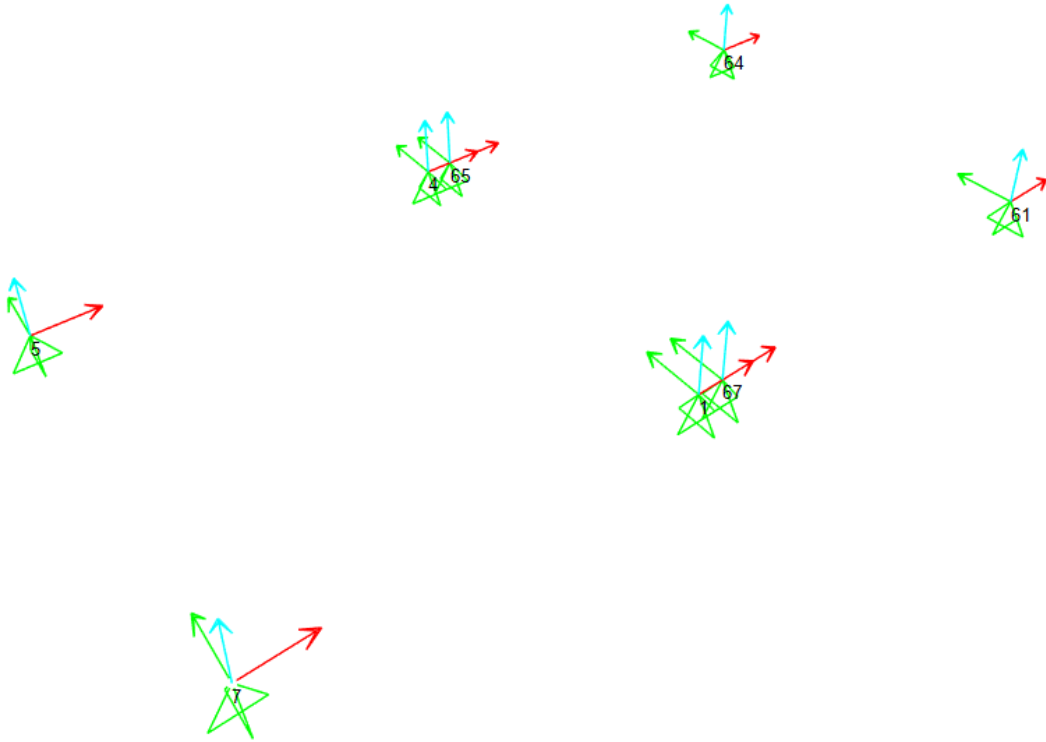
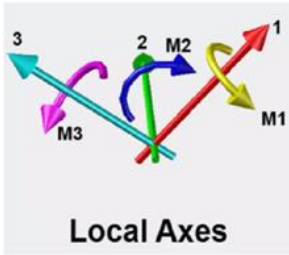


TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	Dead	LinStatic	-6.651	25.565	27.14	0	0	0
1	Live	LinStatic	9.639E-18	16.771	18	0	0	0
1	UDSTL1	Combination	-8.979	34.513	36.64	0	0	0
1	D+L	Combination	-6.651	42.336	45.14	0	0	0
4	Dead	LinStatic	-6.651	-25.565	27.14	0	0	0
4	Live	LinStatic	-4.699E-18	-16.771	18	0	0	0
4	UDSTL1	Combination	-8.979	-34.513	36.64	0	0	0

4	D+L	Combination	-6.651	-42.336	45.14	0	0	0
5	Dead	LinStatic	6.651	-25.565	27.14	0	0	0
5	Live	LinStatic	-1.667E-18	-16.771	18	0	0	0
5	UDSTL1	Combination	8.979	-34.513	36.64	0	0	0
5	D+L	Combination	6.651	-42.336	45.14	0	0	0
7	Dead	LinStatic	6.651	25.565	27.14	0	0	0
7	Live	LinStatic	8.445E-18	16.771	18	0	0	0
7	UDSTL1	Combination	8.979	34.513	36.64	0	0	0
7	D+L	Combination	6.651	42.336	45.14	0	0	0
61	Dead	LinStatic	-6.651	25.565	27.14	0	0	0
61	Live	LinStatic	9.639E-18	16.771	18	0	0	0
61	UDSTL1	Combination	-8.979	34.513	36.64	0	0	0
61	D+L	Combination	-6.651	42.336	45.14	0	0	0
64	Dead	LinStatic	-6.651	-25.565	27.14	0	0	0
64	Live	LinStatic	-4.699E-18	-16.771	18	0	0	0
64	UDSTL1	Combination	-8.979	-34.513	36.64	0	0	0
64	D+L	Combination	-6.651	-42.336	45.14	0	0	0
65	Dead	LinStatic	6.651	-25.565	27.14	0	0	0
65	Live	LinStatic	-1.667E-18	-16.771	18	0	0	0
65	UDSTL1	Combination	8.979	-34.513	36.64	0	0	0
65	D+L	Combination	6.651	-42.336	45.14	0	0	0
67	Dead	LinStatic	6.651	25.565	27.14	0	0	0
67	Live	LinStatic	8.445E-18	16.771	18	0	0	0
67	UDSTL1	Combination	8.979	34.513	36.64	0	0	0
67	D+L	Combination	6.651	42.336	45.14	0	0	0

Material Excel List

Project Number:	500-103
Project	Tekla Model
Date	07/02/2022 22:08:13

Profile	Grade	Qty	Length(mm)	Net Area(m ²) for one	Net Area(m ²) for all
D20	S275JR	32	300	0.02	0.61
	Total	32	9600		0.61
FLT10*50	S275JR	16	50	0.01	0.09
	Total	16	800		0.09
FLT10*130	S275JR	16	88	0.03	0.44
	Total	16	1408		0.44
FLT10*180	S275JR	16	119	0.05	0.78
	Total	16	1904		0.78
HEB120	S275JR	8	2685	1.84	14.74
HEB120	S275JR	8	2860	1.96	15.70
HEB120	S275JR	2	2924.75	2.01	4.01
HEB120	S275JR	8	2973.5	2.04	16.32
HEB120	S275JR	6	2979.5	2.04	12.26
	Total	32	91874		63.03
L70*7	S235	28	73	0.02	0.56
	Total	28	2044		0.56
PL15*240	S275JR	8	240	0.13	1.04
	Total	8	1920		1.04
Total					66.53

Material Excel List

Net Wiegth(kg) for one	Net Wiegth(kg) for all
0.67	21.32
	21.32
0.16	2.51
	2.51
0.90	14.37
	14.37
1.68	26.90
	26.90
69.07	552.56
73.57	588.58
73.97	147.94
75.67	605.35
74.11	444.66
	2339.08
0.53	14.94
	14.94
6.78	54.26
	54.26
	2473.38

Project:
Project no:
Author:



Project item BASE PLATE

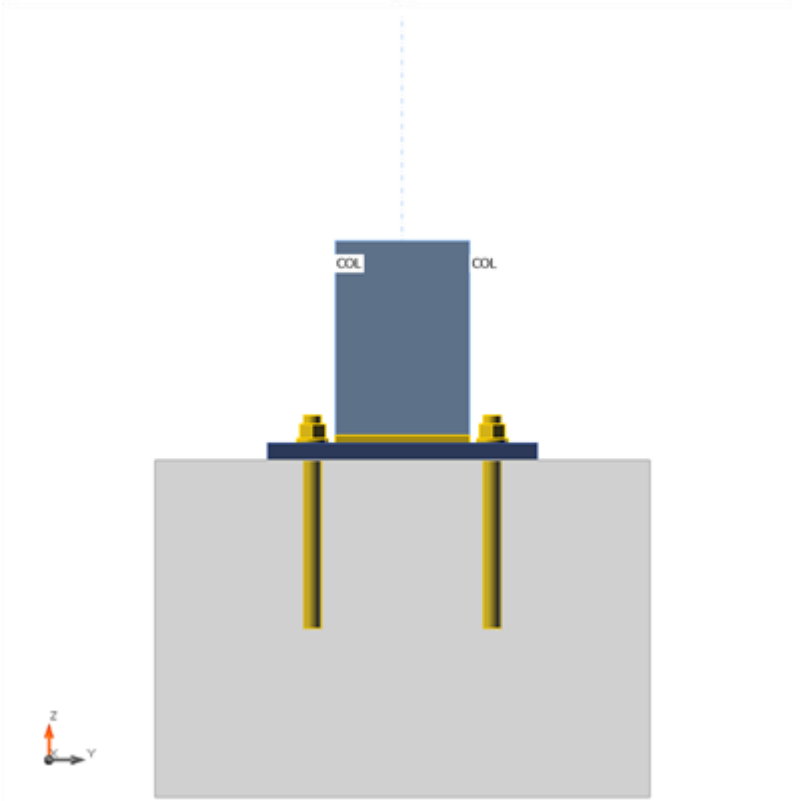
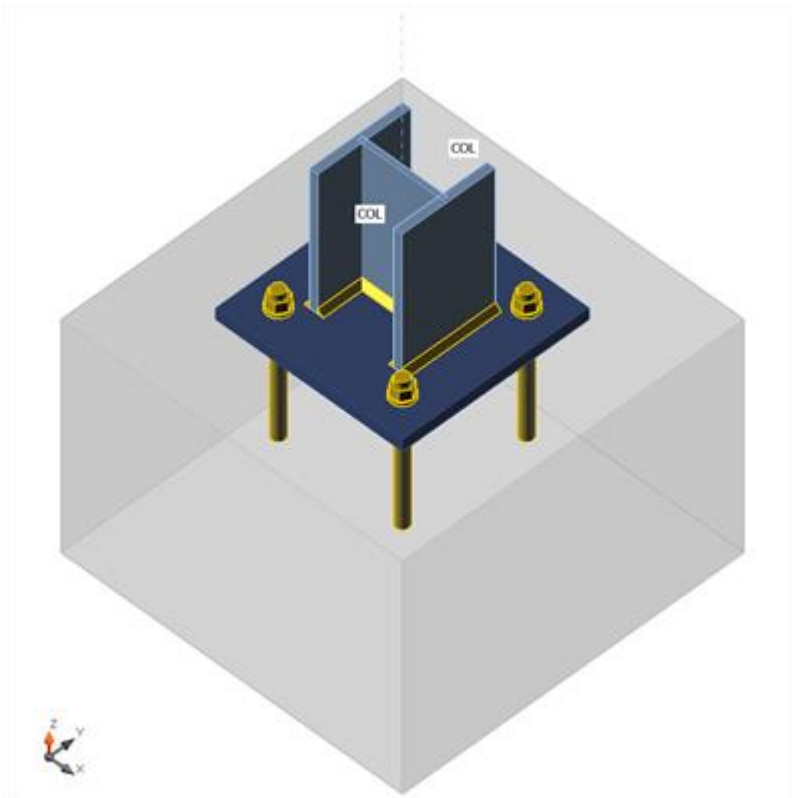
Design

Name
Description
Analysis Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
COL	3 - HEB120	0.0	-90.0	0.0	0	0	0	Node

Project:
Project no:
Author:



Cross-sections

Name	Material
3 - HEB120	S 275

Project:

Project no:

Author:

Cross-sections

Name	Material	Drawing
3 - HEB120	S 275	

Anchors

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	fu [MPa]	Gross area [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16	800.0	201

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
LE1	COL	-36.6	9.0	-34.5	0.0	0.0	0.0
LE2	COL	-36.6	-9.0	34.5	0.0	0.0	0.0
LE3	COL	-45.1	6.7	42.3	0.0	0.0	0.0
LE4	COL	-45.1	6.7	-42.3	0.0	0.0	0.0
LE5	COL	-18.0	0.0	-16.8	0.0	0.0	0.0
LE6	COL	-45.1	6.7	-42.3	0.0	0.0	0.0

Foundation block

Item	Value	Unit
CB 1		
Dimensions	440 x 440	mm
Depth	300	mm
Anchor	M16 8.8	
Anchoring length	150	mm
Shear force transfer	Anchors	

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.0 < 5%	OK
Anchors	76.9 < 100%	OK
Welds	17.5 < 100%	OK
Concrete block	5.4 < 100%	OK

Project:

Project no:

Author:

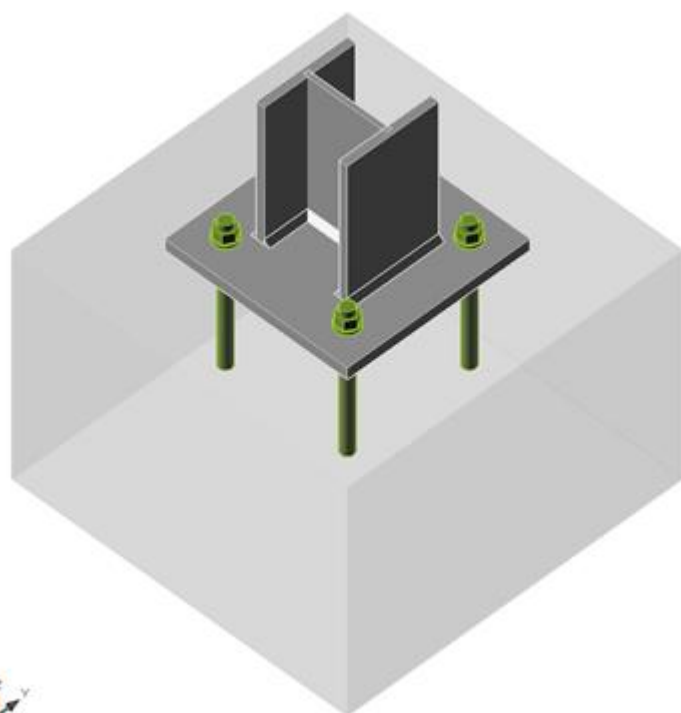
Buckling	Not calculated	
----------	----------------	--

Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	Status
COL-bfl 1	11.0	LE3	119.5	0.0	OK
COL-tfl 1	11.0	LE6	119.5	0.0	OK
COL-w 1	6.5	LE6	110.5	0.0	OK
BP1	15.0	LE3	42.5	0.0	OK

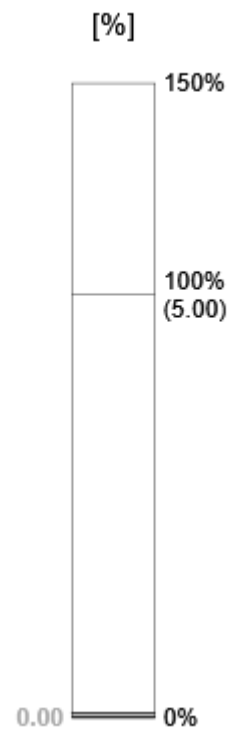
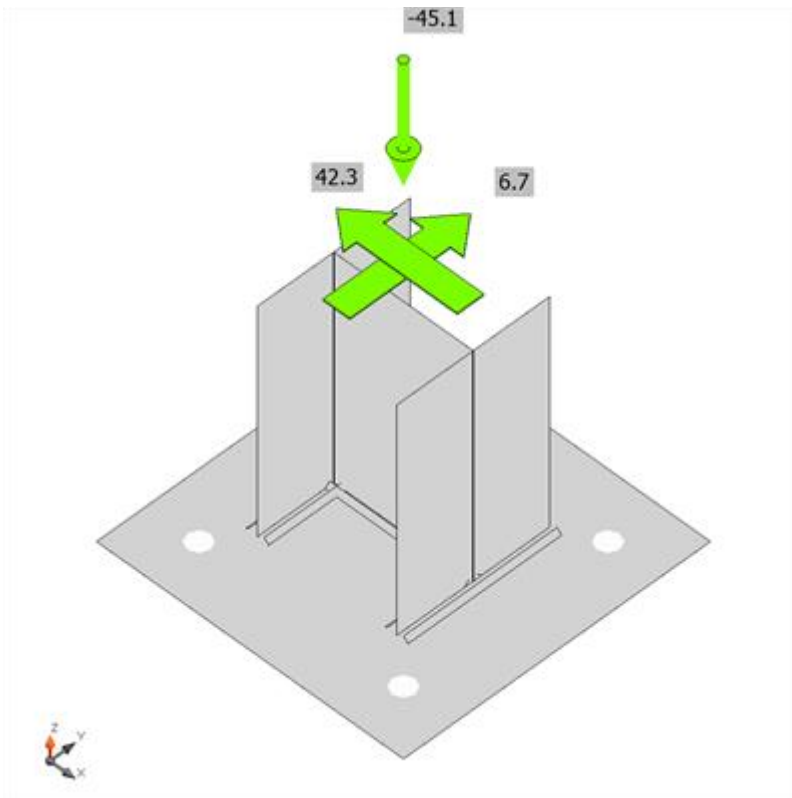
Design data

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275.0	5.0

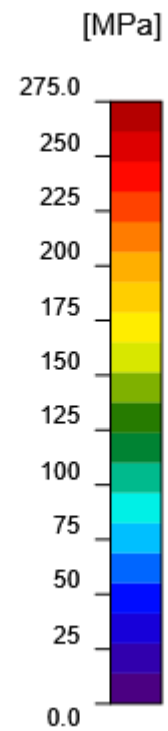
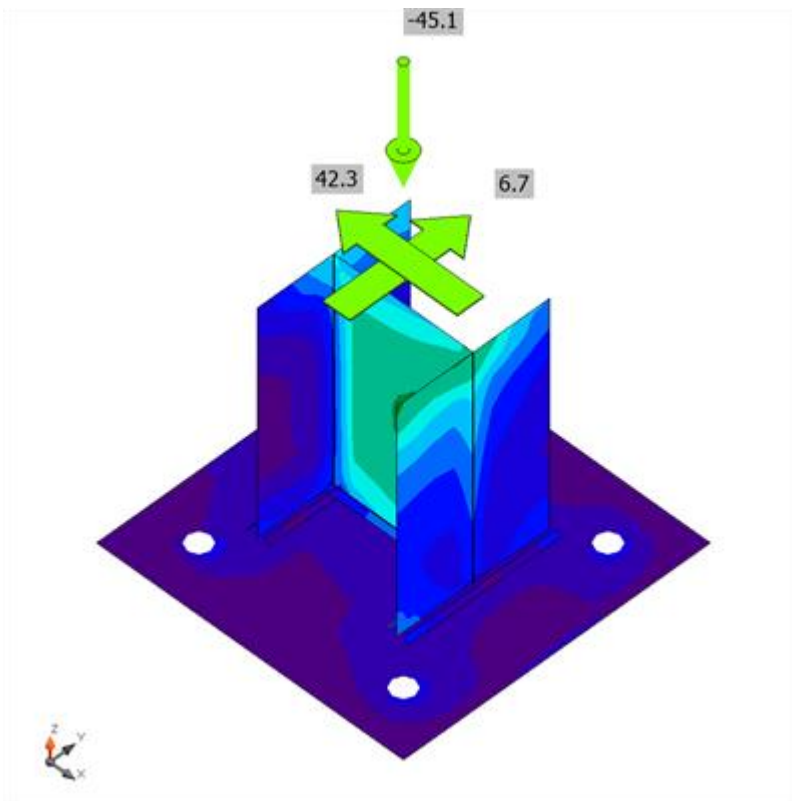


Overall check, LE3 **Error! Bookmark not defined.**

Project:
Project no:
Author:



Strain check, LE3 Error! Bookmark not defined.



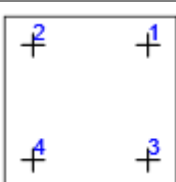
Equivalent stress, LE3 Error! Bookmark not defined.

Project:

Project no:

Author:

Anchors

	Name	Loads	F _{t,Ed} [kN]	V [kN]	N _{rdc} [kN]	N _{rdp} [kN]	U _t [%]	F _{b,Rd} [kN]	U _t [%]	U _{tts} [%]	V _{Rd,cp} [kN]	V _{Rd,c} [kN]	Status
	A1	LE3	0.0	10.8	0.0	0.0	0.0	206.4	76.9	67.4	32.5	14.0	OK
	A2	LE3	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	206.4	76.5	66.8	32.5	14.0	OK
	A3	LE4	0.0	10.8	0.0	0.0	0.0	206.4	76.9	67.4	32.5	14.0	OK
	A4	LE4	0.0	10.7	0.0	0.0	0.0	206.4	76.5	66.8	32.5	14.0	OK

Design data

Name	F _{t,Rd} [kN]	B _{p,Rd} [kN]	F _{v,Rd} [kN]	V _{rds} [kN]	S _{tf} [MN/m]
M16 8.8 - 1	76.9	243.2	50.2	50.2	330

Detailed result for A1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{c k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 76.9 \text{ kN}$$

where:

- $c = 0.85$ – Factor
- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN}$$

where:

- $d_m = 25 \text{ mm}$ – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
- $t_p = 15 \text{ mm}$ – Thickness
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 0.0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \gamma_{inst}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_c = 1.50$ – Safety factor
- $\gamma_{inst} = 1.20$ – Safety factor
- $A_{c,N} = 0 \text{ mm}^2$ – Actual area of concrete cone
- $A_{c,N}^0 = 0 \text{ mm}^2$ – Area of concrete of an individual anchor with large spacing
- $N_{Rk,c}^0 = 80.5 \text{ kN}$ – Characteristic resistance of an anchor

Project:

Project no:

Author:

$$\psi_{s,N} = 1.00 \quad \text{– Factor of distribution of stresses in the concrete}$$

$$\psi_{re,N} = 1.00 \quad \text{– Shell spalling factor}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.00 \quad \text{– Group effect factor}$$

$$h_{ef} = 93 \text{ mm} \quad \text{– Depth of embedment}$$

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 7.50 \quad \text{– Cracked concrete}$$

$$A_h = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Bearing area}$$

$$f_{ck} = 30.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic compressive concrete strength}$$

$$\gamma_{Mc} = 1.80 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 50.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 62.8 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{Ms} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Stressed cross section of steel}$$

$$f_{uk} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic steel ultimate tensile strength}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 206.4 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = 2.50 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = 1.00 \quad \text{– Factor}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 15 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = 14.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 21.0 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{Mc} = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

$$V_{Rk,c}^0 = 30.9 \text{ kN} \quad \text{– Initial value of the characteristic resistance of an anchor}$$

$$A_{c,V} = 49000 \text{ mm}^2 \quad \text{– Actual area of concrete cone of anchorage}$$

$$A_{c,V}^0 = 88200 \text{ mm}^2 \quad \text{– Area of concrete cone of an individual anchor}$$

$$\psi_{s,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of the distribution of stresses}$$

$$\psi_{h,V} = 1.22 \quad \text{– Factor of the decrease of shear resistance}$$

Project:

Project no:

Author:

$\psi_{\alpha,V} = 1.00$ – Factor of the angle between the load direction and concrete edge

$\psi_{ec,V} = 1.00$ – Factor of group effect

$\psi_{re,V} = 1.00$ – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 32.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 48.8 \text{ kN}$$

where:

$N_{Rk,c} = 24.4 \text{ kN}$ – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group

$k = 2.00$ – Factor from ETAG 5.2.3.3

$\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{int} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 67.4 \%$$

where:

$\beta_N = 0.00$ – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V = 0.77$ – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha = 1.50$ – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 0.0 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,sp}; V_{Rd,z})} = 76.9 \%$$

Detailed result for A2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 76.9 \text{ kN}$$

where:

$c = 0.85$ – Factor

$k_2 = 0.90$ – Factor

$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt

$A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN}$$

where:

$d_m = 25 \text{ mm}$ – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller

$t_p = 15 \text{ mm}$ – Thickness

$f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Project:

Project no:

Author:

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 0.0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_c = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

$$\gamma_{inst} = 1.20 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_{c,N} = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Actual area of concrete cone}$$

$$A_{c,N}^0 = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Area of concrete of an individual anchor with large spacing}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 80.5 \text{ kN} \quad \text{– Characteristic resistance of an anchor}$$

$$\psi_{s,N} = 1.00 \quad \text{– Factor of distribution of stresses in the concrete}$$

$$\psi_{re,N} = 1.00 \quad \text{– Shell spalling factor}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.00 \quad \text{– Group effect factor}$$

$$h_{ef} = 93 \text{ mm} \quad \text{– Depth of embedment}$$

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 7.50 \quad \text{– Cracked concrete}$$

$$A_h = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Bearing area}$$

$$f_{ck} = 30.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic compressive concrete strength}$$

$$\gamma_{Mc} = 1.80 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 50.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 62.8 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{Ms} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Stressed cross section of steel}$$

$$f_{uk} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic steel ultimate tensile strength}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 206.4 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = 2.50 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = 1.00 \quad \text{– Factor}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 15 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{Mc}} = 14.0 \text{ kN}$$

Project:

Project no:

Author:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 21.0 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor
- $V_{Rk,c}^0 = 30.9 \text{ kN}$ – Initial value of the characteristic resistance of an anchor
- $A_{c,V} = 49000 \text{ mm}^2$ – Actual area of concrete cone of anchorage
- $A_{c,V}^0 = 88200 \text{ mm}^2$ – Area of concrete cone of an individual anchor
- $\psi_{s,V} = 1.00$ – Factor of the distribution of stresses
- $\psi_{h,V} = 1.22$ – Factor of the decrease of shear resistance
- $\psi_{\alpha,V} = 1.00$ – Factor of the angle between the load direction and concrete edge
- $\psi_{ec,V} = 1.00$ – Factor of group effect
- $\psi_{re,V} = 1.00$ – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 32.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 48.8 \text{ kN}$$

where:

- $N_{Rk,c} = 24.4 \text{ kN}$ – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group
- $k = 2.00$ – Factor from ETAG 5.2.3.3
- $\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{int} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 66.8 \%$$

where:

- $\beta_N = 0.00$ – Ratio between design action and design resistance for tension
- $\beta_V = 0.76$ – Ratio between design action and design resistance for shear
- $\alpha = 1.50$ – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 0.0 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rd,c})} = 76.5 \%$$

Detailed result for A3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{ck_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 76.9 \text{ kN}$$

where:

- $c = 0.85$ – Factor
- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt

Project:

Project no:

Author:

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 15 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 0.0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \cdot \gamma_{inst}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_c = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

$$\gamma_{inst} = 1.20 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_{c,N} = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Actual area of concrete cone}$$

$$A_{c,N}^0 = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Area of concrete of an individual anchor with large spacing}$$

$$N_{Rk,c}^0 = 80.5 \text{ kN} \quad \text{– Characteristic resistance of an anchor}$$

$$\psi_{s,N} = 1.00 \quad \text{– Factor of distribution of stresses in the concrete}$$

$$\psi_{re,N} = 1.00 \quad \text{– Shell spalling factor}$$

$$\psi_{ec,N} = 1.00 \quad \text{– Group effect factor}$$

$$h_{ef} = 93 \text{ mm} \quad \text{– Depth of embedment}$$

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 7.50 \quad \text{– Cracked concrete}$$

$$A_h = 0 \text{ mm}^2 \quad \text{– Bearing area}$$

$$f_{ck} = 30.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic compressive concrete strength}$$

$$\gamma_{Mc} = 1.80 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} = 50.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 62.8 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{Ms} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Stressed cross section of steel}$$

$$f_{uk} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic steel ultimate tensile strength}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_s f_t d_t}{\gamma_{M2}} = 206.4 \text{ kN}$$

where:

Project:

Project no:

Author:

- $k_1 = 2.50$ – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer
 $\alpha_b = 1.00$ – Factor
 $f_u = 430.0$ MPa – Ultimate strength
 $d = 16$ mm – Nominal diameter of the fastener
 $t = 15$ mm – Thickness
 $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} = 14.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 21.0 \text{ kN}$$

where:

- $\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor
 $V_{Rk,c}^0 = 30.9$ kN – Initial value of the characteristic resistance of an anchor
 $A_{c,V} = 49000$ mm² – Actual area of concrete cone of anchorage
 $A_{c,V}^0 = 88200$ mm² – Area of concrete cone of an individual anchor
 $\psi_{s,V} = 1.00$ – Factor of the distribution of stresses
 $\psi_{h,V} = 1.22$ – Factor of the decrease of shear resistance
 $\psi_{\alpha,V} = 1.00$ – Factor of the angle between the load direction and concrete edge
 $\psi_{ec,V} = 1.00$ – Factor of group effect
 $\psi_{re,V} = 1.00$ – Factor of the type of reinforcement

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 32.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 48.8 \text{ kN}$$

where:

- $N_{Rk,c} = 24.4$ kN – Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group
 $k = 2.00$ – Factor from ETAG 5.2.3.3
 $\gamma_{MC} = 1.50$ – Safety factor

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{ts} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 67.4 \%$$

where:

- $\beta_N = 0.00$ – Ratio between design action and design resistance for tension
 $\beta_V = 0.77$ – Ratio between design action and design resistance for shear
 $\alpha = 1.50$ – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; F_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 0.0 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{t,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,cp}; V_{Rd,c})} = 76.9 \%$$

Project:

Project no:

Author:

Detailed result for A4

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{c k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 76.9 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} c &= 0.85 && \text{– Factor} \\ k_2 &= 0.90 && \text{– Factor} \\ f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\ A_s &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6 \pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 243.2 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} d_m &= 25 \text{ mm} && \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller} \\ t_p &= 15 \text{ mm} && \text{– Thickness} \\ f_u &= 430.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate strength} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Concrete breakout resistance of anchor in tension (ETAG 001 Annex C 5.2.2.4)

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N} = 0.0 \text{ kN}$$

$$N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_c \gamma_{inst}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} \gamma_c &= 1.50 && \text{– Safety factor} \\ \gamma_{inst} &= 1.20 && \text{– Safety factor} \\ A_{c,N} &= 0 \text{ mm}^2 && \text{– Actual area of concrete cone} \\ A_{c,N}^0 &= 0 \text{ mm}^2 && \text{– Area of concrete of an individual anchor with large spacing} \\ N_{Rk,c}^0 &= 80.5 \text{ kN} && \text{– Characteristic resistance of an anchor} \\ \psi_{s,N} &= 1.00 && \text{– Factor of distribution of stresses in the concrete} \\ \psi_{re,N} &= 1.00 && \text{– Shell spalling factor} \\ \psi_{ec,N} &= 1.00 && \text{– Group effect factor} \\ h_{ef} &= 93 \text{ mm} && \text{– Depth of embedment} \end{aligned}$$

Pull-out resistance check (FIB 58 - Cl. 19.1.1.3.)

$$N_{Rd,p} = \frac{k_2 A_h f_{ck}}{\gamma_{Mc}} = 0.0 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} k_2 &= 7.50 && \text{– Cracked concrete} \\ A_h &= 0 \text{ mm}^2 && \text{– Bearing area} \\ f_{ck} &= 30.0 \text{ MPa} && \text{– Characteristic compressive concrete strength} \\ \gamma_{Mc} &= 1.80 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Shear resistance check (ETAG 001 Annex C 5.2.3.2)

Project:

Project no:

Author:

$$V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{MS}} = 50.2 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,s} = 0.5 \cdot A_s \cdot f_{uk} = 62.8 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{MS} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Stressed cross section of steel}$$

$$f_{uk} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic steel ultimate tensile strength}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 206.4 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = 2.50 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = 1.00 \quad \text{– Factor}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 15 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Concrete edge failure resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.4)

$$V_{Rd,c} = \frac{V_{Rk,c}}{\gamma_{MC}} = 14.0 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V} = 21.0 \text{ kN}$$

where:

$$\gamma_{MC} = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

$$V_{Rk,c}^0 = 30.9 \text{ kN} \quad \text{– Initial value of the characteristic resistance of an anchor}$$

$$A_{c,V} = 49000 \text{ mm}^2 \quad \text{– Actual area of concrete cone of anchorage}$$

$$A_{c,V}^0 = 88200 \text{ mm}^2 \quad \text{– Area of concrete cone of an individual anchor}$$

$$\psi_{s,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of the distribution of stresses}$$

$$\psi_{h,V} = 1.22 \quad \text{– Factor of the decrease of shear resistance}$$

$$\psi_{\alpha,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of the angle between the load direction and concrete edge}$$

$$\psi_{ec,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of group effect}$$

$$\psi_{re,V} = 1.00 \quad \text{– Factor of the type of reinforcement}$$

Concrete pryout resistance (ETAG 001 Annex C 5.2.3.3)

$$V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{MC}} = 32.5 \text{ kN}$$

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c} = 48.8 \text{ kN}$$

where:

$$N_{Rk,c} = 24.4 \text{ kN} \quad \text{– Resistance of an anchor placed in concrete. All anchors in group}$$

$$k = 2.00 \quad \text{– Factor from ETAG 5.2.3.3}$$

$$\gamma_{MC} = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

Interaction of tension and shear (ETAG 001 Annex C 5.2.4)

$$U_{int} = (\beta_N)^\alpha + (\beta_V)^\alpha = 66.8 \text{ \%}$$

where:

Project:

Project no:

Author:

$\beta_N = 0.00$ – Ratio between design action and design resistance for tension

$\beta_V = 0.76$ – Ratio between design action and design resistance for shear

$\alpha = 1.50$ – Factor for combined tension and shear loads - ETAG 001 - Annex C - Equation (5.9)

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd}; N_{Rd,c})} = 0.0 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd}; V_{Rd,s}; V_{Rd,sp}; V_{Rd,c})} = 76.5 \%$$

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
BP1	COL-bfl 1	▲5.0▲	120	LE3	70.6	0.0	-32.7	-21.3	-29.2	17.4	11.6	OK
		▲5.0▲	120	LE3	46.1	0.0	-16.5	14.7	20.0	11.4	6.7	OK
BP1	COL-tfl 1	▲5.0▲	120	LE4	46.3	0.0	-16.5	-14.9	-20.1	11.4	6.7	OK
		▲5.0▲	120	LE4	70.7	0.0	-32.7	21.4	29.2	17.5	11.6	OK
BP1	COL-w 1	▲5.0▲	109	LE4	62.5	0.0	-5.4	-35.6	-5.4	15.5	13.1	OK
		▲5.0▲	109	LE4	62.6	0.0	-4.9	35.7	4.9	15.5	13.1	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9σ [MPa]
S 275	0.85	404.7	309.6

Detailed result for BP1 COL-bfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 70.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 32.7 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength

$\beta_w = 0.85$ – appropriate correlation factor taken from Table 4.1

$\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 17.4 \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 46.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 16.5 \text{ MPa}$$

where:

$f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength

Project:

Project no:

Author:

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 11.4 \quad \%$$

Detailed result for BP1 COL-tfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 46.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 16.5 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 11.4 \quad \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 70.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 32.7 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 17.5 \quad \%$$

Detailed result for BP1 COL-w 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 62.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 5.4 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

Project:

Project no:

Author:

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 15.5 \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 62.6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 4.9 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 15.5 \%$$

Concrete block

Item	Loads	c [mm]	A _{eff} [mm ²]	σ [MPa]	k _j [-]	F _{jd} [MPa]	Ut [%]	Status
CB 1	LE6	23	21849	2.1	2.87	38.5	5.4	OK

Detailed result for CB 1

Concrete block compressive resistance check (EN 1993-1-8 6.2.5)

$$\sigma = \frac{N}{A_{eff}} = 2.1 \text{ MPa}$$

$$F_{jd} = \alpha_{cc} \beta_j k_j f_{ck} / \gamma_c = 38.5 \text{ MPa}$$

where:

$$N = 45.4 \text{ kN} \quad \text{– Design normal force}$$

$$A_{eff} = 21849 \text{ mm}^2 \quad \text{– Effective area, on which the column force N is distributed}$$

$$\alpha_{cc} = 1.00 \quad \text{– Long-term effects on Fcd}$$

$$\beta_j = 0.67 \quad \text{– Joint coefficient } \beta_j$$

$$k_j = 2.87 \quad \text{– Concentration factor}$$

$$f_{ck} = 30.0 \text{ MPa} \quad \text{– Characteristic compressive concrete strength}$$

$$\gamma_c = 1.50 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \frac{\sigma}{F_{jd}} = 5.4 \%$$

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

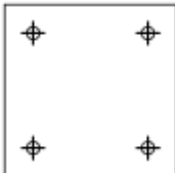
Project:

Project no:

Author:

Bill of material

Manufacturing operations

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
BP1	P15.0x240.0-240.0 (S 275)		1	Double fillet: a = 5.0	349.0	M16 8.8	4

Welds

Type	Material	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Length [mm]
Double fillet	S 275	5.0	7.1	349.0

Anchors

Name	Length [mm]	Drill length [mm]	Count
M16 8.8	165	150	4

Project:

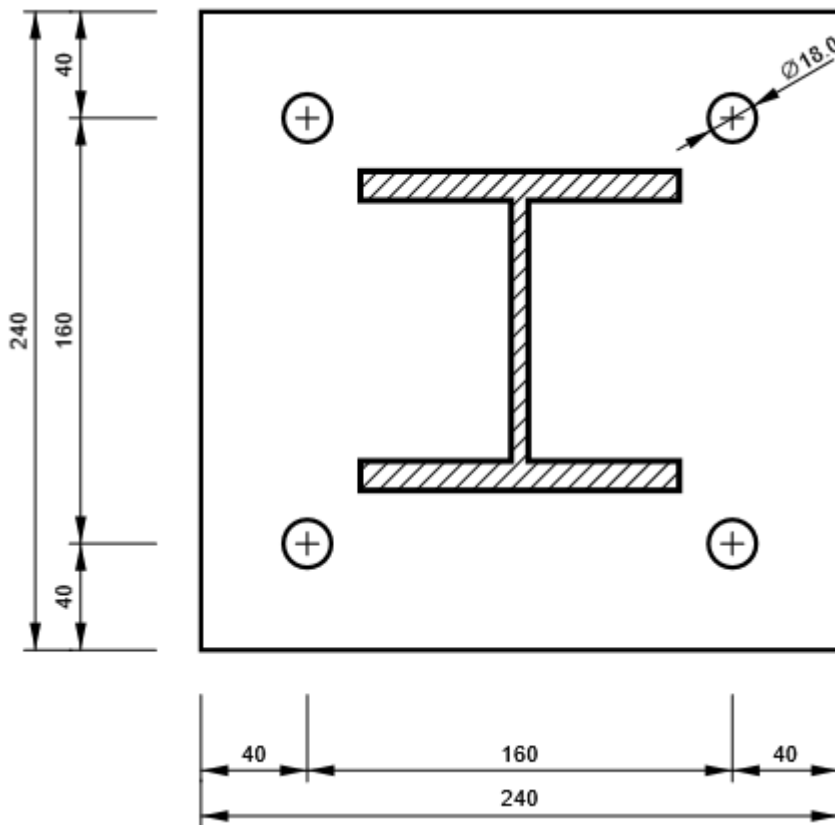
Project no:

Author:

Drawing

BP1

P15.0x240-240 (S 275)



Symbol explanation

Symbol	Symbol explanation
ϵ_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ϵ_{lim}	Limit of plastic strain
$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
$F_{t,Ed}$	Tension force
V	Resultant of shear forces V_y, V_z in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN 1993-1-8 table 3.4
V_{rds}	Characteristic anchor resistance ETAG 001 Annex C (5.2.3.2)
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
U_t	Utilization in tension
U_s	Utilization in shear
$V_{rd,cp}$	Concrete pry-out failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.3)
$V_{rd,c}$	Concrete edge failure ETAG 001 Annex C (5.2.3.4)
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
σ_{\perp}	Perpendicular stress
T_{\parallel}	Shear stress parallel to weld axis
T_{\perp}	Shear stress perpendicular to weld axis

Project:

Project no:

Author:

0.9 $\sigma_{w,Rd}$	Perpendicular stress resistance - $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
Ut	Utilization
Ut _c	Weld capacity utilization
c	Bearing width
A _{eff}	Effective area
σ	Average stress in concrete
k _j	Concentration factor

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
γ_{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1.20	-	ETAG 001-C: 3.2.1
Joint coefficient β_j	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0.10	-	
Friction coefficient - concrete	0.25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0.05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance	Yes		ETAG 001-C
Use calculated α_b in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		
Local deformation check	No		
Local deformation limit	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Large deformations for hollow sections

Project item MOMENT CONNECTION

Design

Name	CON3
Description	
Analysis	Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

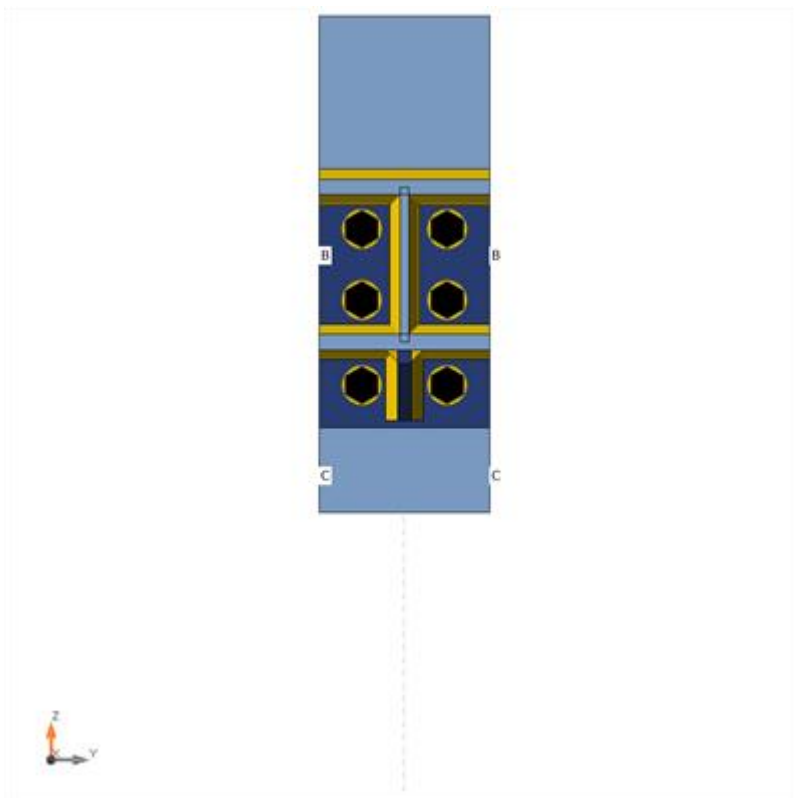
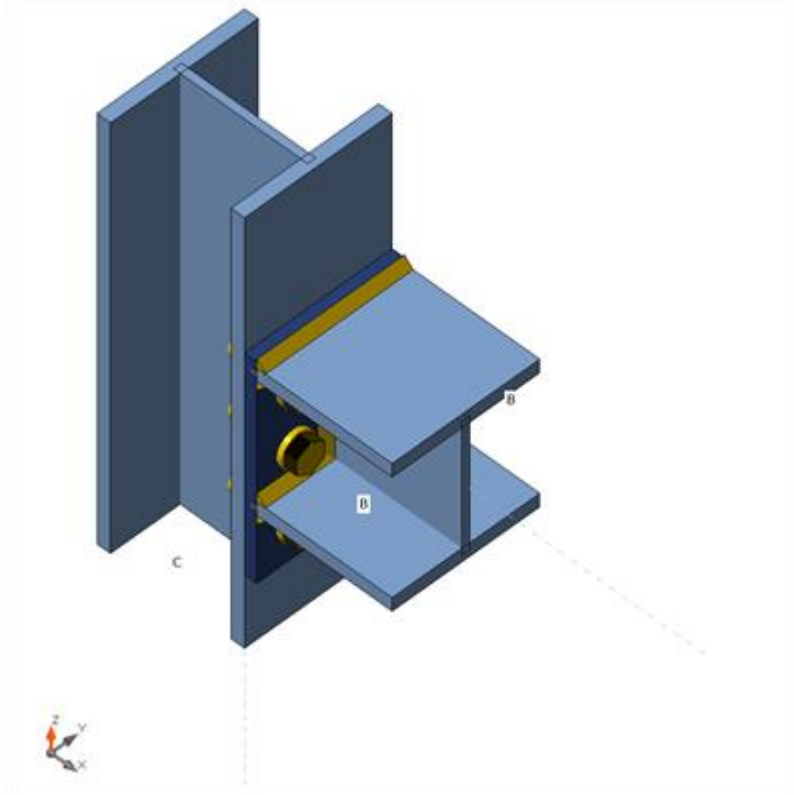
Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in
C	6 - HEB120	0.0	-90.0	0.0	0	0	0	Node

Project:

Project no:

Author:

B	6 - HEB120	0.0	0.0	0.0	0	0	0	Node
---	------------	-----	-----	-----	---	---	---	------



Cross-sections

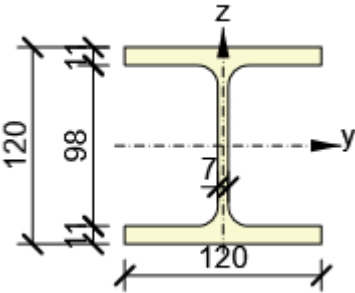
Name	Material
6 - HEB120	S 275

Project:

Project no:

Author:

Cross-sections

Name	Material	Drawing
6 - HEB120	S 275	

Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	f_u [MPa]	Gross area [mm ²]
M16 8.8	M16 8.8	16	800.0	201

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
LE1	B	-8.8	0.0	-4.6	0.0	-1.9	0.0
LE3	B	-8.8	0.0	-4.6	0.0	-1.9	0.0
LE4	B	-8.8	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.0 < 5.0%	OK
Bolts	6.6 < 100%	OK
Welds	15.2 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{PI} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
C-bfl 1	11.0	LE3	56.1	0.0	22.7	OK
C-tfl 1	11.0	LE3	19.3	0.0	0.0	OK
C-w 1	6.5	LE3	60.1	0.0	0.0	OK
B-bfl 1	11.0	LE4	29.3	0.0	0.0	OK
B-tfl 1	11.0	LE3	33.3	0.0	0.0	OK
B-w 1	6.5	LE3	32.2	0.0	0.0	OK
EP1	10.0	LE3	36.9	0.0	22.7	OK
WID1	10.0	LE4	50.0	0.0	0.0	OK

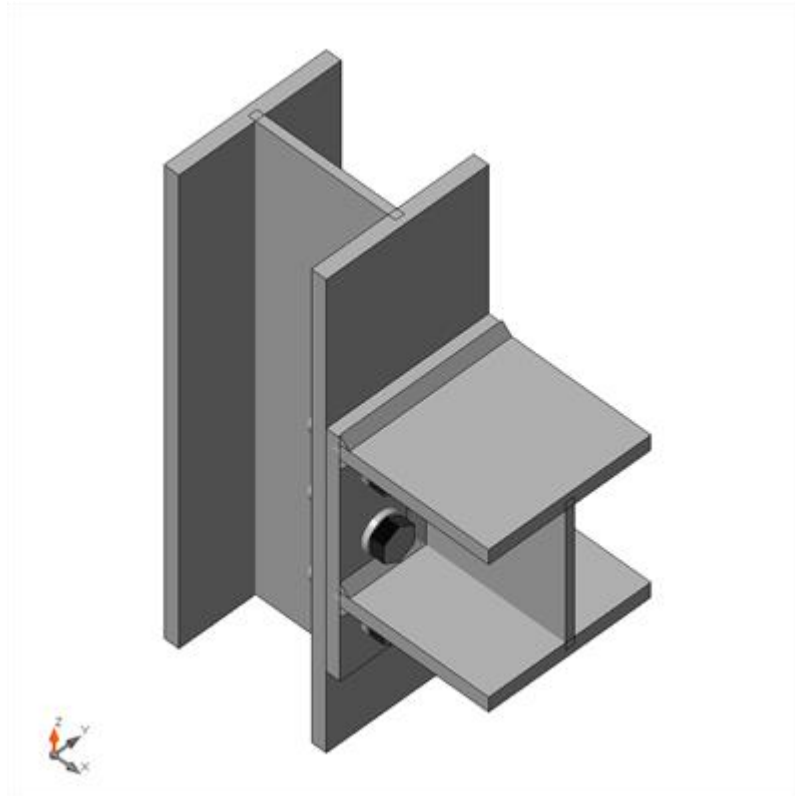
Project:

Project no:

Author:

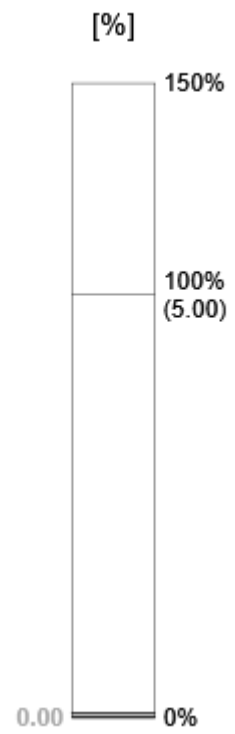
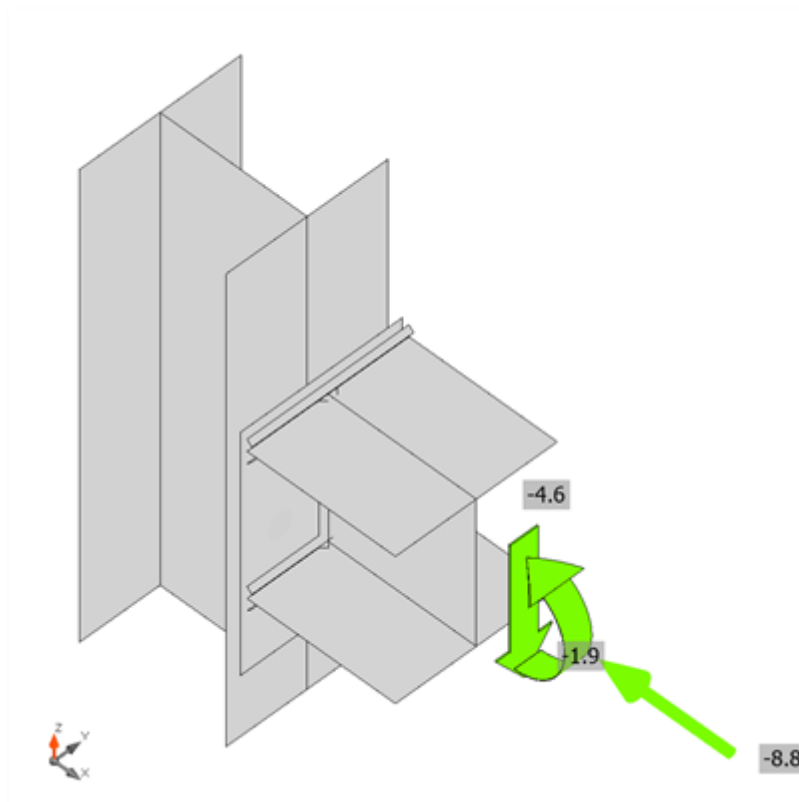
Design data

Material	f_y [MPa]	ϵ_{lim} [%]
S 275	275.0	5.0

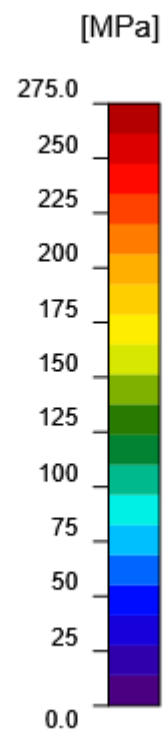
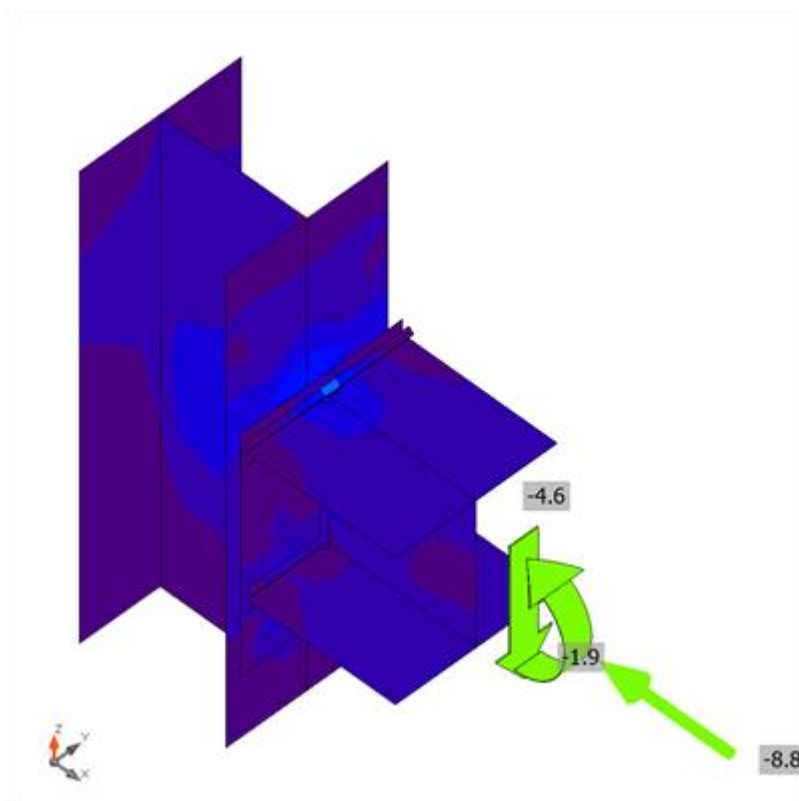


Overall check, LE3

Project:
Project no:
Author:



Strain check, LE3



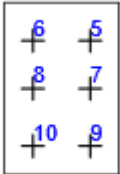
Equivalent stress, LE3

Project:

Project no:

Author:

Bolts

	Name	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	U_{t_t} [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	U_{t_s} [%]	$U_{t_{ts}}$ [%]	Status
	B5	LE4	4.8	0.2	5.4	93.0	0.4	4.2	OK
	B6	LE4	4.9	0.2	5.4	93.0	0.4	4.2	OK
	B7	LE1	3.1	0.9	3.4	93.0	1.5	3.9	OK
	B8	LE1	3.1	0.9	3.4	93.0	1.5	3.9	OK
	B9	LE1	5.9	0.6	6.6	118.5	1.0	5.7	OK
	B10	LE1	5.9	0.6	6.6	118.5	1.0	5.7	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M16 8.8 - 1	90.4	162.1	60.3

Detailed result for B5

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 4.8 \text{ kN}$$

where:

- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_s = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 162.1 \text{ kN} \geq F_t = 4.8 \text{ kN}$$

where:

- $d_m = 25 \text{ mm}$ – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
- $t_p = 10 \text{ mm}$ – Thickness
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 0.2 \text{ kN}$$

where:

- $\beta_p = 1.00$ – Reducing factor
- $\alpha_v = 0.60$ – Reducing factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A = 157 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_s f_t d_t}{\gamma_{M2}} = 93.0 \text{ kN} \geq V = 0.2 \text{ kN}$$

Project:

Project no:

Author:

where:

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50$$

– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.68$$

– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

$$e_2 = 30 \text{ mm}$$

– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

$$p_2 = 60 \text{ mm}$$

– Distance between bolts perpendicular to the shear force

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

– Bolt hole diameter

$$e_1 = 140 \text{ mm}$$

– Distance to the plate edge in the direction of the shear force

$$p_1 = 50 \text{ mm}$$

– Distance between bolts in the direction of the shear force

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$$

– Ultimate tensile strength of the bolt

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

– Ultimate strength

$$d = 16 \text{ mm}$$

– Nominal diameter of the fastener

$$t = 10 \text{ mm}$$

– Thickness of the plate

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ttt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 4.2 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 5.4 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{s,Rd}; F_{b,Rd})} = 0.4 \%$$

Detailed result for B6

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 4.9 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 162.1 \text{ kN} \geq F_t = 4.9 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

Project:

Project no:

Author:

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 0.2 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 93.0 \text{ kN} \geq V = 0.2 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.68 \quad \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer}$$

$$e_2 = 30 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force}$$

$$p_2 = 60 \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts perpendicular to the shear force}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm} \quad \text{– Bolt hole diameter}$$

$$e_1 = 140 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge in the direction of the shear force}$$

$$p_1 = 50 \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts in the direction of the shear force}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness of the plate}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 4.2 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 5.4 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 0.4 \%$$

Detailed result for B7

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 3.1 \text{ kN}$$

Project:

Project no:

Author:

where:

$$\begin{aligned}k_2 &= 0.90 && \text{– Factor} \\f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\A_s &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\\gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor}\end{aligned}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 162.1 \text{ kN} \geq F_t = 3.1 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned}d_m &= 25 \text{ mm} && \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller} \\t_p &= 10 \text{ mm} && \text{– Thickness} \\f_u &= 430.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate strength} \\\gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor}\end{aligned}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_u A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 0.9 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned}\beta_p &= 1.00 && \text{– Reducing factor} \\\alpha_v &= 0.60 && \text{– Reducing factor} \\f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\A &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\\gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor}\end{aligned}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 93.0 \text{ kN} \geq V = 0.9 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned}k_1 &= \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50 && \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer} \\\alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.68 && \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer} \\e_2 &= 30 \text{ mm} && \text{– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force} \\p_2 &= 60 \text{ mm} && \text{– Distance between bolts perpendicular to the shear force} \\d_0 &= 18 \text{ mm} && \text{– Bolt hole diameter} \\e_1 &= 90 \text{ mm} && \text{– Distance to the plate edge in the direction of the shear force} \\p_1 &= 50 \text{ mm} && \text{– Distance between bolts in the direction of the shear force} \\f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\f_u &= 430.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate strength} \\d &= 16 \text{ mm} && \text{– Nominal diameter of the fastener} \\t &= 10 \text{ mm} && \text{– Thickness of the plate} \\\gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor}\end{aligned}$$

Project:

Project no:

Author:

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{int} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 3.9 \%$$

Utilization in tension

$$U_{It} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 3.4 \%$$

Utilization in shear

$$U_{Is} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 1.5 \%$$

Detailed result for B8

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_t}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 3.1 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} k_2 &= 0.90 && \text{– Factor} \\ f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\ A_t &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 162.1 \text{ kN} \geq F_t = 3.1 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} d_m &= 25 \text{ mm} && \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller} \\ t_p &= 10 \text{ mm} && \text{– Thickness} \\ f_u &= 430.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate strength} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 0.9 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} \beta_p &= 1.00 && \text{– Reducing factor} \\ \alpha_v &= 0.60 && \text{– Reducing factor} \\ f_{ub} &= 800.0 \text{ MPa} && \text{– Ultimate tensile strength of the bolt} \\ A &= 157 \text{ mm}^2 && \text{– Tensile stress area of the bolt} \\ \gamma_{M2} &= 1.25 && \text{– Safety factor} \end{aligned}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 93.0 \text{ kN} \geq V = 0.9 \text{ kN}$$

where:

$$\begin{aligned} k_1 &= \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50 && \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer} \\ \alpha_b &= \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.68 && \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer} \end{aligned}$$

Project:

Project no:

Author:

$$e_2 = 30 \text{ mm}$$

$$p_2 = 60 \text{ mm}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm}$$

$$e_1 = 90 \text{ mm}$$

$$p_1 = 50 \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 16 \text{ mm}$$

$$t = 10 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

- Distance to the plate edge perpendicular to the shear force
- Distance between bolts perpendicular to the shear force
- Bolt hole diameter
- Distance to the plate edge in the direction of the shear force
- Distance between bolts in the direction of the shear force
- Ultimate tensile strength of the bolt
- Ultimate strength
- Nominal diameter of the fastener
- Thickness of the plate
- Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{int} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 3.9 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 3.4 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ss} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 1.5 \%$$

Detailed result for B9

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 5.9 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 162.1 \text{ kN} \geq F_t = 5.9 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_v \alpha_v f_{vb} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 0.6 \text{ kN}$$

where:

Project:

Project no:

Author:

- $\beta_p = 1.00$ – Reducing factor
- $\alpha_v = 0.60$ – Reducing factor
- $f_{ub} = 800.0$ MPa – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A = 157$ mm² – Tensile stress area of the bolt
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 118.5 \text{ kN} \geq V = 0.6 \text{ kN}$$

where:

- $k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$ – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0.86$ – Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer
- $e_2 = 30$ mm – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force
- $p_2 = 60$ mm – Distance between bolts perpendicular to the shear force
- $d_0 = 18$ mm – Bolt hole diameter
- $e_1 = 150$ mm – Distance to the plate edge in the direction of the shear force
- $p_1 = 60$ mm – Distance between bolts in the direction of the shear force
- $f_{ub} = 800.0$ MPa – Ultimate tensile strength of the bolt
- $f_u = 430.0$ MPa – Ultimate strength
- $d = 16$ mm – Nominal diameter of the fastener
- $t = 10$ mm – Thickness of the plate
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 5.7 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 6.6 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{s,Rd}; F_{b,Rd})} = 1.0 \%$$

Detailed result for B10

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_t}{\gamma_{M2}} = 90.4 \text{ kN} \geq F_t = 5.9 \text{ kN}$$

where:

- $k_2 = 0.90$ – Factor
- $f_{ub} = 800.0$ MPa – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A_t = 157$ mm² – Tensile stress area of the bolt

Project:

Project no:

Author:

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 162.1 \text{ kN} \geq F_t = 5.9 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 25 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 60.3 \text{ kN} \geq V = 0.6 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 157 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 118.5 \text{ kN} \geq V = 0.6 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 2.50 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4} \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.86 \quad \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer}$$

$$e_2 = 30 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force}$$

$$p_2 = 60 \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts perpendicular to the shear force}$$

$$d_0 = 18 \text{ mm} \quad \text{– Bolt hole diameter}$$

$$e_1 = 150 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge in the direction of the shear force}$$

$$p_1 = 60 \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts in the direction of the shear force}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$d = 16 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$

$$t = 10 \text{ mm} \quad \text{– Thickness of the plate}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 5.7 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 6.6 \%$$

Project:

Project no:



Author:

Utilization in shear

$$U_{sz} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 1.0 \%$$

Welds (Plastic redistribution)

Item	Edge	Throat th. [mm]	Length [mm]	Loads	$\sigma_{w,Ed}$ [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	σ_{\perp} [MPa]	τ_{\parallel} [MPa]	τ_{\perp} [MPa]	Ut [%]	Ut _c [%]	Status
EP1	B-bfl 1	▲5.0▲	120	LE4	24.5	0.0	-11.7	0.0	-12.5	6.1	2.8	OK
		▲5.0▲	120	LE4	28.2	0.0	-14.6	0.0	13.9	7.0	3.4	OK
EP1	B-tfl 1	▲5.0▲	120	LE3	57.0	0.0	-26.0	0.3	-29.3	14.1	6.9	OK
		▲5.0▲	120	LE3	56.9	0.0	-30.9	-0.4	27.6	14.1	6.2	OK
EP1	B-w 1	▲5.0▲	109	LE3	22.7	0.0	0.7	-13.1	0.7	5.6	4.4	OK
		▲5.0▲	109	LE3	22.7	0.0	0.7	13.1	-0.7	5.6	4.4	OK
EP1	WID1	▲6.0▲	50	LE4	49.7	0.0	-17.4	20.5	-17.4	12.3	7.3	OK
		▲6.0▲	50	LE4	49.7	0.0	-17.4	-20.5	17.4	12.3	7.3	OK
B-bfl 1	WID1	▲6.0▲	50	LE4	61.5	0.0	-20.1	-26.9	-20.1	15.2	7.5	OK
		▲6.0▲	50	LE4	61.5	0.0	-20.1	26.8	20.1	15.2	7.5	OK

Design data

	β_w [-]	$\sigma_{w,Rd}$ [MPa]	0.9 σ [MPa]
S 275	0.85	404.7	309.6

Detailed result for EP1 B-bfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 24.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 11.7 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 6.1 \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 28.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 14.6 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Project:

Project no:

Author:

Stress utilization

$$U_T = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 7.0 \%$$

Detailed result for EP1 B-tfl 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 57.0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 26.0 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_T = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 14.1 \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 56.9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 30.9 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_T = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 14.1 \%$$

Detailed result for EP1 B-w 1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 22.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 0.7 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_T = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 5.6 \%$$

Project:

Project no:

Author:

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 22.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 0.7 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 5.6 \%$$

Detailed result for EP1 WID1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 49.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 17.4 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 12.3 \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 49.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u / \gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 17.4 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_t = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 12.3 \%$$

Detailed result for B-bfl 1 WID1

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u / (\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 61.5 \text{ MPa}$$

Project:

Project no:

Author:

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u/\gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 20.1 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_f = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 15.2 \%$$

Weld resistance check (EN 1993-1-8 4.5.3.2)

$$\sigma_{w,Rd} = f_u/(\beta_w \gamma_{M2}) = 404.7 \text{ MPa} \geq \sigma_{w,Ed} = [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)]^{0.5} = 61.5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp,Rd} = 0.9f_u/\gamma_{M2} = 309.6 \text{ MPa} \geq |\sigma_{\perp}| = 20.1 \text{ MPa}$$

where:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\beta_w = 0.85 \quad \text{– appropriate correlation factor taken from Table 4.1}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Stress utilization

$$U_f = \max\left(\frac{\sigma_{w,Ed}}{\sigma_{w,Rd}}; \frac{|\sigma_{\perp}|}{\sigma_{\perp,Rd}}\right) = 15.2 \%$$

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Cost estimation

Steel

Steel grade	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
S 275	1.83	2.00	3.66

Welds

Weld type	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
Double fillet	5.0	7.1	0.14	40.00	5.48
Double fillet	6.0	8.5	0.06	40.00	2.26

Bolts

Bolt assembly	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
M16 8.8	1.05	5.00	5.26

Project:

Project no:

Author:

Hole drilling

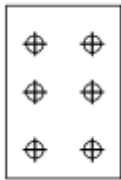
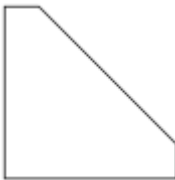
Bolt assembly cost [€]	Percentage of bolt assembly cost [%]	Cost [€]
5.26	30.0	1.58

Cost summary

Cost estimation summary	Cost [€]
Total estimated cost	18.24

Bill of material

Manufacturing operations

Name	Plates [mm]	Shape	Nr.	Welds [mm]	Length [mm]	Bolts	Nr.
EP1	P10.0x120.0-180.0 (S 275)		1	Double fillet: a = 5.0	349.0	M16 8.8	6
WID1	P10.0x50.0-50.0 (S 275)		1	Double fillet: a = 6.0	100.0		

Welds

Type	Material	Throat thickness [mm]	Leg size [mm]	Length [mm]
Double fillet	S 275	5.0	7.1	349.0
Double fillet	S 275	6.0	8.5	100.0

Bolts

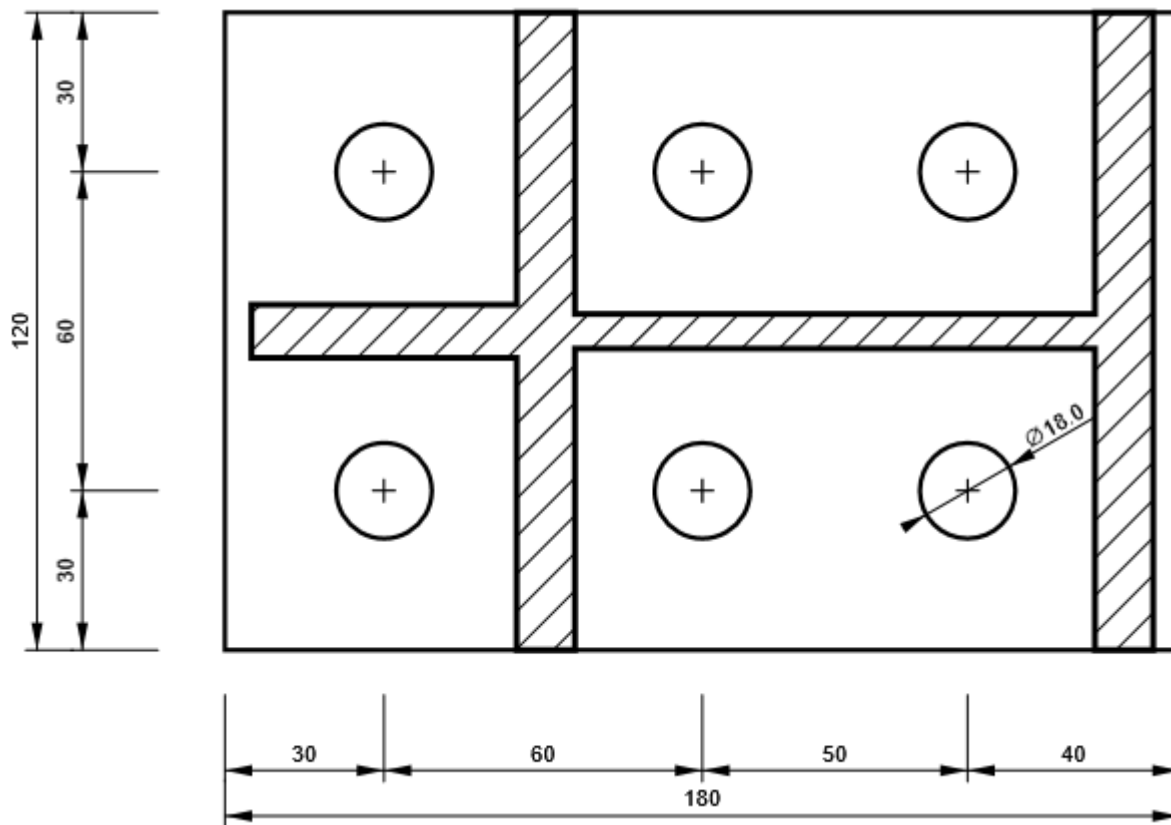
Name	Grip length [mm]	Count
M16 8.8	21	6

Project:
Project no:
Author:

Drawing

EP1

P10.0x180-120 (S 275)



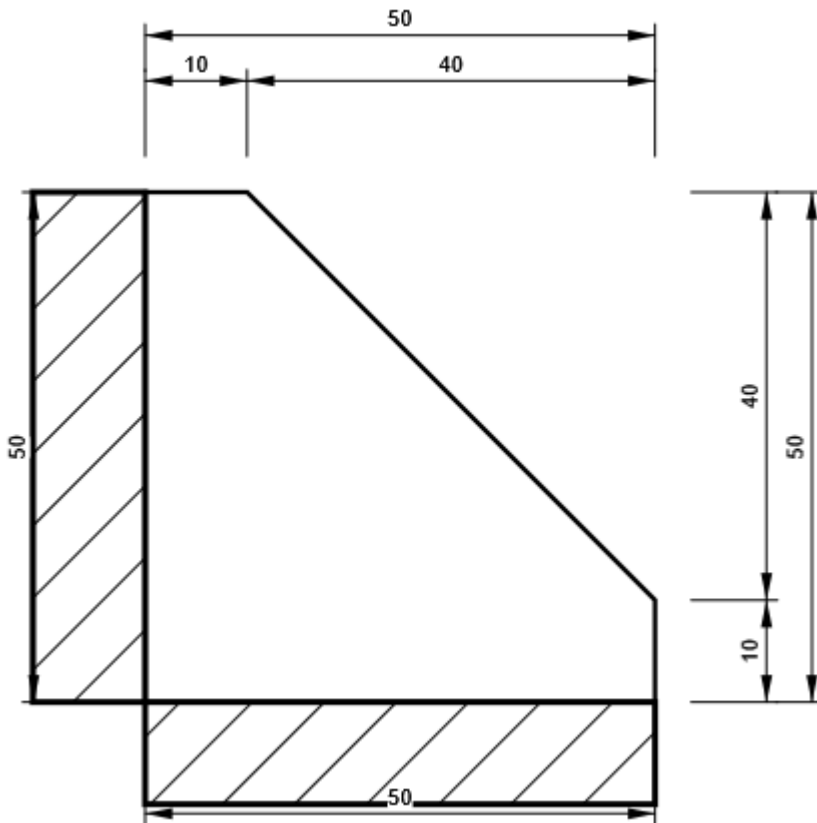
Project:

Project no:

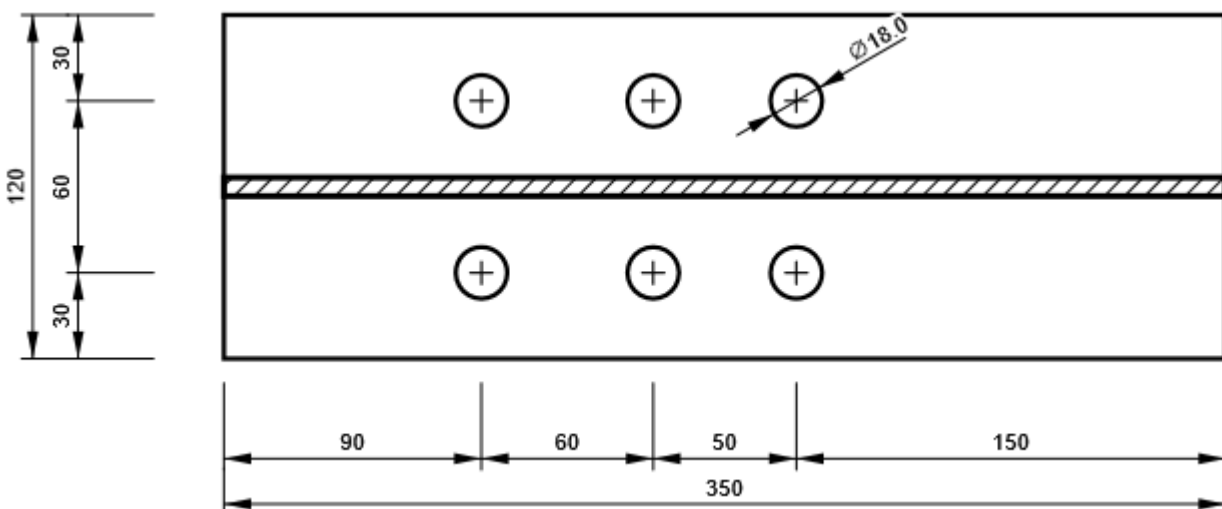
Author:

WID1

P10.0x50-50 (S 275)



C, HEB120 - Bottom flange 1:



Project:

Project no:

Author:

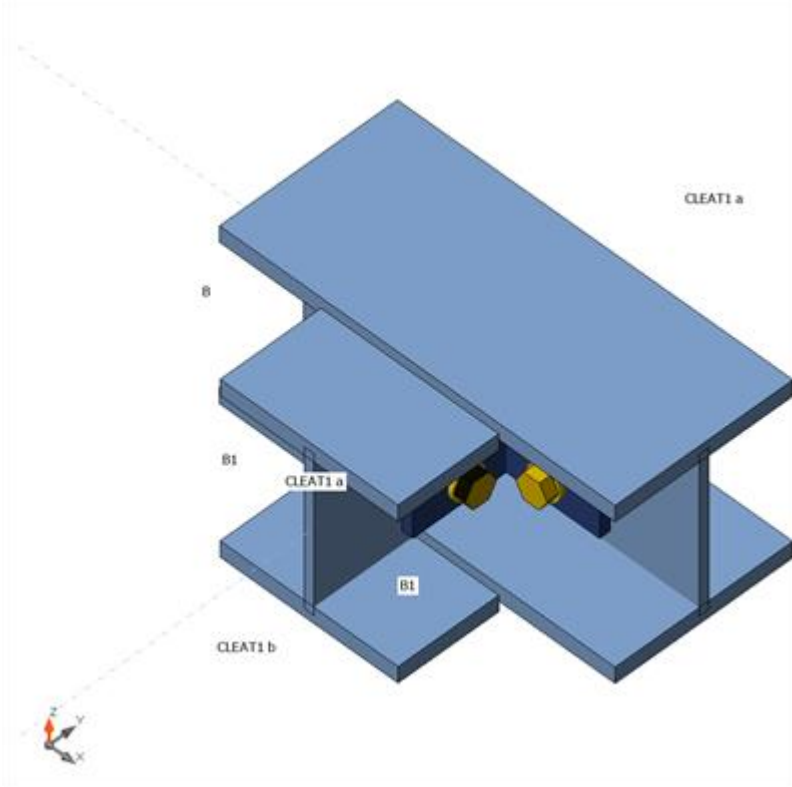
Project item SHEAR CONNECTION

Design

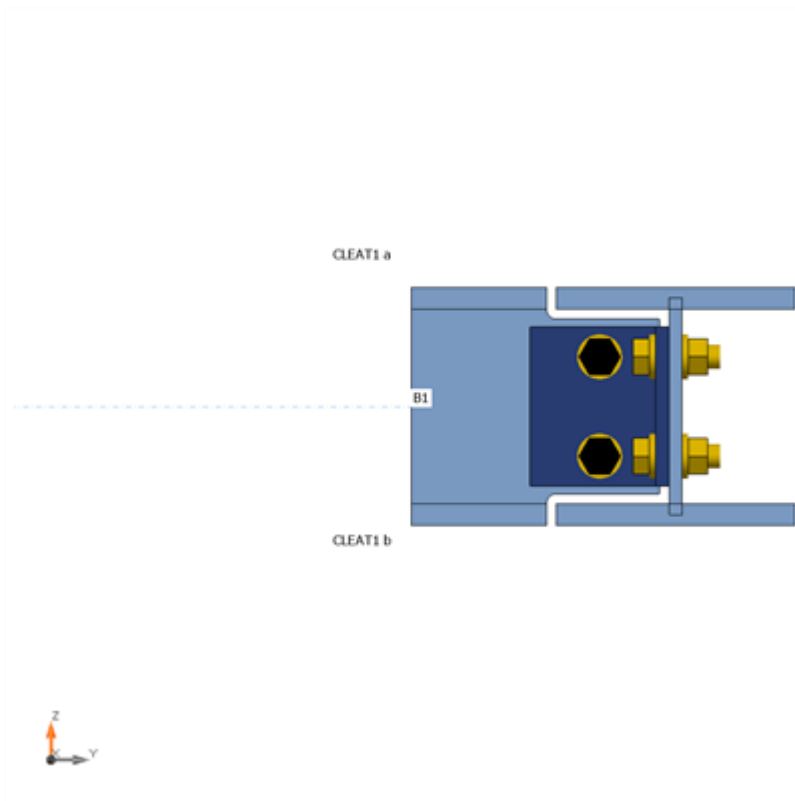
Name CON4
Description
Analysis Stress, strain/ simplified loading

Beams and columns

Name	Cross-section	β - Direction [°]	γ - Pitch [°]	α - Rotation [°]	Offset ex [mm]	Offset ey [mm]	Offset ez [mm]	Forces in	X [mm]
B	6 - HEB120	0.0	0.0	0.0	0	0	0	Node	0
B1	6 - HEB120	-90.0	0.0	0.0	0	0	0	Bolts	38



Project:
 Project no:
 Author:



Cross-sections

Name	Material
6 - HEB120	S 275
9 - L70X7	S 275

Cross-sections

Name	Material	Drawing
6 - HEB120	S 275	

Project:

Project no:

Author:

9 - L70X7	S 275	
-----------	-------	--

Bolts

Name	Bolt assembly	Diameter [mm]	f_u [MPa]	Gross area [mm ²]
M12 8.8	M12 8.8	12	800.0	113

Load effects (equilibrium not required)

Name	Member	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
LE1	B1	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0

Check

Summary

Name	Value	Status
Analysis	100.0%	OK
Plates	0.0 < 5.0%	OK
Bolts	3.2 < 100%	OK
Buckling	Not calculated	

Plates

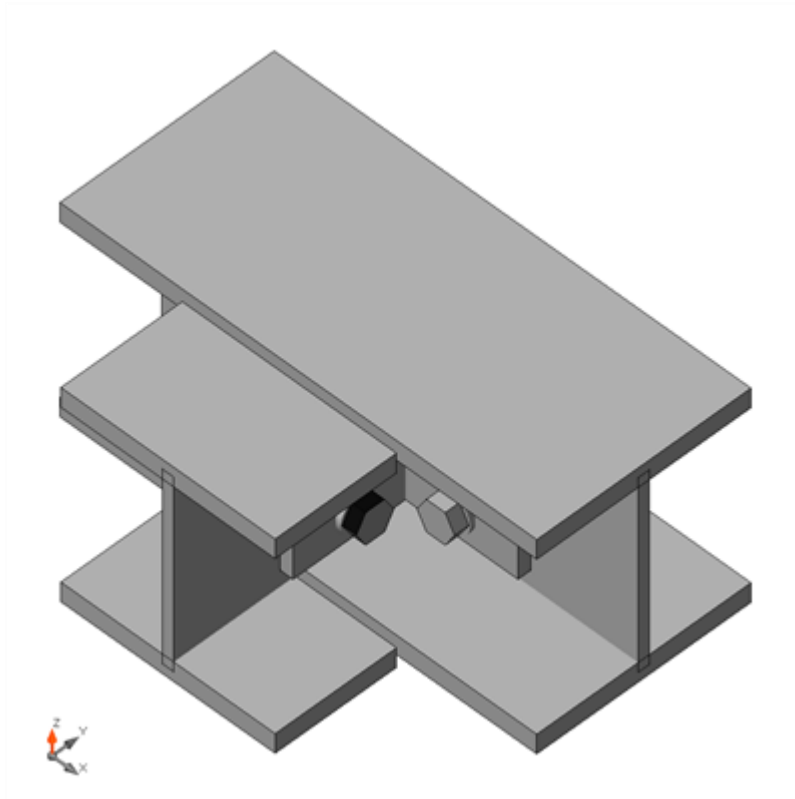
Name	Thickness [mm]	Loads	σ_{Ed} [MPa]	ϵ_{Pl} [%]	σ_{CEd} [MPa]	Status
B-bfl 1	11.0	LE1	6.0	0.0	0.0	OK
B-tfl 1	11.0	LE1	2.8	0.0	0.0	OK
B-w 1	6.5	LE1	25.8	0.0	3.1	OK
B1-bfl 1	11.0	LE1	12.7	0.0	0.0	OK
B1-tfl 1	11.0	LE1	13.5	0.0	0.0	OK
B1-w 1	6.5	LE1	112.8	0.0	3.3	OK
CLEAT1 a-bfl 1	7.0	LE1	17.1	0.0	2.9	OK
CLEAT1 a-w 1	7.0	LE1	25.8	0.0	2.7	OK
CLEAT1 b-bfl 1	7.0	LE1	39.7	0.0	3.3	OK
CLEAT1 b-w 1	7.0	LE1	35.1	0.0	3.3	OK

Design data

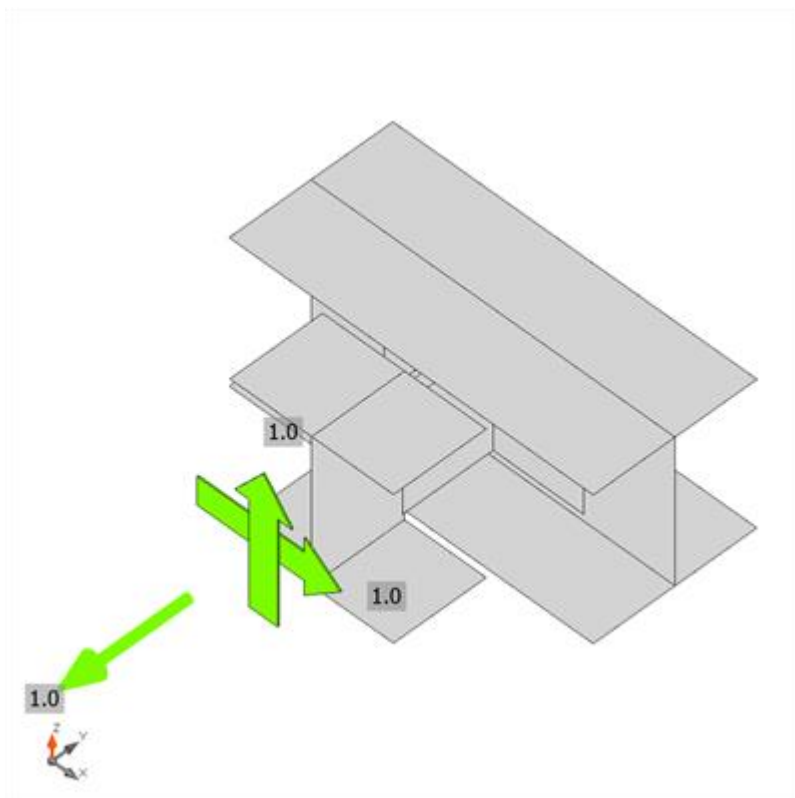
Material	f_y	ϵ_{lim}
----------	-------	------------------

Project:
Project no:
Author:

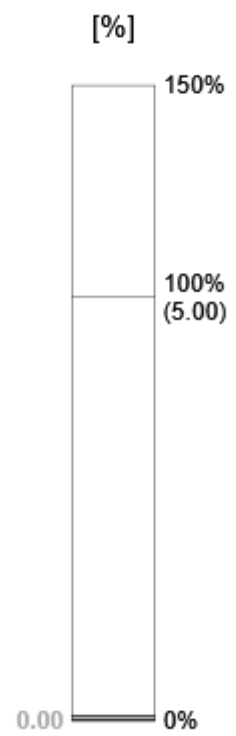
	[MPa]	[%]
S 275	275.0	5.0



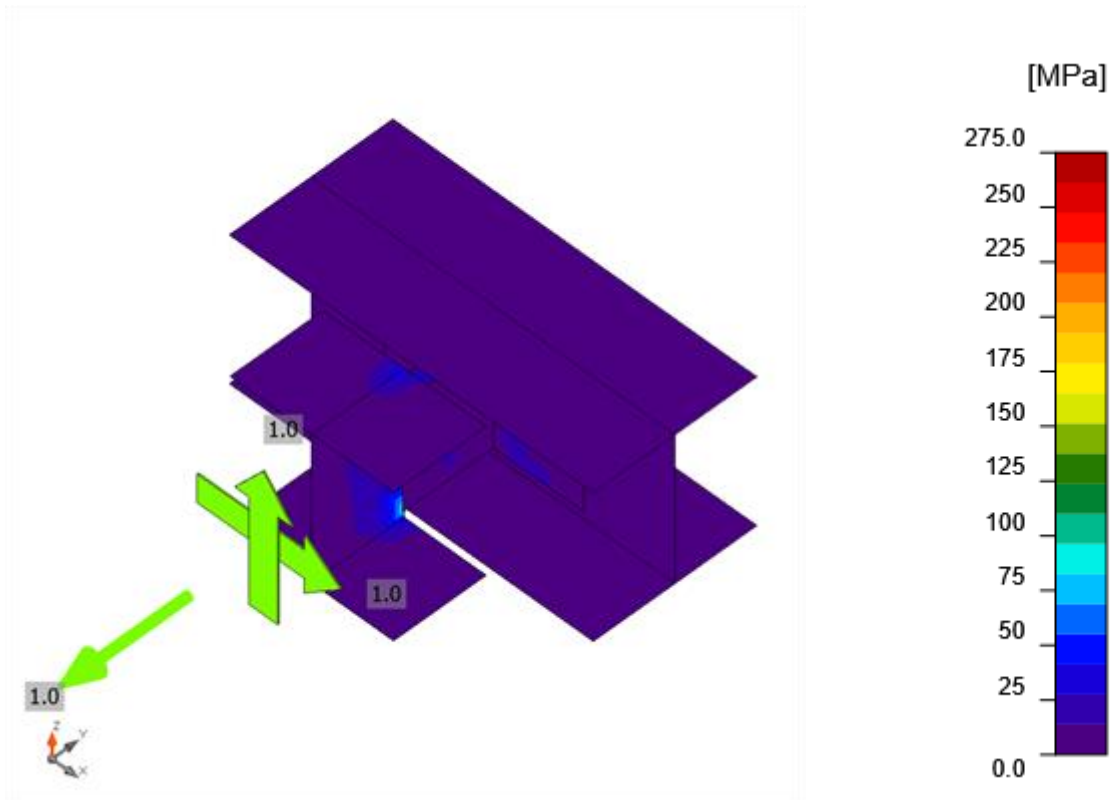
Overall check, LE1



Strain check, LE1

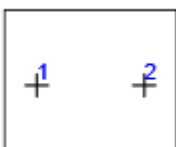
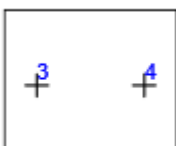
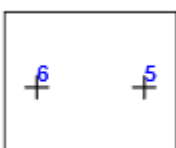


Project:
 Project no:
 Author:



Equivalent stress, LE1

Bolts

	Name	Grade	Loads	$F_{t,Ed}$ [kN]	V [kN]	$U_{t,t}$ [%]	$F_{b,Rd}$ [kN]	$U_{t,s}$ [%]	$U_{t,s}$ [%]	Status
	B1	M12 8.8 - 1	LE1	0.7	0.5	1.5	37.6	1.9	2.6	OK
	B2	M12 8.8 - 1	LE1	0.7	0.5	1.4	19.0	2.7	2.6	OK
	B3	M12 8.8 - 2	LE1	0.9	0.3	1.9	17.1	1.9	2.4	OK
	B4	M12 8.8 - 2	LE1	0.1	0.4	0.2	51.2	1.2	1.3	OK
	B5	M12 8.8 - 2	LE1	1.3	0.4	2.6	18.0	2.4	3.2	OK
	B6	M12 8.8 - 2	LE1	0.4	0.3	0.8	51.8	0.9	1.5	OK

Design data

Name	$F_{t,Rd}$ [kN]	$B_{p,Rd}$ [kN]	$F_{v,Rd}$ [kN]
M12 8.8 - 1	48.4	90.8	32.3

Project:

Project no:

Author:

M12 8.8 - 2 | 48.4 | 84.3 | 32.3

Detailed result for B1

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 48.4 \text{ kN} \geq F_t = 0.7 \text{ kN}$$

where:

$k_2 = 0.90$ – Factor
 $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
 $A_s = 84 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
 $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 90.8 \text{ kN} \geq F_t = 0.7 \text{ kN}$$

where:

$d_m = 20 \text{ mm}$ – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
 $t_p = 7 \text{ mm}$ – Thickness
 $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
 $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 32.3 \text{ kN} \geq V = 0.5 \text{ kN}$$

where:

$\beta_p = 1.00$ – Reducing factor
 $\alpha_v = 0.60$ – Reducing factor
 $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
 $A = 84 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
 $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d_t}{\gamma_{M2}} = 37.6 \text{ kN} \geq V = 0.7 \text{ kN}$$

where:

$k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.39$ – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer
 $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0.59$ – Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer
 $e_2 = 19 \text{ mm}$ – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force
 $p_2 = \infty \text{ mm}$ – Distance between bolts perpendicular to the shear force
 $d_0 = 13 \text{ mm}$ – Bolt hole diameter
 $e_1 = 23 \text{ mm}$ – Distance to the plate edge in the direction of the shear force
 $p_1 = \infty \text{ mm}$ – Distance between bolts in the direction of the shear force

Project:

Project no:

Author:

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$$

– Ultimate tensile strength of the bolt

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

– Ultimate strength

$$d = 12 \text{ mm}$$

– Nominal diameter of the fastener

$$t = 7 \text{ mm}$$

– Thickness of the plate

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 2.6 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 1.5 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{s,Rd}; F_{b,Rd})} = 1.9 \%$$

Detailed result for B2

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 48.4 \text{ kN} \geq F_t = 0.7 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 84 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 90.8 \text{ kN} \geq F_t = 0.7 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 20 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 7 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 32.3 \text{ kN} \geq V = 0.5 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 84 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Project:

Project no:

Author:

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 19.0 \text{ kN} \geq V = 0.5 \text{ kN}$$

where:

$k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 1.53$	– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer
$\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0.43$	– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer
$e_2 = 15 \text{ mm}$	– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force
$p_2 = \infty \text{ mm}$	– Distance between bolts perpendicular to the shear force
$d_0 = 13 \text{ mm}$	– Bolt hole diameter
$e_1 = 17 \text{ mm}$	– Distance to the plate edge in the direction of the shear force
$p_1 = \infty \text{ mm}$	– Distance between bolts in the direction of the shear force
$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$	– Ultimate tensile strength of the bolt
$f_u = 430.0 \text{ MPa}$	– Ultimate strength
$d = 12 \text{ mm}$	– Nominal diameter of the fastener
$t = 7 \text{ mm}$	– Thickness of the plate
$\gamma_{M2} = 1.25$	– Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{int} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 2.6 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 1.4 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{s,Rd}; F_{b,Rd})} = 2.7 \%$$

Detailed result for B3

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 48.4 \text{ kN} \geq F_t = 0.9 \text{ kN}$$

where:

$k_2 = 0.90$	– Factor
$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$	– Ultimate tensile strength of the bolt
$A_s = 84 \text{ mm}^2$	– Tensile stress area of the bolt
$\gamma_{M2} = 1.25$	– Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_p}{\gamma_{M2}} = 84.3 \text{ kN} \geq F_t = 0.9 \text{ kN}$$

where:

$d_m = 20 \text{ mm}$	– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
$t_p = 7 \text{ mm}$	– Thickness

Project:

Project no:

Author:

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 32.3 \text{ kN} \geq V = 0.3 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_p = 1.00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_v = 0.60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 84 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 17.1 \text{ kN} \geq V = 0.3 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 1.53 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$
$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.39 \quad \text{– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer}$$
$$e_2 = 15 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force}$$
$$p_2 = \infty \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts perpendicular to the shear force}$$
$$d_0 = 13 \text{ mm} \quad \text{– Bolt hole diameter}$$
$$e_1 = 15 \text{ mm} \quad \text{– Distance to the plate edge in the direction of the shear force}$$
$$p_1 = \infty \text{ mm} \quad \text{– Distance between bolts in the direction of the shear force}$$
$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$
$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$
$$d = 12 \text{ mm} \quad \text{– Nominal diameter of the fastener}$$
$$t = 7 \text{ mm} \quad \text{– Thickness of the plate}$$
$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{int} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4 F_{s,Rd}} = 2.4 \%$$

Utilization in tension

$$U_{it} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 1.9 \%$$

Utilization in shear

$$U_{is} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 1.9 \%$$

Detailed result for B4

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Project:

Project no:

Author:

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 48.4 \text{ kN} \geq F_t = 0.1 \text{ kN}$$

where:

$k_2 = 0.90$ – Factor
 $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
 $A_s = 84 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
 $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 84.3 \text{ kN} \geq F_t = 0.1 \text{ kN}$$

where:

$d_m = 20 \text{ mm}$ – The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller
 $t_p = 7 \text{ mm}$ – Thickness
 $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
 $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 32.3 \text{ kN} \geq V = 0.4 \text{ kN}$$

where:

$\beta_p = 1.00$ – Reducing factor
 $\alpha_v = 0.60$ – Reducing factor
 $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
 $A = 84 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
 $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_t d t}{\gamma_{M2}} = 51.2 \text{ kN} \geq V = 0.4 \text{ kN}$$

where:

$k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.17$ – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer
 $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0.82$ – Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer
 $e_2 = 18 \text{ mm}$ – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force
 $p_2 = \infty \text{ mm}$ – Distance between bolts perpendicular to the shear force
 $d_0 = 13 \text{ mm}$ – Bolt hole diameter
 $e_1 = 32 \text{ mm}$ – Distance to the plate edge in the direction of the shear force
 $p_1 = \infty \text{ mm}$ – Distance between bolts in the direction of the shear force
 $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
 $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
 $d = 12 \text{ mm}$ – Nominal diameter of the fastener
 $t = 7 \text{ mm}$ – Thickness of the plate

Project:

Project no:

Author:

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ttt} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 1.3 \quad \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 0.2 \quad \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 1.2 \quad \%$$

Detailed result for B5

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 48.4 \text{ kN} \geq F_t = 1.3 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 84 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 84.3 \text{ kN} \geq F_t = 1.3 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 20 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 7 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_s \alpha_s f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 32.3 \text{ kN} \geq V = 0.4 \text{ kN}$$

where:

$$\beta_s = 1.00 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$\alpha_s = 0.60 \quad \text{– Reducing factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A = 84 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_t d t}{\gamma_{M2}} = 18.0 \text{ kN} \geq V = 0.4 \text{ kN}$$

where:

$$k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5\right) = 1.53 \quad \text{– Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer}$$

Project:

Project no:

Author:

$$\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1\right) = 0.41$$

$$e_2 = 15 \text{ mm}$$

$$p_2 = \infty \text{ mm}$$

$$d_0 = 13 \text{ mm}$$

$$e_1 = 16 \text{ mm}$$

$$p_1 = \infty \text{ mm}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa}$$

$$d = 12 \text{ mm}$$

$$t = 7 \text{ mm}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

– Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer

– Distance to the plate edge perpendicular to the shear force

– Distance between bolts perpendicular to the shear force

– Bolt hole diameter

– Distance to the plate edge in the direction of the shear force

– Distance between bolts in the direction of the shear force

– Ultimate tensile strength of the bolt

– Ultimate strength

– Nominal diameter of the fastener

– Thickness of the plate

– Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{tts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 3.2 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 2.6 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{s,Ed}}{\min(F_{s,Rd}; F_{b,Rd})} = 2.4 \%$$

Detailed result for B6

Tension resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 f_{ub} A_s}{\gamma_{M2}} = 48.4 \text{ kN} \geq F_t = 0.4 \text{ kN}$$

where:

$$k_2 = 0.90 \quad \text{– Factor}$$

$$f_{ub} = 800.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate tensile strength of the bolt}$$

$$A_s = 84 \text{ mm}^2 \quad \text{– Tensile stress area of the bolt}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Punching resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$B_{p,Rd} = \frac{0.6\pi d_m t_p f_u}{\gamma_{M2}} = 84.3 \text{ kN} \geq F_t = 0.4 \text{ kN}$$

where:

$$d_m = 20 \text{ mm} \quad \text{– The mean of the across points and across flats dimensions of the bolt head or the nut, whichever is smaller}$$

$$t_p = 7 \text{ mm} \quad \text{– Thickness}$$

$$f_u = 430.0 \text{ MPa} \quad \text{– Ultimate strength}$$

$$\gamma_{M2} = 1.25 \quad \text{– Safety factor}$$

Shear resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

Project:

Project no:

Author:

$$F_{v,Rd} = \frac{\beta_p \alpha_v f_{ub} A}{\gamma_{M2}} = 32.3 \text{ kN} \geq V = 0.3 \text{ kN}$$

where:

- $\beta_p = 1.00$ – Reducing factor
- $\alpha_v = 0.60$ – Reducing factor
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $A = 84 \text{ mm}^2$ – Tensile stress area of the bolt
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Bearing resistance check (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \alpha_b f_u d t}{\gamma_{M2}} = 51.8 \text{ kN} \geq V = 0.3 \text{ kN}$$

where:

- $k_1 = \min(2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7, 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7, 2.5) = 2.50$ – Factor for edge distance and bolt spacing perpendicular to the direction of load transfer
- $\alpha_b = \min(\frac{e_1}{3d_0}, \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}, \frac{f_{ub}}{f_u}, 1) = 0.77$ – Factor for end distance and bolt spacing in direction of load transfer
- $e_2 = 30 \text{ mm}$ – Distance to the plate edge perpendicular to the shear force
- $p_2 = \infty \text{ mm}$ – Distance between bolts perpendicular to the shear force
- $d_0 = 13 \text{ mm}$ – Bolt hole diameter
- $e_1 = 30 \text{ mm}$ – Distance to the plate edge in the direction of the shear force
- $p_1 = \infty \text{ mm}$ – Distance between bolts in the direction of the shear force
- $f_{ub} = 800.0 \text{ MPa}$ – Ultimate tensile strength of the bolt
- $f_u = 430.0 \text{ MPa}$ – Ultimate strength
- $d = 12 \text{ mm}$ – Nominal diameter of the fastener
- $t = 7 \text{ mm}$ – Thickness of the plate
- $\gamma_{M2} = 1.25$ – Safety factor

Interaction of tension and shear (EN 1993-1-8 tab 3.4)

$$U_{ts} = \frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} + \frac{F_{s,Ed}}{1.4F_{s,Rd}} = 1.5 \%$$

Utilization in tension

$$U_{tt} = \frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{t,Rd}; B_{p,Rd})} = 0.8 \%$$

Utilization in shear

$$U_{ts} = \frac{V_{Ed}}{\min(F_{v,Rd}; F_{b,Rd})} = 0.9 \%$$

Buckling

Buckling analysis was not calculated.

Project:

Project no:

Author:

Cost estimation

Steel

Steel grade	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
S 275	1.17	2.00	2.34

Bolts

Bolt assembly	Total weight [kg]	Unit cost [€/kg]	Cost [€]
M12 8.8	0.51	5.00	2.57

Hole drilling

Bolt assembly cost [€]	Percentage of bolt assembly cost [%]	Cost [€]
2.57	30.0	0.77

Cost summary

Cost estimation summary	Cost [€]
Total estimated cost	5.67

Bill of material

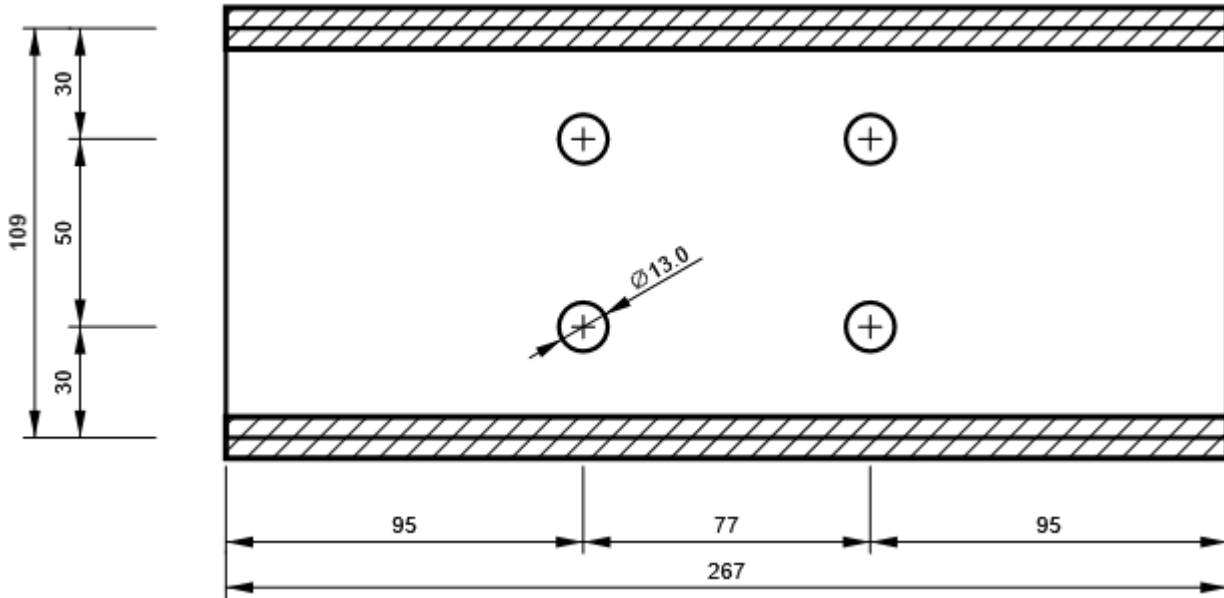
Bolts

Name	Grip length [mm]	Count
M12 8.8	20	2
M12 8.8	13	4

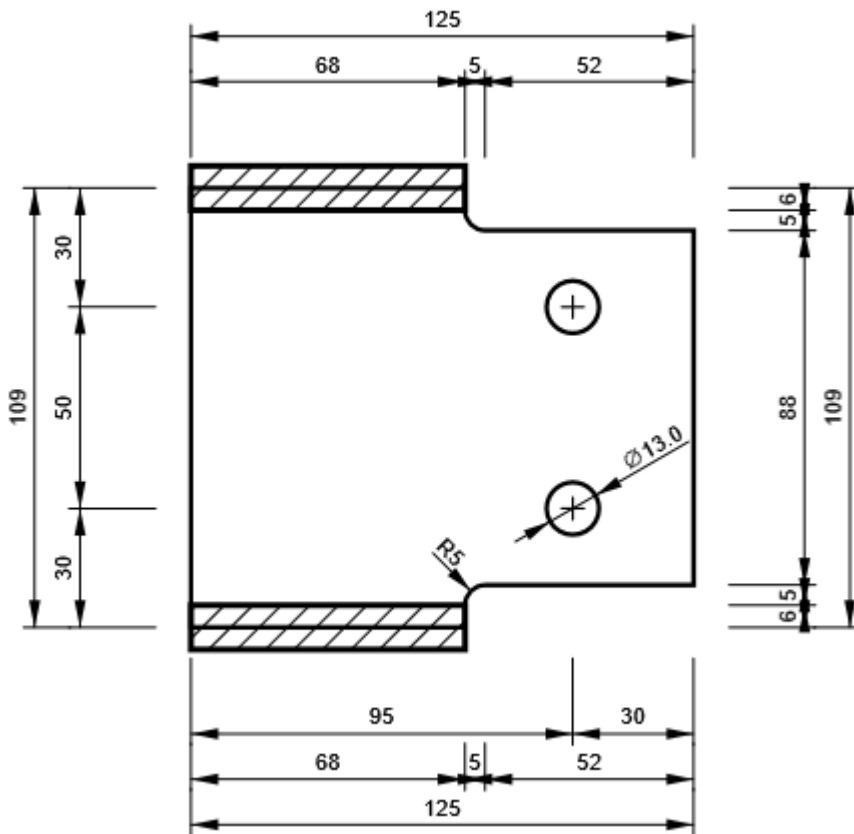
Project:
Project no:
Author:

Drawing

B, HEB120 - Web 1:

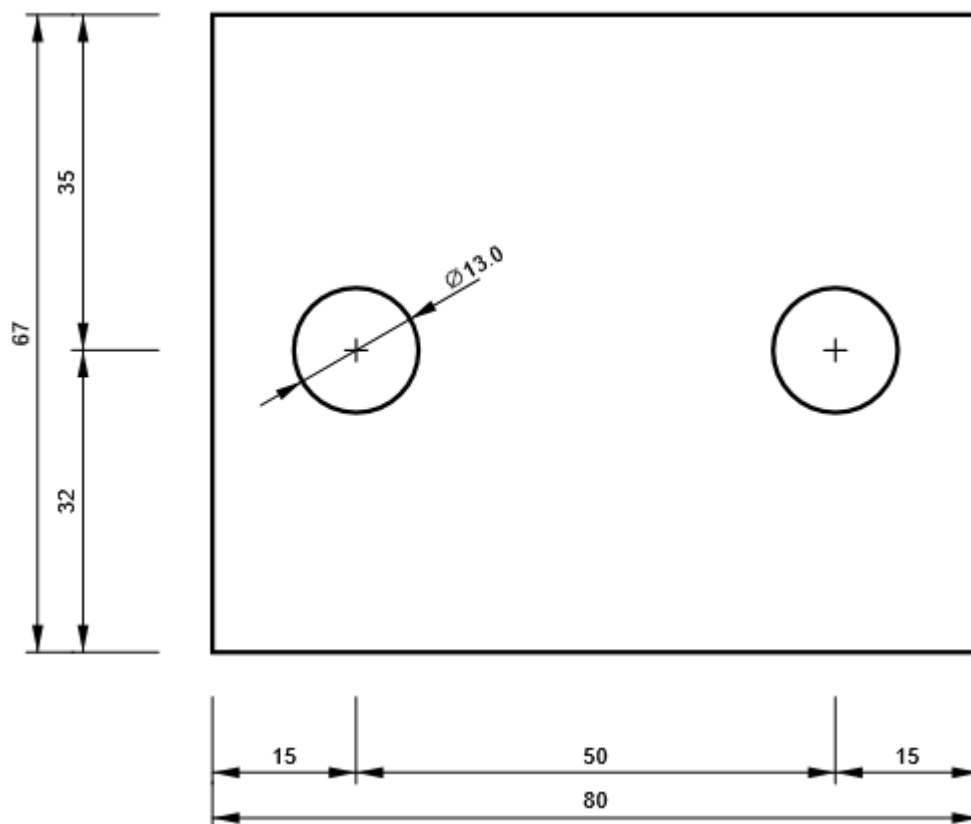


B1, HEB120 - Web 1:

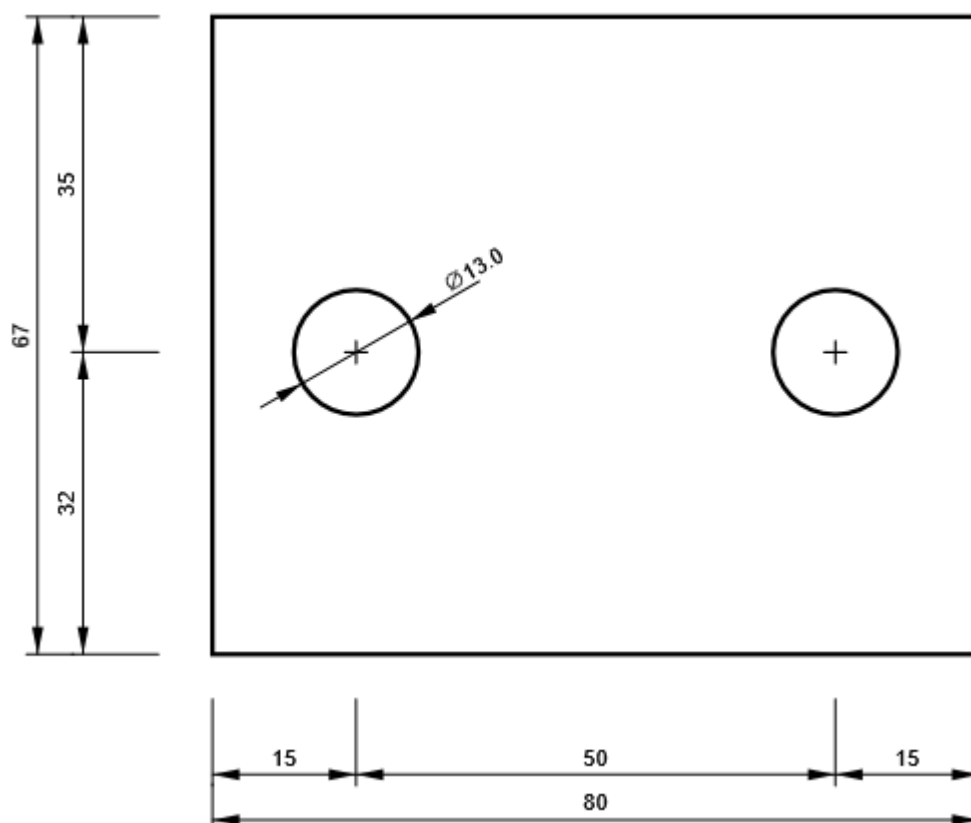


Project:
Project no:
Author:

CLEAT1 a, L70X7 - Bottom flange 1:



CLEAT1 a, L70X7 - Web 1:

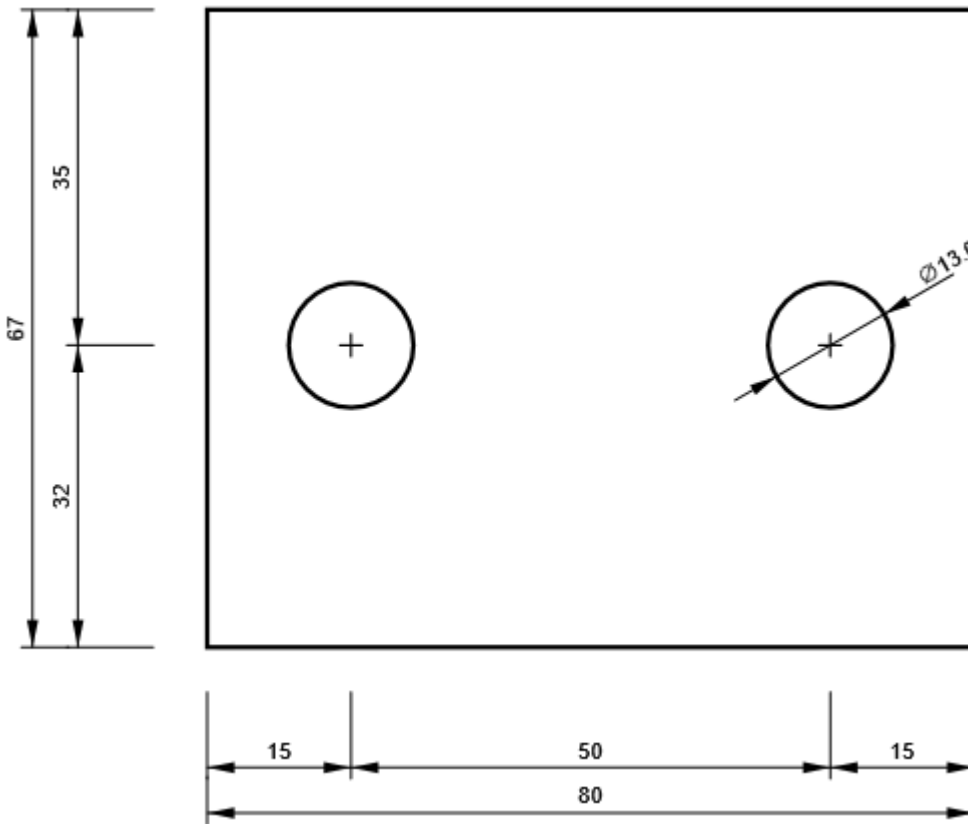


Project:

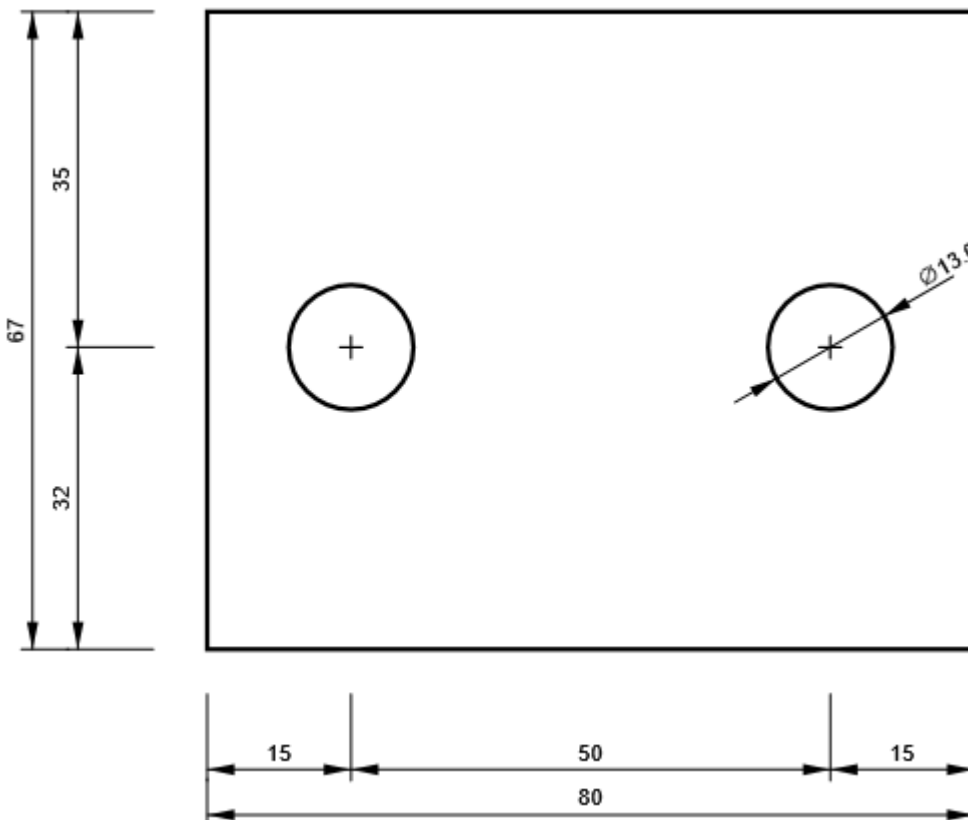
Project no:

Author:

CLEAT1 b, L70X7 - Bottom flange 1:



CLEAT1 b, L70X7 - Web 1:



Project:

Project no:

Author:

Symbol explanation

Symbol	Symbol explanation
ϵ_{Pl}	Strain
σ_{Ed}	Eq. stress
f_y	Yield strength
ϵ_{lim}	Limit of plastic strain
$F_{t,Rd}$	Bolt tension resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
$B_{p,Rd}$	Punching shear resistance
$F_{t,Ed}$	Tension force
V	Resultant of shear forces V_y, V_z in bolt
$F_{v,Rd}$	Bolt shear resistance EN 1993-1-8 table 3.4
$F_{b,Rd}$	Plate bearing resistance EN 1993-1-8 tab. 3.4
U_t	Utilization in tension
U_s	Utilization in shear
$\sigma_{w,Ed}$	Equivalent stress
$\sigma_{w,Rd}$	Equivalent stress resistance
σ_{\perp}	Perpendicular stress
τ_{\parallel}	Shear stress parallel to weld axis
τ_{\perp}	Shear stress perpendicular to weld axis
$0.9 \sigma_{w,Rd}$	Perpendicular stress resistance - $0.9 \cdot f_u / \gamma_{M2}$
β_w	Corelation factor EN 1993-1-8 tab. 4.1
U_t	Utilization
U_{tc}	Weld capacity utilization

Code settings

Item	Value	Unit	Reference
γ_{M0}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M1}	1.00	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M2}	1.25	-	EN 1993-1-1: 6.1
γ_{M3}	1.25	-	EN 1993-1-8: 2.2
γ_C	1.50	-	EN 1992-1-1: 2.4.2.4
γ_{Inst}	1.20	-	EN 1992-4: Table 4.1
Joint coefficient β_j	0.67	-	EN 1993-1-8: 6.2.5
Effective area - influence of mesh size	0.10	-	
Friction coefficient - concrete	0.25	-	EN 1993-1-8
Friction coefficient in slip-resistance	0.30	-	EN 1993-1-8 tab 3.7
Limit plastic strain	0.05	-	EN 1993-1-5
Weld stress evaluation	Plastic redistribution		
Detailing	No		
Distance between bolts [d]	2.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Distance between bolts and edge [d]	1.20	-	EN 1993-1-8: tab 3.3
Concrete breakout resistance check	Both		EN 1992-4: 7.2.1.4 and 7.2.2.5
Use calculated α_b in bearing check.	Yes		EN 1993-1-8: tab 3.4
Cracked concrete	Yes		EN 1992-4
Local deformation check	No		CIDECT DG 1, 3 - 1.1

Project:

Project no:

Author:



Local deformation limit	0.03	-	CIDECT DG 1, 3 - 1.1
Geometrical nonlinearity (GMNA)	Yes		Analysis with large deformations for hollow section joints
Braced system	No		EN 1993-1-8: 5.2.2.5



Anexo3

Fichas técnicas.

- Losas alveolares
- Cimentación con pilares
- Vigas
- Modelo Piloedre ®

FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FORJADO DE LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS SEGUN EHE-08

FABRICANTE: PREFABRICADOS TEIDE, S.L.
POL - INDUSTRIAL LAS ERAS ALTAS, Parcela 1
38592 ARICO (TENERIFE)

MARCA: Losa Alveolar Pretensada Tipo 15x120 v.3

TÉCNICO AUTOR DE LA MEMORIA Asensio Martínez Ruiz
Ingeniero Industrial

HOJA 1 de 5

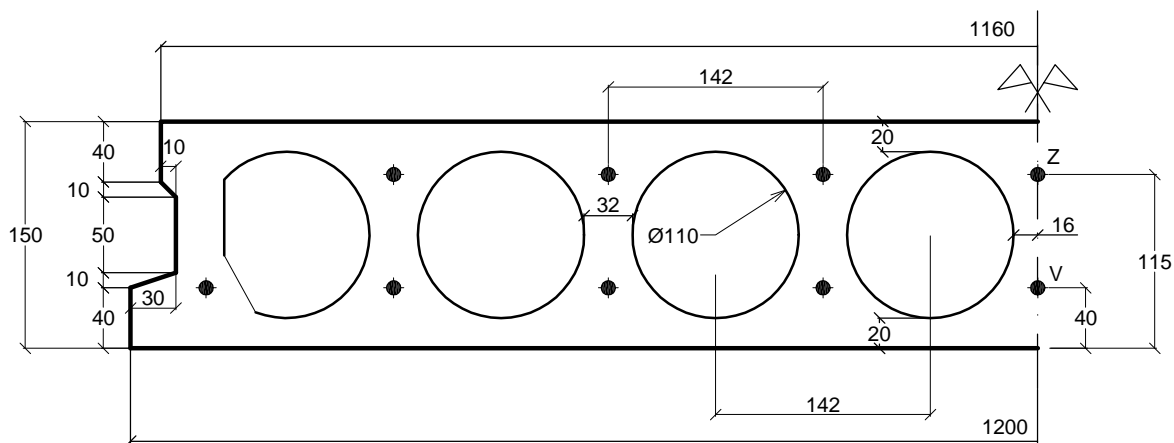
Ficha nº09030/14.04.09



1. LOSA (cotas en mm)

150 x 1200 v.3

Peso: 2,47 kN/m

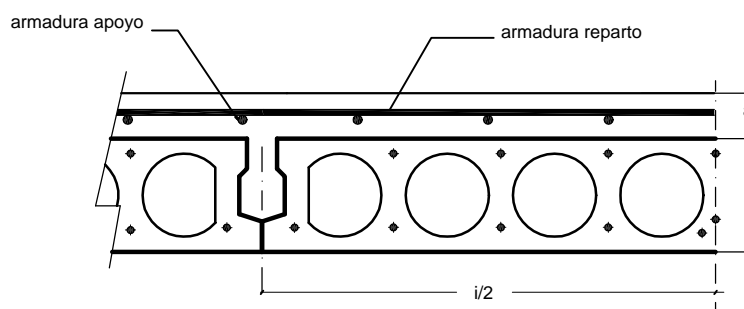


ESCALA 1:5

2. FORJADO (cotas en mm)

Peso (kN/m²)

b+a (mm)	i=1.200
150 + 50	3,40



FICHA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL FORJADO DE LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS SEGUN EHE-08

FABRICANTE: PREFABRICADOS TEIDE, S.L.
POL - INDUSTRIAL LAS ERAS ALTAS, Parcela 1
38592 ARICO (TENERIFE)

MARCA: Losa Alveolar Pretensada Tipo 15x120 v.3

TÉCNICO AUTOR DE LA MEMORIA Asensio Martínez Ruiz
Ingeniero Industrial

HOJA 2 de 5

Ficha nº09030/14.04.09



3. MATERIALES

HORMIGÓN DE LOSA 150 x 1200 v.3 Tipos TODOS : HP-45/P/12/IIa, $f_{ck} = 45 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_c = 1,50$
HORMIGÓN VERTIDO EN OBRA HA-25/P/12/IIa, $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_c = 1,50$

ACERO DE PRETENSAR Y 1860 C 5 I $f_{yk} = 1580 \text{ N/mm}^2$ $f_{max, k} = 1860 \text{ N/mm}^2$ Alarg. rotura $\geq 3.5\%$ R= 2,0% $\gamma_s = 1,15$
Y 1860 S7 9,3 I $f_{yk} = 1640 \text{ N/mm}^2$ $f_{max, k} = 1860 \text{ N/mm}^2$ Alarg. rotura $\geq 3.5\%$ R= 2,0% $\gamma_s = 1,15$

ARMADURA PASIVA B 500 S $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ Alarg. rotura $\geq 12\%$ $\gamma_s = 1,15$

4. ARMADO DE LA LOSA

TIPO DE LOSA		T-1	T-2	T-3	T-4
SITUACIÓN DE LAS ARMADURAS	Z	4 ϕ 5	4 ϕ 5	4 ϕ 5	4 ϕ 5
	Y	-	-	-	-
	Y1	-	-	-	-
	X	-	-	-	-
	X1	-	-	-	-
	W	-	-	-	-
V	4 C 9.3	6 C 9.3	7 C 9.3	9 C 9.3	
TENSIÓN INICIAL (N/mm ²)	Alambres	1280	1280	1280	1280
	Cordones	1330	1330	1330	1330
(% PERDIDAS TOTALES A PLAZO INFINITO)	V,W,X	14,99	16,87	17,78	19,59
	Y,Z	13,43	13,90	14,12	14,56
	c.d.g.	14,57	16,27	17,14	18,87

5. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA LOSA AISLADA

TIPO DE LOSA		T-1	T-2	T-3	T-4
Módulo resistente (cm ³)	Winf	3.824	3.855	3.870	3.900
	Wsup	3.684	3.683	3.683	3.682
Excentricidad e (mm)		-13,4	-18,9	-20,7	-23,3
P·e (kN·mm)		-4.325	-8.172	-10.040	-13.662
Tensión debida al pretensado N/mm ²	$\sigma_{p.inf}$	4,92	7,38	8,60	11,00
	$\sigma_{p.sup}$	2,32	2,41	2,46	2,54
Momento Último (m·kN)*	Mu Positivo	36,42	51,65	58,49	70,24
	Mun Negativo	22,30	25,63	27,03	28,87
Rigidez total (MN·m ²)		8,99	9,02	9,04	9,07
Cortante (kN)	VuPA1	64,58	67,19	68,42	70,73
	VuPA2	67,68	71,15	72,78	75,82
	VuPB	43,92	48,96	51,40	57,21
Mts. de servicio positivos (**) (m·kN)	Mo D	16,89	25,27	29,39	37,46
	Mo' TL	24,51	35,67	41,17	51,99
	M0.2 FC	28,70	40,41	46,02	56,78
(1) Mto. fisuración (m·kN)		37,60	45,98	50,09	58,16

NOTA: esfuerzos por losa

(1) Momento de fisuración según EHE Art. 50.2.2.2

FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FORJADO DE LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS SEGUN EHE-08

FABRICANTE: PREFABRICADOS TEIDE, S.L.
 POL - INDUSTRIAL LAS ERAS ALTAS, Parcela 1
 38592 ARICO (TENERIFE)

MARCA: Losa Alveolar Pretensada Tipo 15x120 v.3

TÉCNICO AUTOR DE LA MEMORIA Asensio Martínez Ruiz
 Ingeniero Industrial

HOJA 3 de 5

Ficha nº09030/14.04.09



FORJADO

1.- (150+50)*1200 con P. 150 x 1200 v.3

TIPO DE LOSA	FLEXION POSITIVA												
	Módulo resistente Winf (cm ³ /m)	Mu (mkN/m)	β	Rigidez (m ² ·MN/m)		M límite servicio (**) (m·kN/m)			Vu (kN/m)				
				total E-I	fisurada E-Ifis	Mo D	Mo' TL	M0,2 FC	Md>=M0	Md < M0		ζ	
										Long. entrega le (mm)			
				50	100								
V au	V au												
T-1	4.886	46,76	2,18	16,30	1,10	21,58	26,54	31,08	52,85	69,30	72,62	1,15	
T-2	4.936	63,78	2,18	16,40	1,53	32,36	38,66	43,80	58,92	72,10	76,35	1,16	
T-3	4.961	71,00	2,18	16,45	1,74	37,68	44,65	49,91	61,86	73,41	78,09	1,16	
T-4	5.010	84,68	2,19	16,56	2,14	48,13	56,45	61,65	67,56	75,90	81,35	1,16	

TIPO DE LOSA	RASANTE (kN/m)	
	Md<=Mo	Md>=Mo
T-1	124,79	62,24
T-2	124,87	62,24
T-3	124,90	62,24
T-4	124,98	62,24

FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FORJADO
DE LOSAS ALVEOLARES PRETENSADAS SEGUN EHE-08

FABRICANTE: PREFABRICADOS TEIDE, S.L.
POL - INDUSTRIAL LAS ERAS ALTAS, Parcela 1
38592 ARICO (TENERIFE)

MARCA: Losa Alveolar Pretensada Tipo 15x120 v.3

TÉCNICO AUTOR DE LA MEMORIA Asensio Martínez Ruiz
Ingeniero Industrial

HOJA 4 de 5

Ficha nº09030/14.04.09



FORJADO

1.- (150+50)*1200 con P. 150 x 1200 v.3

FLEXION NEGATIVA

Armado superior por nervio	Asu (mm ²)	Mu (mkN/m) B500S	Rigidez (m ² -MN/m)		Mfis (mkN/m)	M límite servicio según clase de exposición (m-kN/m)				Rasante (kN/m)
			total E-I	fisurada E-Ifis		I	II	III-IV	IIIc	
6 ø 6	170	9,80	16,28	0,57	23,09	25,40	24,48	23,79	23,33	90,18
6 ø 8	302	17,71	16,42	1,06	23,43	25,78	24,84	24,14	23,67	91,69
6 ø 10	471	27,84	16,61	1,67	23,87	26,26	25,30	24,58	24,11	92,43
6 ø 12	679	40,31	16,83	2,43	24,40	26,84	25,86	25,13	24,64	92,84
6 ø 16	1.206	72,85	17,36	4,47	25,73	28,30	27,27	26,50	25,98	94,46
6 ø 20	1.885	108,23	18,00	6,32	27,40	30,14	29,05	28,23	27,68	89,79
7 ø 6	198	11,51	16,31	0,68	23,17	25,48	24,56	23,86	23,40	90,92
7 ø 8	352	20,48	16,48	1,21	23,56	25,92	24,98	24,27	23,80	91,00
7 ø 10	550	32,44	16,69	1,95	24,07	26,48	25,51	24,79	24,31	92,23
7 ø 12	792	47,19	16,94	2,86	24,69	27,15	26,17	25,43	24,93	93,18
7 ø 16	1.407	83,05	17,55	4,98	26,23	28,85	27,80	27,01	26,49	92,30
7 ø 20	2.199	125,34	18,28	7,27	28,17	30,98	29,86	29,01	28,45	89,14
8 ø 6	226	13,23	16,34	0,79	23,24	25,56	24,63	23,94	23,47	91,51
8 ø 8	402	23,62	16,53	1,41	23,69	26,06	25,11	24,40	23,93	91,90
8 ø 10	628	37,08	16,77	2,23	24,27	26,70	25,73	25,00	24,51	92,33
8 ø 12	905	54,15	17,06	3,29	24,97	27,47	26,47	25,72	25,22	93,57
8 ø 16	1.608	93,37	17,75	5,51	26,72	29,40	28,33	27,53	26,99	90,81
8 ø 20	2.513	137,13	18,55	7,61	28,92	31,82	30,66	29,79	29,21	85,34
9 ø 6	254	14,95	16,37	0,89	23,31	25,64	24,71	24,01	23,54	92,01
9 ø 8	452	26,43	16,59	1,57	23,82	26,20	25,25	24,53	24,06	91,44
9 ø 10	707	42,11	16,86	2,55	24,47	26,92	25,94	25,20	24,71	93,15
9 ø 12	1.018	61,56	17,17	3,79	25,26	27,78	26,77	26,01	25,51	94,57
9 ø 16	1.810	104,10	17,93	6,09	27,22	29,94	28,85	28,04	27,49	89,94
9 ø 20	2.827	146,11	18,82	7,68	29,67	32,64	31,45	30,56	29,97	80,82
10 ø 6	283	16,67	16,40	1,00	23,39	25,72	24,79	24,09	23,62	92,12
10 ø 8	503	29,60	16,64	1,77	23,95	26,35	25,39	24,67	24,19	92,04
10 ø 10	785	46,83	16,94	2,84	24,67	27,13	26,15	25,41	24,91	93,28
10 ø 12	1.131	68,68	17,29	4,24	25,54	28,09	27,07	26,31	25,79	94,96
10 ø 16	2.011	115,14	18,11	6,70	27,71	30,48	29,37	28,54	27,99	89,54
10 ø 20	3.142	153,92	19,07	7,67	30,41	33,46	32,24	31,33	30,72	76,61
11 ø 6	311	18,05	16,43	1,07	23,46	25,80	24,87	24,16	23,69	90,78
11 ø 8	553	32,44	16,69	1,94	24,08	26,49	25,52	24,80	24,32	91,73
11 ø 10	864	51,58	17,02	3,13	24,87	27,35	26,36	25,61	25,12	93,35
11 ø 12	1.244	74,85	17,40	4,58	25,82	28,40	27,37	26,60	26,08	94,10
11 ø 16	2.212	126,16	18,29	7,32	28,20	31,02	29,89	29,05	28,48	89,19
11 ø 20	3.456	161,73	19,32	7,70	31,15	34,26	33,02	32,08	31,46	73,18
12 ø 6	339	19,79	16,46	1,17	23,53	25,88	24,94	24,24	23,77	91,29
12 ø 8	603	35,65	16,75	2,14	24,21	26,63	25,66	24,93	24,45	92,44
12 ø 10	942	56,73	17,10	3,47	25,06	27,57	26,57	25,82	25,32	94,18
12 ø 12	1.357	80,38	17,51	4,84	26,10	28,71	27,67	26,89	26,36	92,63
12 ø 16	2.413	132,43	18,47	7,39	28,68	31,55	30,40	29,54	28,97	85,83
12 ø 20	3.770	161,73	19,55	7,06	31,87	35,06	33,78	32,83	32,19	67,09



NOTAS:

RESISTENCIA AL FUEGO NORMALIZADO

La resistencia al fuego del elemento pretensado se ha determinado de acuerdo con las recomendaciones recogidas en el Anejo 6 de la EHE-08. El método de comprobación empleado ha sido el de comprobación mediante tablas, habiendo determinado la distancia equivalente para dos valores del coeficiente de seguridad μ_{fi} de acuerdo con el punto 5.1 y la tabla A.6.5.1 del citado anejo. Los valores de la resistencia al fuego en función del tipo de losa y del coeficiente de seguridad se dan en la tabla siguiente

TIPO DE LOSA		T-1	T-2	T-3	T-4
μ_{fi}	0,5	REI 90	REI 90	REI 90	REI 90
	0,6	REI 60	REI 60	REI 60	REI 60

Para edad del hormigón diferente a 28 DÍAS, se usarán los siguientes coeficientes para los valores que se indican:

Edad	7 días	14 días	21 días	28 días	3 meses	6 meses	1 año
Rigidez	0,83	0,89	0,91	1,00	1,06	1,13	1,16
Momento fisuración	0,78	0,86	0,96	1,00	1,10	1,17	1,22

A efectos de la Exigencia de aptitud al servicio atenerse a lo dispuesto en el Art. 5.1.1.2 de la EHE-08.

(*) El coeficiente de seguridad mínimo (γ_{fmin}) en EJECUCIÓN será de 1,25

(**) MoD = Momento de descompresión de la fibra inferior de la sección.
MoTL = Momento que produce descompresión en la zona de la armadura activa más baja.
Mo,2FC = Momento para el que se produce fisura de ancho 0,2 mm.

$$\beta = (I)_{forjado} / (I)_{losa}$$

$$\zeta = (S/I)_{losa} / (S/I)_{forjado}$$

Vu = Cortante de agotamiento del forjado considerando dos longitudes de entrega le

VuPA1 = Cortante último de la losa para $M_d < M_o$ considerando la longitud de entrega $le = 50$ mm

VuPA2 = Cortante último de la losa para $M_d < M_o$ considerando la longitud de entrega $le = 100$ mm

VuPB = Cortante último de la losa para $M_d \geq M_o$.

El rasante se ha establecido considerando superficies de contacto de rugosidad alta ($\beta = 0,40$)

En voladizos sin armadura de cosido el rasante se multiplicará por el factor 0,7

En flexión negativa se respetarán los armados mínimos según EHE-08 Art. 42.3.2 y Art. 42.3.5. Los resultados obtenidos con otros armados que no cumplen con los artículos citados se indican solo a título informativo.



Pilares y Cimentaciones



Los pilares son el primer elemento industrializado del montaje prefabricado siendo uno de los más competitivos en la calidad y plazo de ejecución.

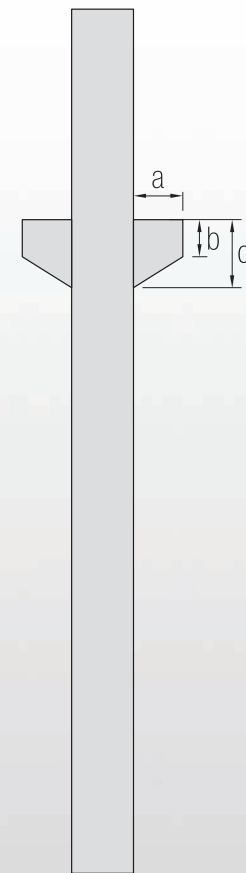
Es un elemento singular, de longitudes y secciones variables, según las necesidades del proyecto, preparado para diferentes soluciones de cargas, adaptando sus cabezas, bases y ménsulas en cada caso a otras piezas prefabricadas, como jácenas, forjados u otros elementos que soportan. Se realizan con hormigón autocompactante HA-40, con acero corrugado B-500-SD, en molde metálico, consiguiendo así un acabado de gran calidad y cantos biselados.

Su colocación en obra se realizará mediante la cimentación. El pilar puede ser cimentado con diferentes técnicas constructivas (cáliz, vainas, o tornillos) en diferentes elementos como pueden ser las zapatas, los encepados de pilotes, o los muros.

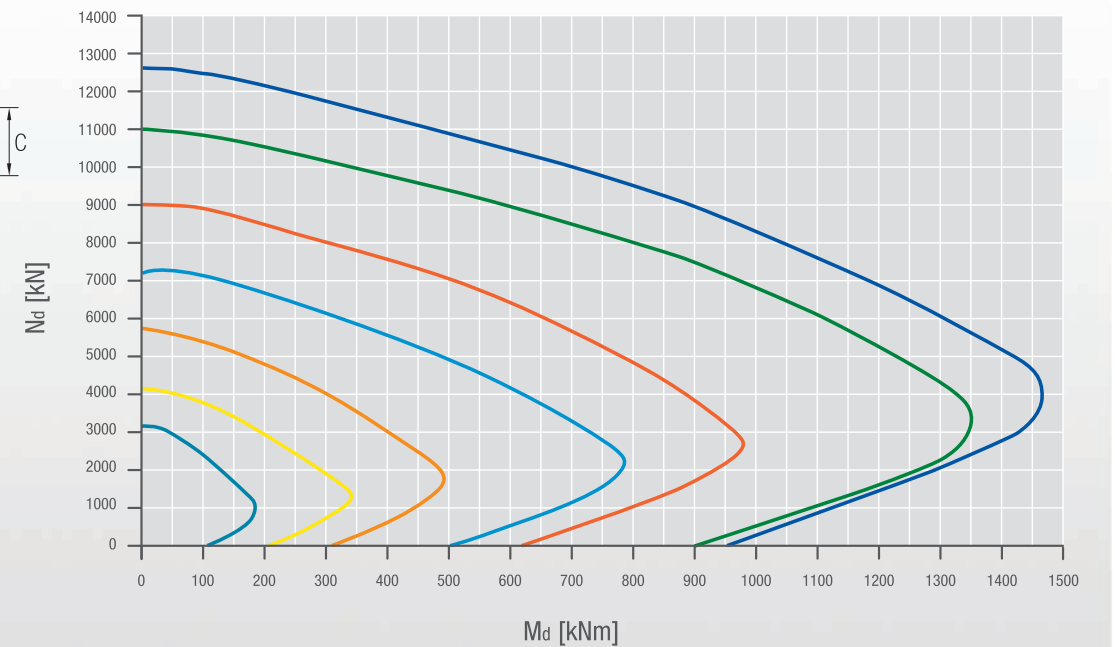
Los pilares pueden incluir una solución integral de estructura y bajantes interiores en su sección.



“los pilares pueden incluir una solución integral de estructura y bajantes interiores en su sección”

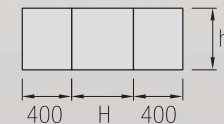


La figura muestra la curva axil/momento para secciones de pilar de 30x30 cm² a 60x60 cm². Los valores N_d y M_d son los correspondientes a los estados límite últimos (los valores mayorados de las cargas deben ser inferiores a los mostrados por la curva)



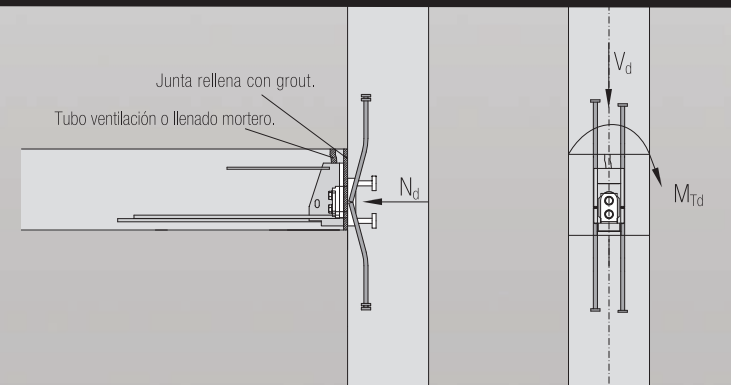
Características		
a	b	c
cm	cm	cm
40	25	40
40	30	55

Características		
H	h	peso
cm	cm	KN/m
30	30	2,20
30	40	2,94
40	40	3,92
40	50	4,90
50	50	6,12
50	60	7,35
60	60	8,82



Ménsulas ocultas atornilladas

La tabla representa la capacidad de las ménsulas con el sistema de conexión mecánica en la combinación de cortantes, axiles y momentos torsores indicados, los valores mayorados deben ser inferiores a los mostrados en esta tabla.



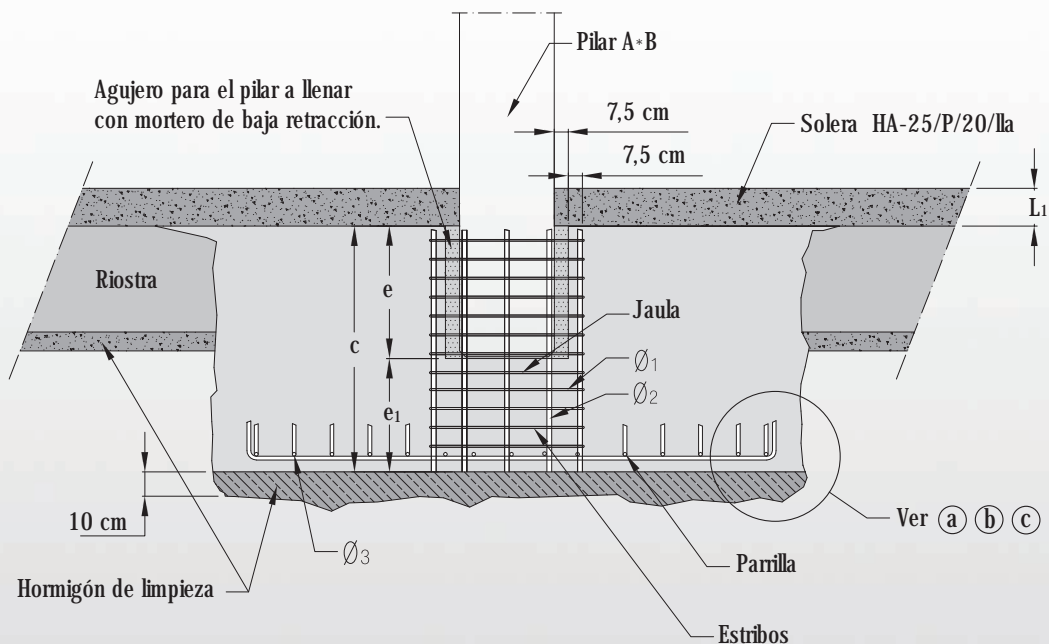
Capacidades

V_d	kN	230	385	580	785	1010
M_{Td}	kNm	7	15	25	50	75
H_d	kN	45	75	115	155	200

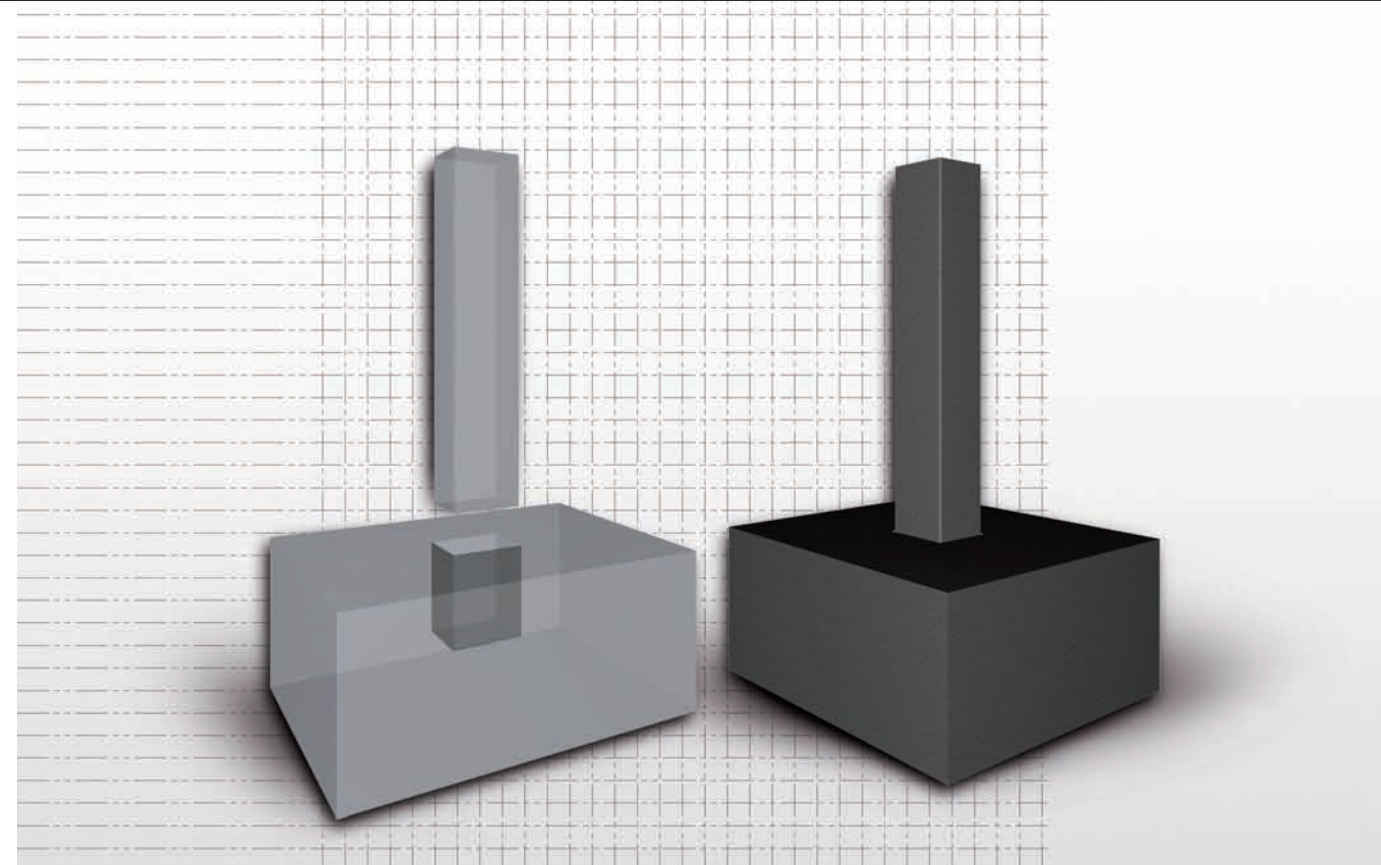
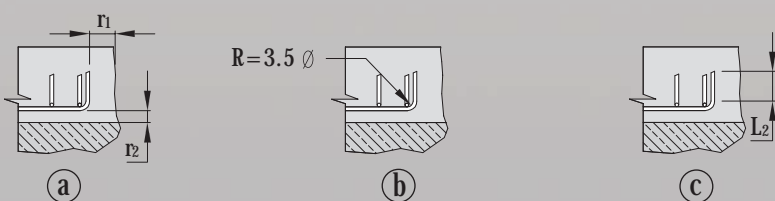
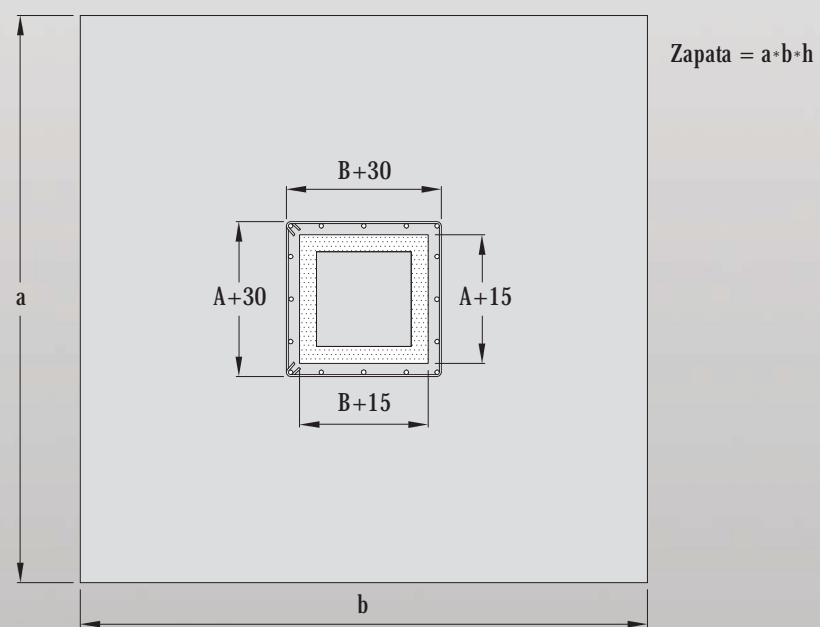


ZAPATA AISLADA → ALZADO → PLANTA

→ ALZADO



→ PLANTA



→ Notas

Los esfuerzos axiales y los momentos de sollicitación se transmiten del pilar a la cimentación mediante el sistema de fuerzas F_1 , F_2 y F_3 representado en la figura y las correspondientes fuerzas de rozamiento a través del hormigón de relleno.

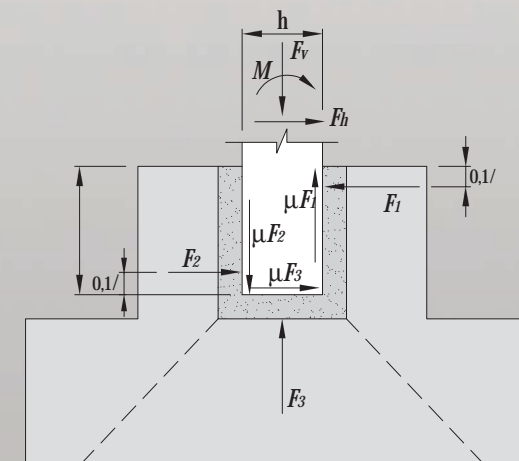
En el cálculo del punzonamiento de la zapata bajo axil transmitido por el pilar, se debe tener en cuenta únicamente el hormigón estructural colocado bajo el pilar.

El coeficiente de rozamiento no puede ser mayor que $\mu = 0,3$.

Se deberá prestar una atención especial a:

- La disposición de armadura para resistir F_1 .
- La transferencia de F_1 a través de las paredes hasta la cimentación.
- El anclaje de las armaduras principal del pilar y de los cálces.
- La resistencia a cortante del pilar dentro del cáliz.

Atendiendo a lo anterior y al hecho de que la EHE-08 exige que el empotramiento del pilar dentro del cáliz sea mayor que 1,2 veces el canto del pilar, la tabla inferior indica las mínimas longitudes de empotramiento de los pilares recomendadas, en función del máximo canto del pilar.



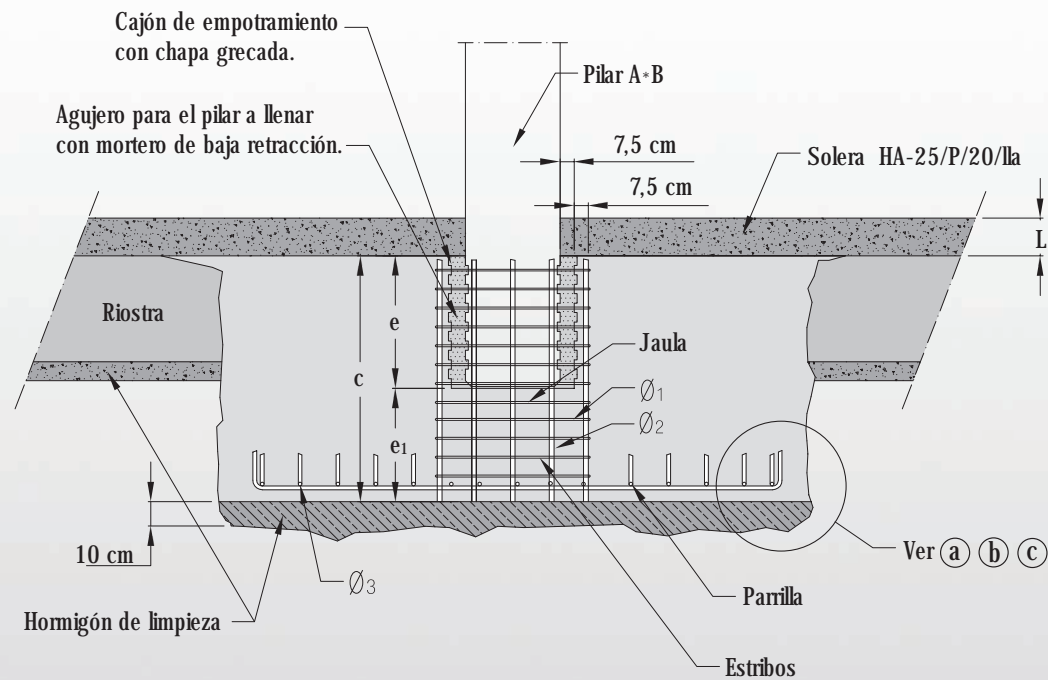
→ Tabla mínimos empotramientos

Max (A,B)	cm	40	50	60	70	80	90
Min e	cm	60	70	80	90	100	120

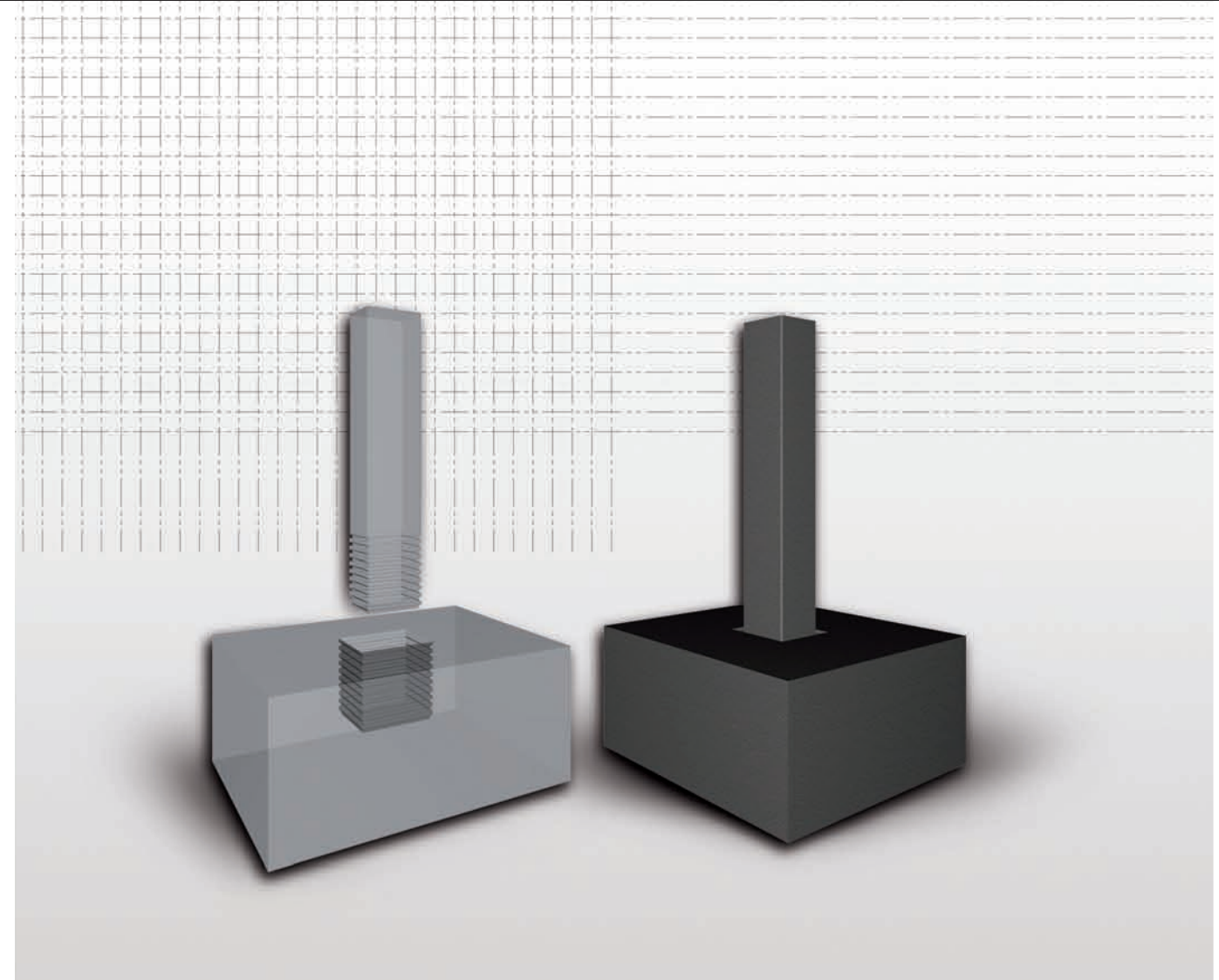
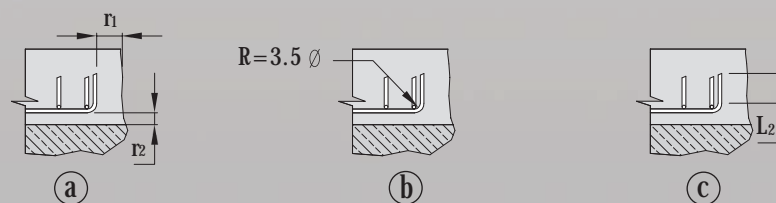
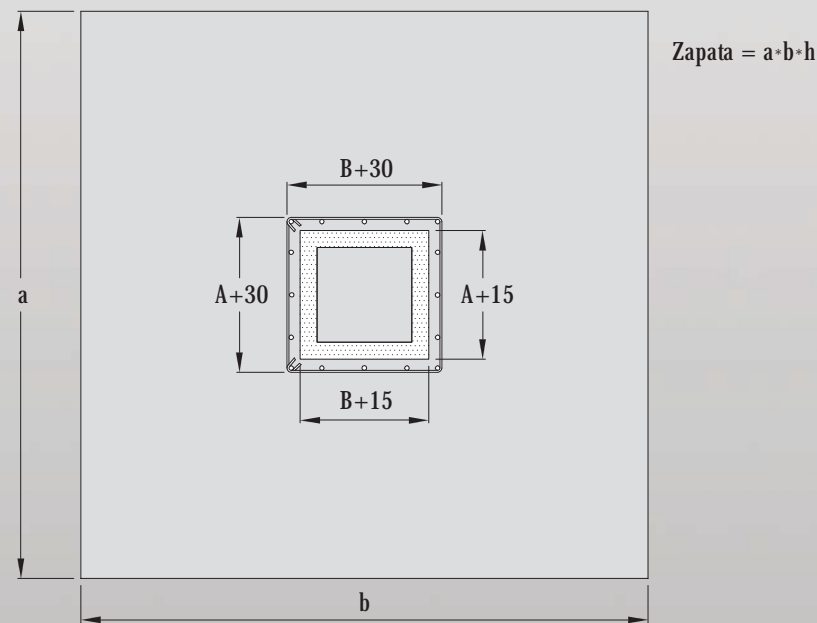


ZAPATA AISLADA

ALZADO



PLANTA



Notas

Aquellos cálices que presentan llaves en su superficie pueden considerarse que actúan monolíticamente con el pilar.
 En el caso que las llaves sean capaces de resistir la transferencia de tensiones tangenciales entre el pilar y la cimentación, la comprobación a punzonamiento puede realizarse de igual manera que si el pilar y la cimentación fueran monolíticos (EHE-08 59.1.4.2)

La tabla inferior indica las mínimas longitudes de empotramiento de los pilares recomendadas, en función del máximo canto del pilar, debiéndose prestar una atención especial al anclaje de la armadura principal del pilar.

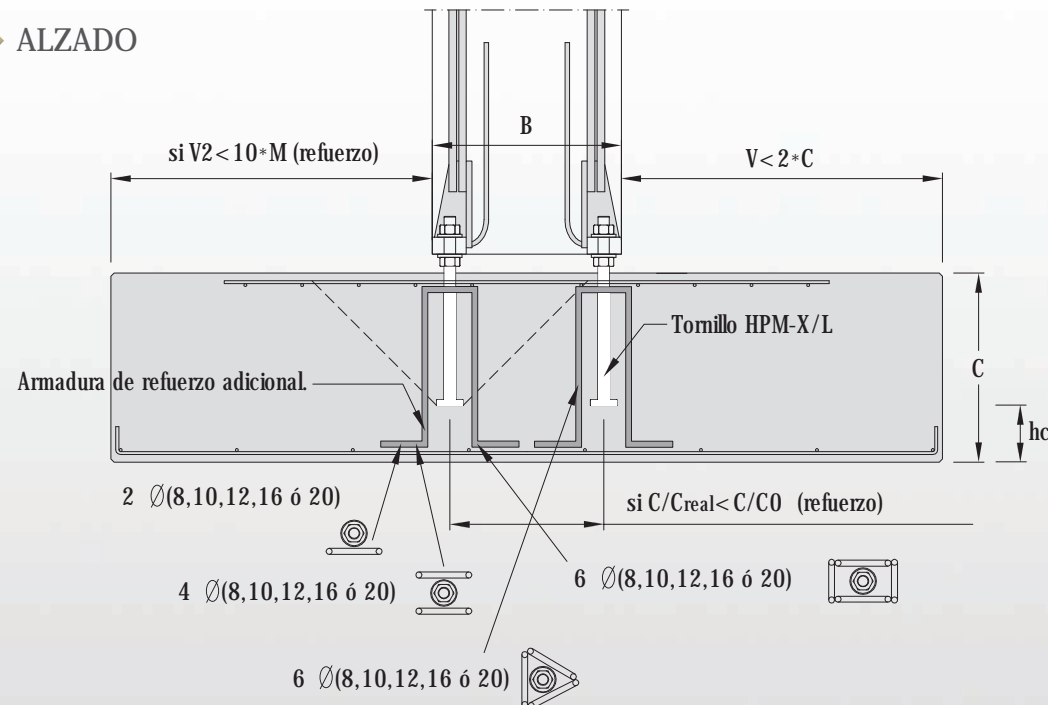
Tabla mínimos empotramientos

Max (A,B)	cm	40	50	60	70	80	90
Min e	cm	60	70	80	90	100	120



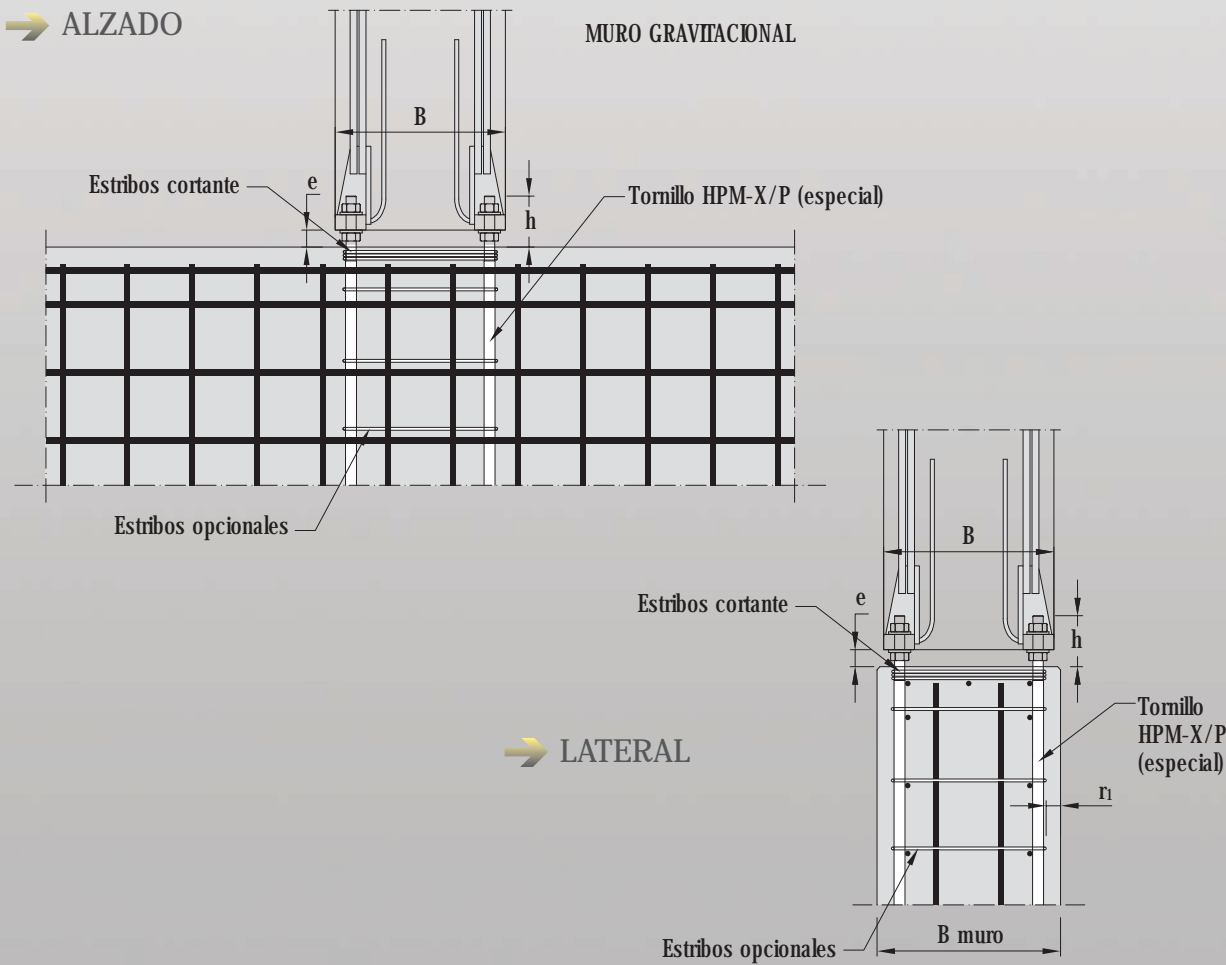
ZAPATA CENTRADA CON REFUERZOS

→ ALZADO



ZAPATA CON MURO

→ ALZADO



Notas

Los esfuerzos axiales, cortantes y momentos flectores en la base del pilar son transmitidos mediante tornillos al elemento de cimentación. Existiendo dos sistemas de transmisión de fuerzas: por adherencia (tornillos largos) o por transmisión cónica.

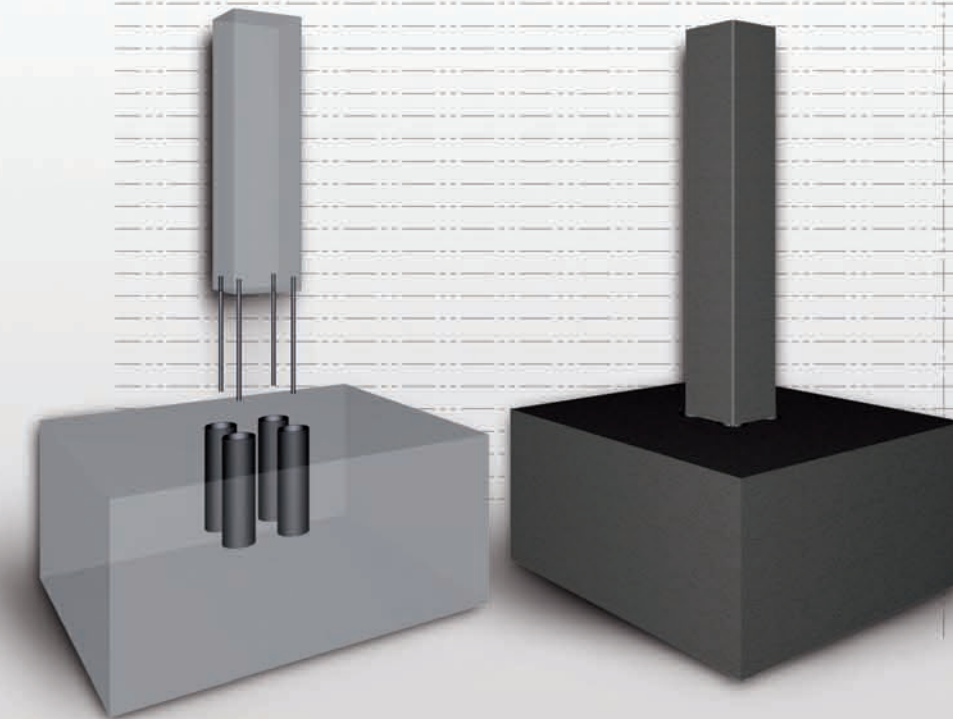
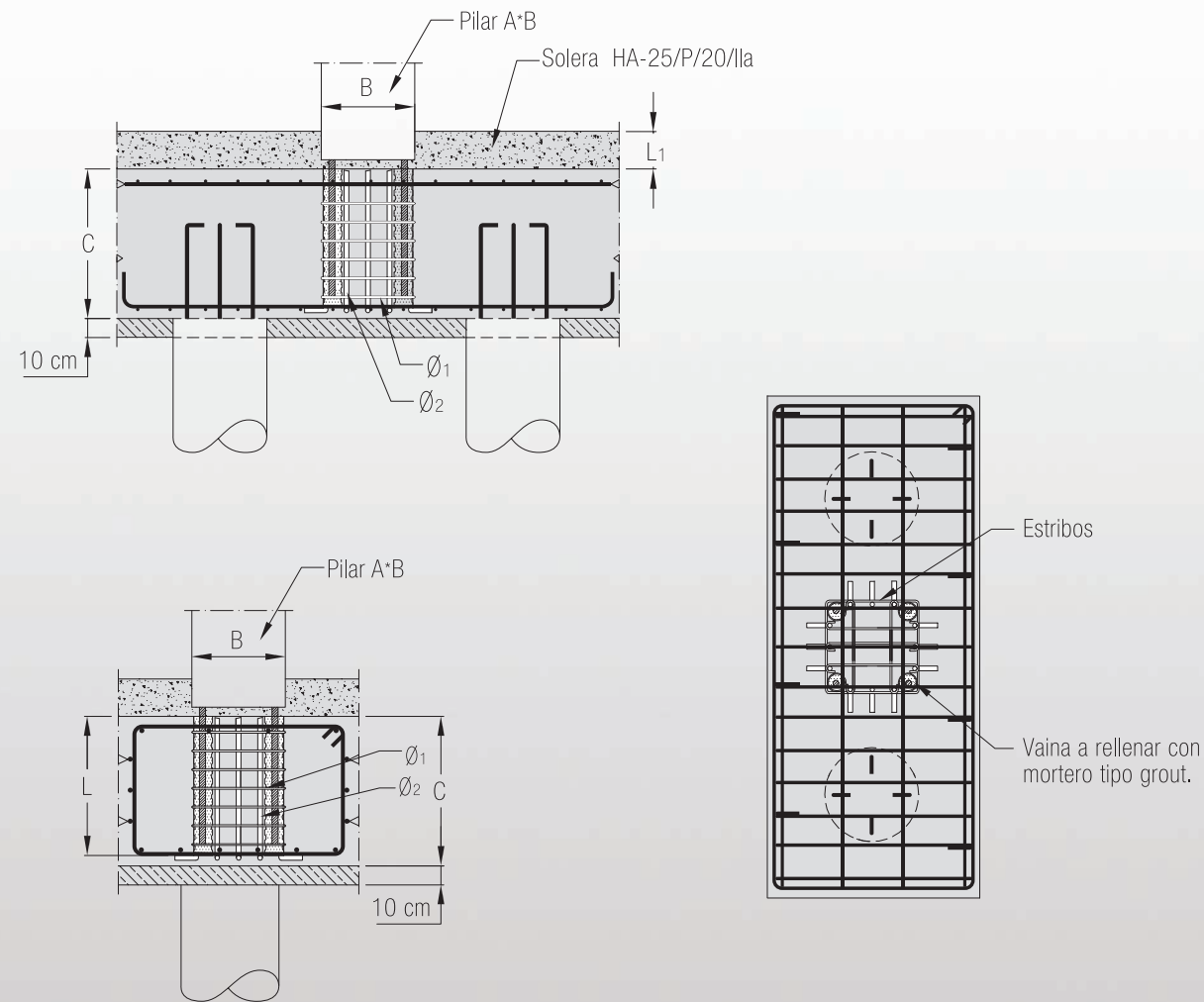
El ámbito de aplicación de las uniones atornilladas es la conexión de pilares prefabricados con cimentaciones, muros o el empalme de pilares. Para el diseño de la conexión y las instrucciones para controlar la correcta colocación del anclaje consultar con el departamento de Ingeniería de PRECAT.

Características

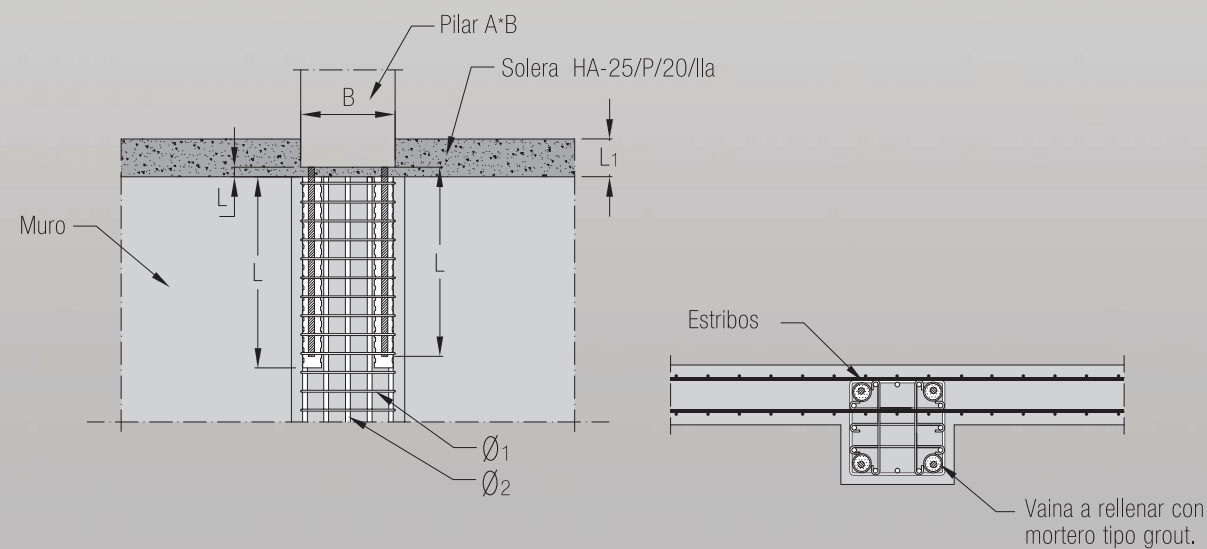
Tomillo	Canto mínimo de Zapata, c (mm)	Espesor de relleno, e (mm)	Altura tornillo desde superficie, h (mm)	Altura tornillo desde base, hc (mm)	Malla superior refuerzo	Distancia 10*M	Mínima distancia entre centros C/C0	Si V2 < 10*M, o C/Creal es inferior a C/C0, armadura adicional, por anclaje (mm²)
HPM 16/L	255	50	105	80	20*20 Ø8	160	180	157 > 4 Ø8 ó 2 Ø10
HPM 20/L	335		115	100	20*20 Ø8	200	180	245 > 4 Ø10
HPM 24/L	415		130	115	15*15 Ø8	240	180	352 > 4 Ø12 ó 2 Ø16
HPM 30/L	495		150	145	15*15 Ø8	300	180	561 > 6 Ø12 ó 4 Ø16
HPM 39/L	710	60	180	190	15*15 Ø10	390	280	976 > 6 Ø16 ó 4 Ø20



ANCLAJE EN ENCEPADO



ANCLAJE EN MURO



Notas

La cimentación con vainas debe ser capaz de transferir los esfuerzos axiales, cortantes, y momentos flectores del pilar a la cimentación. Se debe prestar una atención especial a:

La longitud de anclaje de la armadura en espera.

El correcto vertido del relleno con mortero grout.

La vaina debe ser capaz de resistir mediante llave de superficie la transferencia de tensiones tangenciales entre el mortero y la propia cimentación.

TIPOS DE CABEZAS DE PILARES



Pilar lateral apoyo Jacena Delta



Pilar hastial apoyo Jacena



Pilar para apoyo Jacena PC



Pilar lateral apoyo Jacena



Pilar fachada acanalado con capitel personalizado



Pilar para pórtico a dos aguas



Pilar para cumbrera

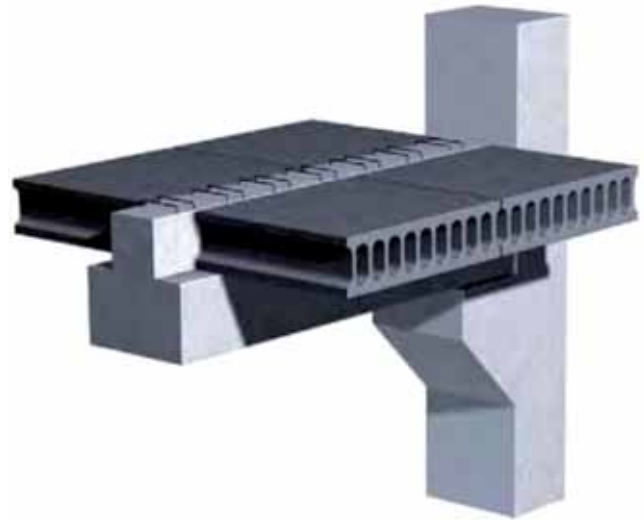


Pilar con potelet



VIGAS DE CARGA EN T, L Y RECTAS

Las vigas en carga de forma T, L o Rectas son vigas para la soportación de forjados o en algunos casos de cubiertas. Estos elementos se apoyan sobre ellos, en el caso de las vigas rectas o bien en la forma que tengan en tal sentido. Las vigas rectas se pueden fabricar en cualquiera de las dimensiones de la T o L.

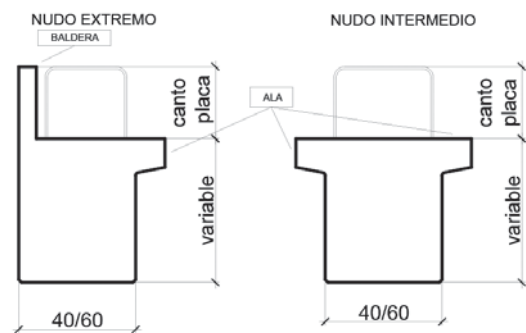
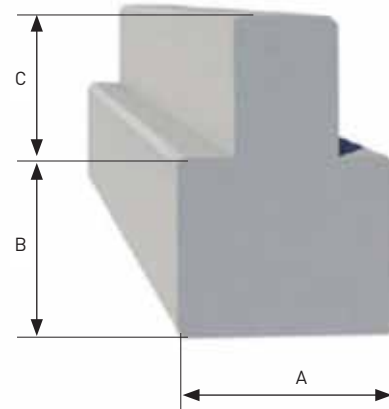


CUELGUE 40

A x B (cm)	C (cm)	Kg/ml
40x40	16	461
	20	470
	25	491
	30	512
	40	540
50x40	50	575
	16	601
	20	620
	25	656
	30	692
66x40	40	740
	50	800
	16	825
	20	860
	25	920
80x40	30	980
	40	1060
	50	1160
	16	1021
	20	1070
80x25	25	1151
	30	1232
	40	1340
	50	1475

CUELGUE 25

A x B (cm)	C (cm)	Kg/ml
40x25	16	311
	20	320
	25	341
	30	362
	40	390
50x25	50	425
	16	414
	20	433
	25	469
	30	505
66x25	40	553
	50	613
	16	578
	20	613
	25	673
80x25	30	733
	40	813
	50	913
	16	721
	20	770
80x25	25	851
	30	932
	40	1040
	50	1175

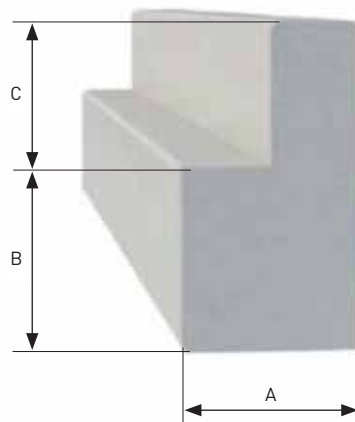


CUELGUE 25

A x B (cm)	C (cm)	Kg/ml
40x25	16	326
	20	350
	25	380
	30	410
	40	450
50x25	50	500
	16	430
	20	463
	25	508
	30	553
80x25	40	613
	50	688

CUELGUE 40

A x B (cm)	C (cm)	Kg/ml
40x40	16	430
	20	500
	25	530
	30	560
	40	600
50x40	50	650
	16	617
	20	650
	25	695
	30	740
80x40	40	800
	50	875

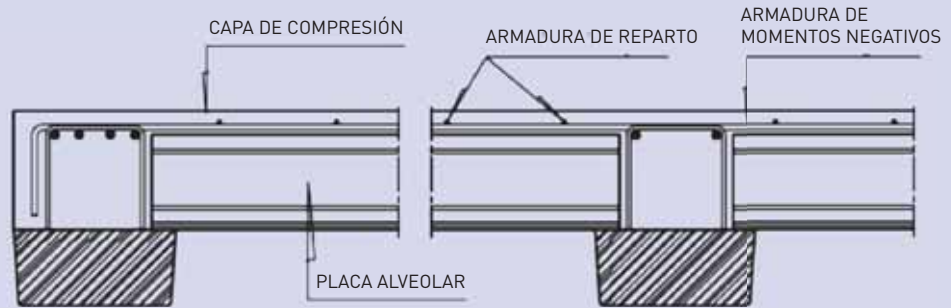


DETALLES CONSTRUCTIVOS

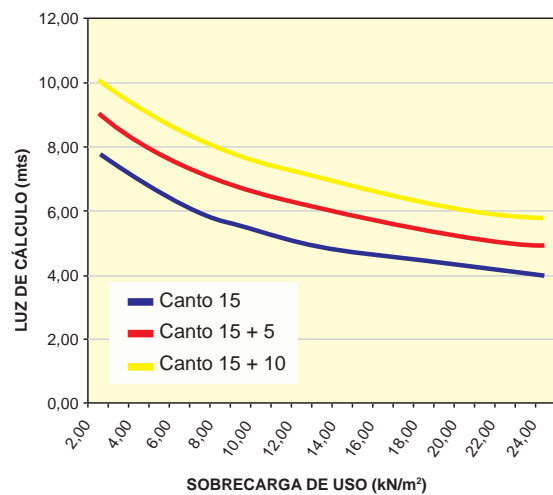
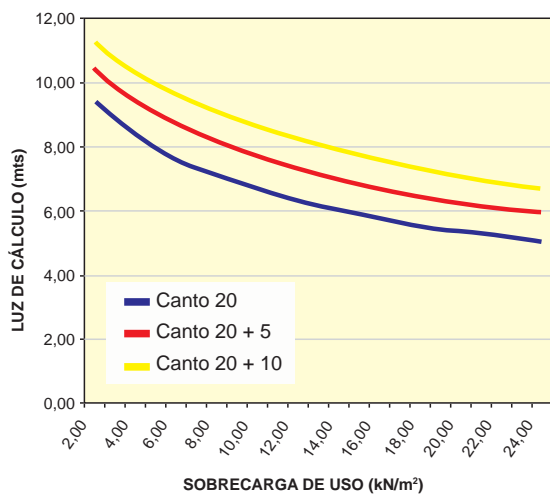
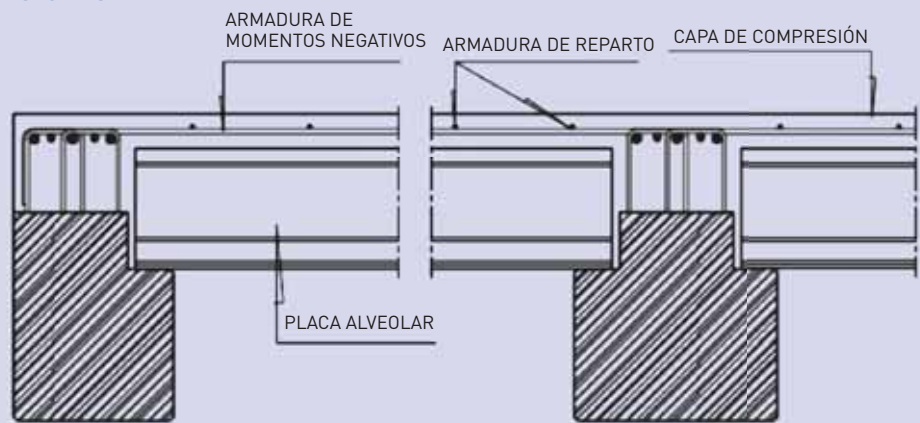
RESISTENCIA AL FUEGO

De acuerdo con la normativa actualmente en vigor, Prefabricados Alve fabrica placas con una resistencia normalizada al fuego (RF) de 90 y 120 minutos. Pudiendo fabricar losas que superen estos valores, de acuerdo con las necesidades del proyecto.

ENCUENTRO DE PLACAS ALV. CON VIGAS PREFABRICADAS T-40 o T-50

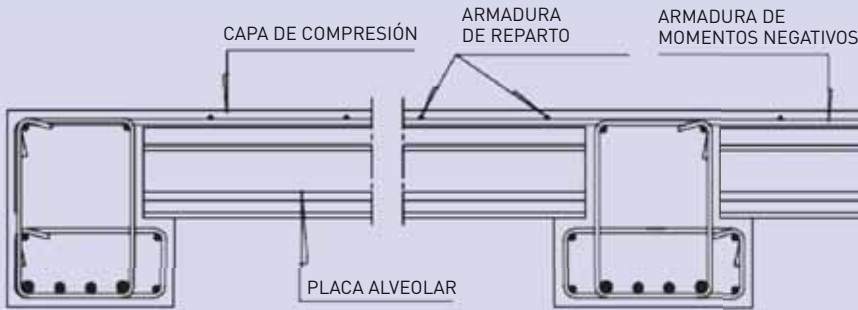


ENCUENTRO DE PLACAS ALV. CON VIGAS PREFABRICADAS P5 o P8

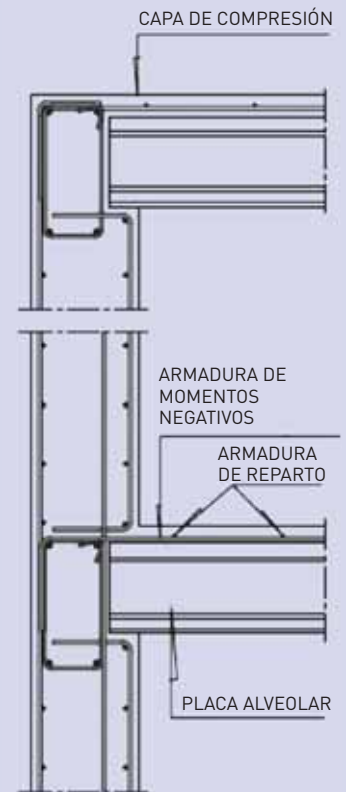


DETALLES CONSTRUCTIVOS

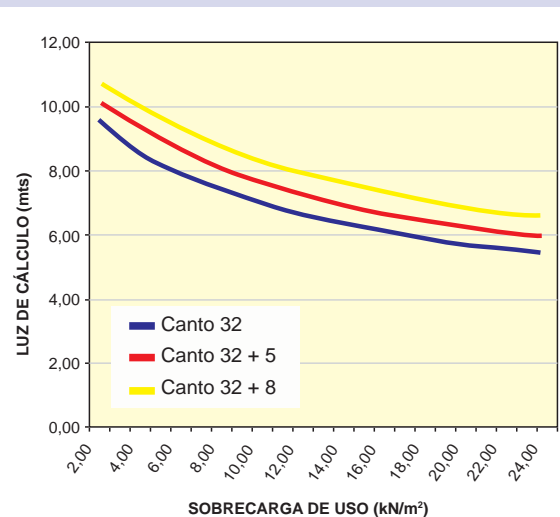
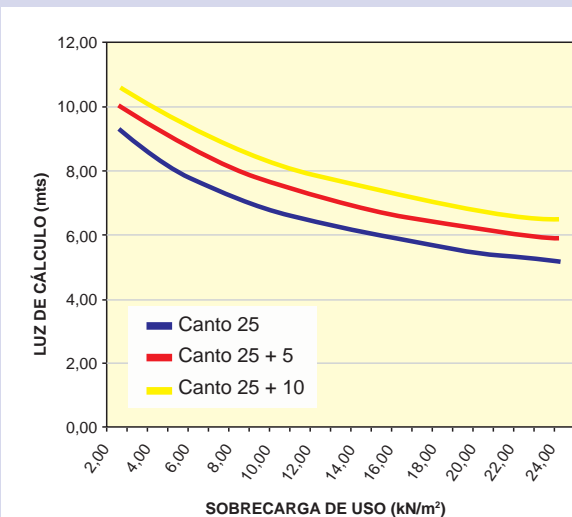
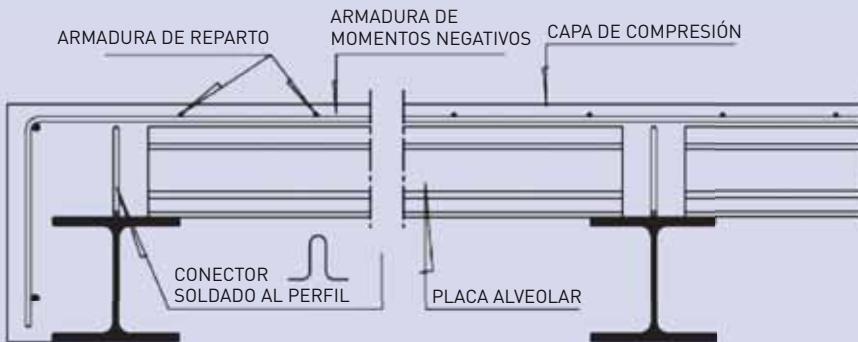
ENCUENTRO DE PLACAS ALV. CON VIGAS REALIZADAS EN OBRA



ENCUENTRO CON MURO DE HORMIGÓN ARMADO



ENCUENTRO DE PLACAS ALVEOLARES CON PERFIL METÁLICO



Estos gráficos son de carácter orientativo, el resultado final estará condicionado a las distintas hipótesis que se contemplen en cada caso. Consulte con nuestra oficina técnica cualquier duda que pueda tener.

Descripción del sistema y usos previstos

Definición del sistema constructivo

Piloedre® es un sistema de cimentación de estructuras prefabricado, desinstalable y reutilizable formado por 4 barras de anclaje al terreno inclinadas y entrelazadas entre sí. Un bloque de hormigón armado conecta las barras por su parte superior e incorpora los mecanismos de conexión con la estructura a soportar.



Las barras de anclaje al terreno penetran a través del bloque formando una espiga (en planta) y se clavan en diagonal al terreno hasta una profundidad variable en función de la longitud de la barra.

Las inclinación de las barras respecto a la vertical es de aproximadamente 40° sexagesimales.

En estructuras de vida útil superior a 20 años y/o ambientes agresivos se coloca un tapón en el extremo superior de cada barra de anclaje y se sella el encuentro entre la barra y el bloque de hormigón armado.

En la instalación de Piloedre® no se utiliza inyección de lechada ni morteros de cemento.

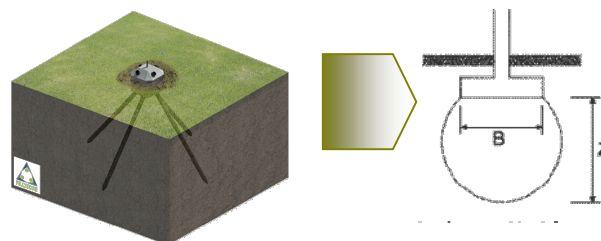
Piloedre® dispone del documento **DAU 17/108** (Documento de Adecuación al Uso) elaborado y otorgado por el ITeC, entidad autorizada por el Ministerio de Vivienda. El seguimiento de los criterios expuestos en el DAU implica el cumplimiento del CTE(Código Técnico de la edificación) en el ámbito de

la edificación así como las diferentes disposiciones reglamentarias aprobadas por la administración el ámbito de la ingeniería civil.



Usos a los que está destinado

Piloedre® es una cimentación superficial ya que su mecanismo resistente se desarrolla en los primeros metros de terreno.



Piloedre® se emplea en cimentaciones de las siguientes características:

- Apoyos con esfuerzos verticales de hundimiento máximos de 100 kN (*), por punto de apoyo.
- Apoyos con esfuerzos de arranque verticales máximos de 25 kN(*).
- Apoyos sometidos a flexiones máximas de 6 KN*m(*).
- Apoyos sometidos a esfuerzos laterales máximos de 20 KN(*).

La capacidad de un Piloedre® depende del terreno en el cual esté instalado.

(*) Datos para terreno duro ($C_u > 150$ KPa, $SPT > 50$) según criterio CTE y con un único PILOEDRE. Es posible aumentar estos valores máximos mediante la utilización de varios PILOEDRES bajo un apoyo.

	FECHA	NOMBRE	FICHA TÉCNICA Nota importante: PILOEDRE se reserva el derecho de modificar los contenidos, características y medidas expuestas en la siguiente ficha. Las características válidas deberán solicitarse a PILOEDRE en el momento de la compra y únicamente serán de aplicación para dicha compra.
REALIZADO	20/09/2016	Dept, Técnico PILOEDRE	
REVISADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	
APROVADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	

Componentes principales del sistema

Bloque de hormigón armado y perforado

El bloque de hormigón armado tiene forma de poliedro con dimensiones aproximadas 260 mm x 260 mm en planta y una altura que varía entre 280 y 320 mm.

El material que lo compone es hormigón armado con hormigón de resistencia mínima 30 MPa y un armado a modo de zuncho perimetral formado por dos cercos diámetro de barra 8 mm y calidad 500S.

La geometría del bloque de hormigón es similar en todos los modelos de Piloedre®, salvo la existencia de varios tipos de mesetas de apoyos, las cuales pueden sobresalir, de la parte superior del bloque, desde 0 a 4 cm en función de la estructura a apoyar

El bloque de hormigón dispone de 4 perforaciones pasantes, cuyo diámetro en la parte superior es de 43,5 mm (+/- 1 mm) y en la parte inferior es de 47,5 mm (+/- 1 mm). Estas perforaciones permiten que la pieza sea atravesada por las barras de anclaje las cuales se clavan al terreno.

El bloque de hormigón armado y perforado presenta las siguientes variantes en cuanto a la fijación sobre él de los elementos superiores:

- Con una rosca hembra en el centro de la cara superior. Esta variante está indicada para soportar básicamente esfuerzos de compresión y/o tracción donde la nivelación de la estructura a soportar no sea un aspecto crítico debido a las características de la propia estructura o porque ésta aporta algún sistema de nivelación propio.



- Con 4 roscas hembra perimetrales. Esta variante está indicada para soportar esfuerzos de flexión y/o conectarse a estructuras que precisen una nivelación precisa, pudiéndose utilizar dichas roscas para la nivelación en dos ejes perpendiculares.



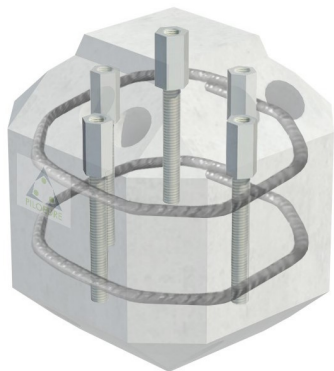
- Con un agujero pasante central de diámetro aproximado 40 mm. Esta variante está indicada para soportar postes o elementos que puedan introducir su conexión en el agujero pasante, así mismo puede ser adecuado para elementos que, como las farolas, precisen de una vía de entrada inferior para conducciones.
- Son posibles variantes que combinen las anteriores, por ejemplo una pieza con las cuatro hembras perimetrales y un agujero pasante, disposición ésta adecuada para soportar farolas ya que las cuatro hembras permitirán nivelar la farola además de soportar esfuerzos de flexión, utilizando el hueco central para "pasar" los cables de conexión eléctrica.
- Son posibles diferentes planos de apoyo para ajustarse a los requerimientos de la estructura. Los diferentes planos de apoyo darán diferentes alturas de meseta de apoyo, entre 0 y 4 cm.



	FECHA	NOMBRE	FICHA TÉCNICA Nota importante: PILOEDRE se reserva el derecho de modificar los contenidos, características y medidas expuestas en la siguiente ficha. Las características válidas deberán solicitarse a PILOEDRE en el momento de la compra y únicamente serán de aplicación para dicha compra.
REALIZADO	20/01/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	
REVISADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	
APROVADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	

Los mecanismos de conexión del PILOEDRE están empotrados en el bloque de hormigón y están formados por tuercas hexagonales de altura 3*d con rosca métrica de 16 mm (M16) y calidad 5 (DIN 6334).

Con la finalidad de garantizar la transmisión de esfuerzos de la conexión al interior del Piloedre®, la mitad inferior de la tuerca tiene roscada una varilla o espárrago M16 (DIN 975) de resistencia mínima 400 MPa y longitud mínima 200 mm, estando esta pieza totalmente embebida en el hormigón.



Es posible suministrar Piloedre® con elementos de conexión diferentes con la finalidad de adaptarse a los requerimientos de los elementos a conectar.

Barras de anclaje al terreno

Las barras de anclaje al terreno son tubos de acero estructural de calidad N80 según la norma API 5CT con un límite elástico mínimo de 500 MPa y diámetro exterior 42,9 mm (+-1 mm)

La longitud normal de los tubos será de 1200 mm (tipo 2), en caso de dificultad de hinca debido a la dureza del terreno los tubos serán de 900 mm (tipo 1). Ciertas tipologías de terrenos o esfuerzos especiales pueden implicar la necesidad de tubos con espesores y/o longitudes mayores.

Tipologías de tubos		
tipología	Espesor (mm)	Longitud (mm)
Tipo 1	2,9 (+-0,2)	900 (+- 50)
Tipo 2	2,9 (+-0,2)	1200 (+- 50)
Tipo esp	>4 (+-0,2)	> 900 o 1200

Los tubos pueden ir galvanizados o no en función de la vida útil de las instalaciones a realizar.

Criterios de proyecto

Criterios de diseño

Piloedre® es una cimentación superficial, es decir, es como una zapata con su particular forma. Lo anterior lleva a poder afirmar que:

- Allí donde se pueda cimentar una estructura ligera con una zapata o cimentación superficial, se podrá utilizar un Piloedre® .
- Allí donde una cimentación superficial técnicamente no sea adecuada, un Piloedre® tampoco lo será.

Así mismo, los Piloedre® tiene una capacidad importante para soportar esfuerzos laterales, tracciones y momentos.

Los Piloedre® podrán combinarse para, soportar esfuerzos por apoyo, que un único Piloedre® no podría soportar.



	FECHA	NOMBRE	FICHA TÉCNICA Nota importante: PILOEDRE se reserva el derecho de modificar los contenidos, características y medidas expuestas en la siguiente ficha. Las características válidas deberán solicitarse a PILOEDRE en el momento de la compra y únicamente serán de aplicación para dicha compra.
REALIZADO	20/09/2016	Dept, Técnico PILOEDRE	
REVISADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	
APROVADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	



Seguridad estructural

Criterios de cálculo

La verificación de una cimentación con Piloedre® seguirá los siguientes pasos:

- PASO 1: Obtener los parámetros del terreno:
 - C= cohesión
 - Φ = Ángulo rozamiento interno
 - K=Módulo balasto para placa 30*30
 - γ =Densidad

Estos parámetros deben determinarse para el terreno implicado en el mecanismo resistente del Piloedre®, unos 2,00 metros bajo la base del Piloedre®, la profundidad investigada se aumentará si se prevé la presencia de terreno mucho más blando en profundidad.

- PASO 2: Se establece el escenario de diseño:
 - ESCENARIO 1: El Piloedre® deberá ser desmontable y reutilizable en cualquier momento de su vida útil.
 - ESCENARIO 2: El Piloedre® no se desmontará una vez haya entrado en carga, siendo posible su desmontaje en fase de instalación.
- PASO 3: A partir de una distribución de Piloedres® se deberá determinar la combinaciones pésimas de acciones a soportar por los Piloedres® previstos. Los tipos de acciones a soportar se pueden agrupar en: vertical de compresión, vertical de arranque, momento y lateral.
- PASO 4: Aplicación de la **metodología Piloedre® para la verificación analítica de la capacidad de Piloedre®** para soportar acciones combinadas. El resultado de la metodología Piloedre® será varios Factores de Seguridad los cuales deben ser superiores a los establecidos previamente. En el caso que dicho factores no se consideren adecuados, se volverá al paso 3 con una nueva distribución de Piloedre®.

Piloedre® dispone del documento DAU 17/108 (Documento de Adecuación al Uso) elaborado y otorgado por el ITeC, entidad autorizada por el Ministerio de Vivienda. El seguimiento de los criterios expuestos en el DAU implica el cumplimiento del CTE(Código Técnico de la edificación) en el ámbito de la edificación así como las diferentes disposiciones reglamentarias aprobadas por la administración el ámbito de la ingeniería civil.

En las tablas siguientes se refleja la capacidad frente a esfuerzo vertical de un Piloedre® aislado para terrenos arcillosos y granulares, considerando que el Piloedre® sobresale 5 cm. respecto a la superficie.

En estas tablas, a modo de guía y para ayudar a identificar la consistencia del terreno, se especifican unos sencillos ensayos los cuales no sustituyen los datos obtenidos en un estudio geotécnico pero permiten estimar “in situ” las capacidades de los Piloedre®.

Suelos con cohesión (suelos arcillosos)				
DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	Resistencia a la compresión simple estimada (Kg/cm2)	Capacidad PILOEDRE (KN) (no reutilizable)	Capacidad PILOEDRE (KN) (reutilizable)
Blando	Se moldea fácilmente con los dedos.		ensayos	ensayos
Firme	Se moldea con una fuerte presión de los dedos.	0,8	20	15
consistente	Se hunde con una fuerte presión en los dedos	1,2	35	20
Muy consistente	Se hunde ligeramente con una fuerte presión en los dedos	1,7	40	20
Duro	Se hunde ligeramente con la punta de un lápiz	2,0	50	25
Muy duro		>3,0	70	30

Suelos sin cohesión (suelos granulares)				
DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN	Ángulo de rozamiento interno estimado	Capacidad PILOEDRE (KN) (no reutilizable)	Capacidad PILOEDRE (KN) (reutilizable)
Suelta	Una barra de acero d=16 mm penetra manualmente 75 cm.		ensayos	ensayos
Firme	Una barra de acero d=16 con un martillo de 2-3 kg penetra 75 cm.	30º	20	15
Densa	Una barra de acero d=16 mm ,con un martillo de 2-3 kg, penetra máximo 50 cm.	35º	35	20
Muy densa	Una barra de acero d=16 mm penetra menos de 30 cm con martillo de 2-3 kg.	40º	70	30

Las tablas anteriores asumen un F.S. (Factor de seguridad) igual a 3 frente a hundimiento y un F.S. de 1,5 frente al doblado de los tubos.

En terrenos especialmente blandos (SPT<5 y/o Qu<40 KPa) será necesario realizar pruebas de carga para determinar la capacidad de los Piloedre®. Las pruebas de carga son sencillas ya que los niveles de carga esperados serán bajos.

FECHA	NOMBRE	<h3>FICHA TÉCNICA</h3> <p>Nota importante: PILOEDRE se reserva el derecho de modificar los contenidos, características y medidas expuestas en la siguiente ficha. Las características válidas deberán solicitarse a PILOEDRE en el momento de la compra y únicamente serán de aplicación para dicha compra.</p>	
REALIZADO	20/01/2017		Dept, Técnico PILOEDRE
REVISADO	20/04/2017		Dept, Técnico PILOEDRE
APROVADO	20/04/2017		Dept, Técnico PILOEDRE



Podrán combinarse varios Piloedres® para soportar esfuerzos mayores a las capacidades de un Piloedre® aislado. Cuando la distancia entre dos Piloedre® sea superior a 1,00 metros no se considera la interacción entre los mecanismos resistentes de los Piloedre®. En el caso que dos Piloedre® se instalen a una distancia de 30cm (prácticamente tocándose) se aplicarán los siguientes coeficientes de minoración.

Esfuerzos a compresión	0,7
Esfuerzos a tracción	0,7
Esfuerzos a lateral	0,85
Esfuerzos a flexión	0,85

Para valores intermedios entre 1,00 metro y 30 cm o menor, se aplicará una relación lineal.

Para grupos de más de dos Piloedre® se aplicarán las reglas anteriores agrupando los Piloedre® sucesivamente.

Durabilidad

La utilización de hormigón con alta dosificación de cemento sulfuresistente, así como los recubrimientos con los paramentos exteriores y la relación agua cemento permite afirmar que el bloque de hormigón tiene una vida útil de 50 años según los criterios de la EHE.

La galvanización en caliente por inmersión de los tubos, en base a los criterios de recubrimiento mínimo exigidos por la norma UNE EN ISO 1451 así como el sobredimensionado de los tubos de acero, permite afirmar que la vida útil de éstos es superior a 50 años en terrenos de agresividad moderada.

Para instalaciones que requieran vidas útiles inferiores a 10 años en terrenos de agresividad moderada podrá utilizarse tubos no galvanizados.

En terrenos de agresividad especial deberá analizarse con detalle la evolución de la capacidad resistente del Piloedre® con el tiempo.

Criterios de ejecución, de mantenimiento y conservación

Criterios generales de ejecución

En lo que sigue se describen los criterios generales de ejecución de los Piloedre®. Pueden existir situaciones especiales que requieran protocolos y sistemáticas diferentes.

Medios humanos y materiales necesarios para la instalación.

Los procedimientos de instalación del Piloedre® se han diseñado para facilitar el trabajo del instalador, pero implican la necesidad de tener unos conocimientos básicos de construcción y manejo de herramientas.

Como habilidades básicas se destacan:

- Capacidad de hacer trabajos sencillos de replanteo como puedan ser el encamillado, traslado de puntos, nivelación básica, interpretación de esquemas y planos sencillos, etc.
- Manejo de herramientas manuales profesionales eléctricas como puedan ser martillo percutor, martillo perforador o radial.
- Manejo de herramientas manuales como martillos, llaves de montaje, pistolas de sellado, etc.
- Conocimientos de las normas de seguridad básicas para trabajos que impliquen los anteriores puntos.

Manipulación en la obra. Condiciones de seguridad

La instalación de los Piloedre® comporta la necesidad de adoptar los protocolos adecuados para garantizar la seguridad y salud de los operarios, como aspectos fundamentales a valorar se destaca:

- El entorno donde se realice la instalación del Piloedre® debe considerarse como un entorno de obra, lo cual implica, entre otras cosas, la necesidad de balizar la zona de trabajo e impedir el acceso a dicha zona al personal ajeno a la instalación.
- En el caso de presencia de riesgos asociados al entorno del trabajo a realizar, se deberán

	FECHA	NOMBRE	FICHA TÉCNICA Nota importante: PILOEDRE se reserva el derecho de modificar los contenidos, características y medidas expuestas en la siguiente ficha. Las características válidas deberán solicitarse a PILOEDRE en el momento de la compra y únicamente serán de aplicación para dicha compra.
REALIZADO	20/09/2016	Dept, Técnico PILOEDRE	
REVISADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	
APROVADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE	

prever los adecuados elementos de protección colectivos.

- Los operarios instaladores de los Piloedre® deberán disponer de los EPI (elementos de protección individual) propios de los trabajos a realizar.
- La operativa de instalación de los Piloedre® implica el manejo de herramientas que precisan protocolos de seguridad específicos, de los cuales los operarios deben estar informados y formados y en todo momento deben ser cumplidos.

Verificaciones previas a la ejecución

Previa la instalación de los Piloedre® deberá realizarse el correspondiente replanteo y asegurarse que no existe elemento alguno que pueda ser afectado por la instalación del Piloedre®, en especial la posible existencia de instalaciones en profundidad.

Cabe destacar, por su importancia para la integridad de los operarios instaladores del Piloedre®, la necesidad de tener la certeza que los tubos de Piloedre® no cortarán cables con corriente eléctrica, independientemente de esta certeza se recomienda trabajar sobre alfombras aislantes en el momento de realizar la perforación.

Secuencia de ejecución

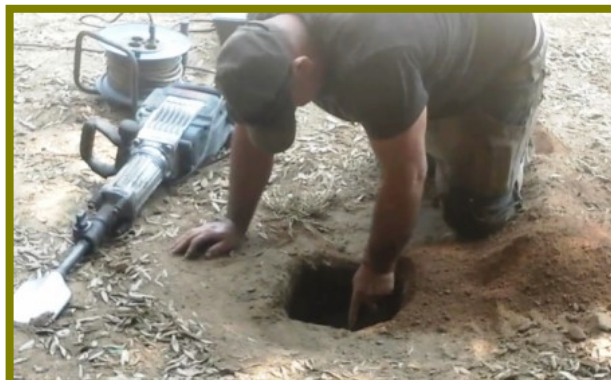
La instalación de los Piloedre® implica la realización de los siguientes pasos:

- **PASO 1:** Recepción y transporte al punto de instalación.



- **PASO 2:** Excavación de recinto de para introducir pieza de hormigón (aprox 30*30 cm). La profundidad del recinto será como

mínimo de 25 cm en el caso que el Piloedre® esté destinado a soportar esfuerzos de compresión y de como mínimo de 45 cm para Piloedre® destinados a soportar esfuerzos principales de tracción, momento o laterales.



- **PASO 3:** Posicionado y fijado del Piloedre® mediante clavado de los tubos con martillo manual y control de nivelación.



	FECHA	NOMBRE
REALIZADO	20/01/2017	Dept, Técnico PILOEDRE
REVISADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE
APROVADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE

FICHA TÉCNICA

Nota importante: PILOEDRE se reserva el derecho de modificar los contenidos, características y medidas expuestas en la siguiente ficha. Las características válidas deberán solicitarse a PILOEDRE en el momento de la compra y únicamente serán de aplicación para dicha compra.

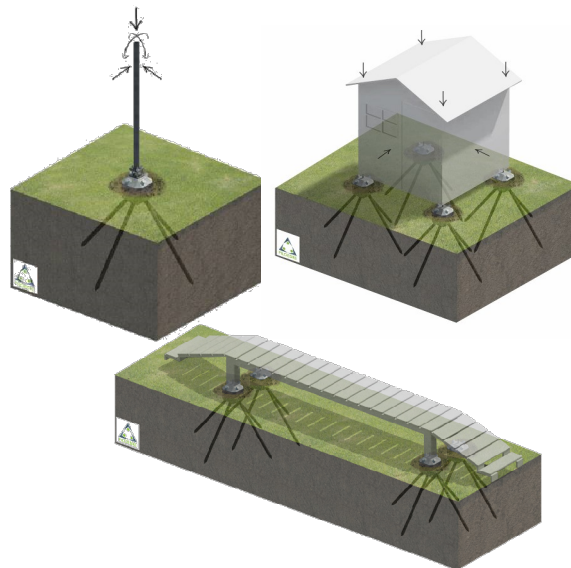
- **PASO 4:** Hincado de los tubos con control de nivelación.



- **PASO 5:** Instalación de los tapones de protección de los tubos.



Una vez finalizado el paso 5, el Piloedre® está listo para soportar la carga de cimentación para la cual se ha instalado



Ejecución de puntos singulares

En la instalación de los Piloedre® se pueden dar situaciones que pueden calificarse como singulares, se destacan las siguientes:

- Los cuatros tubos no pueden ser hincados hasta la profundidad pedida debido a la dureza del terreno. En este caso, se deberá realizar una preperforación con un equipo perforador eléctrico manual. La perforación será de diámetro 40 mm y debe ser lo suficientemente larga para que pueda introducirse un tubo de 90 cm (aproximadamente 60 cm más allá de la pieza de hormigón). Posteriormente a la preperforación se reiniciará la hinca del tubo según el procedimiento normal, instalándose únicamente un tubo de 90 cm.
- Uno de los tubos no puede ser hincado a la profundidad deseada. En este caso se repetirá el proceso anterior, considerando que aunque uno o dos de los tubos sean algo más cortos, este aspecto no implica mayor problema para el funcionamiento del Piloedre®.

	FECHA	NOMBRE
REALIZADO	20/09/2016	Dept, Técnico PILOEDRE
REVISADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE
APROVADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE

FICHA TÉCNICA

Nota importante: PILOEDRE se reserva el derecho de modificar los contenidos, características y medidas expuestas en la siguiente ficha. Las características válidas deberán solicitarse a PILOEDRE en el momento de la compra y únicamente serán de aplicación para dicha compra.

Criterios de mantenimiento o conservación

Los Piloedre® no requieren mayores tareas de mantenimiento, a efectos de la durabilidad de sus componentes, si la integridad de éstos no ha sido afectada por un elemento externo.

Para poder asegurar el correcto funcionamiento del Piloedre® durante su vida útil deberá garantizarse la no afectación al terreno, el cual, aunque no forma parte del Piloedre®, sí está relacionado con su mecanismo resistente. Sin ánimo de exhaustividad se listan varios aspectos a vigilar:

- Ausencia de excavaciones alrededor del Piloedre®,
- Sobrecargas o acciones laterales que puedan afectar a los tubos del Piloedre® debido a la imposición de un campo de deformaciones.
- Presencia de vegetación cuyas raíces puedan ejercer un esfuerzo que afecte al Piloedre®.
- Humectaciones o desecaciones que afecten las características resistentes del terreno o impliquen un campo de movimientos internos.

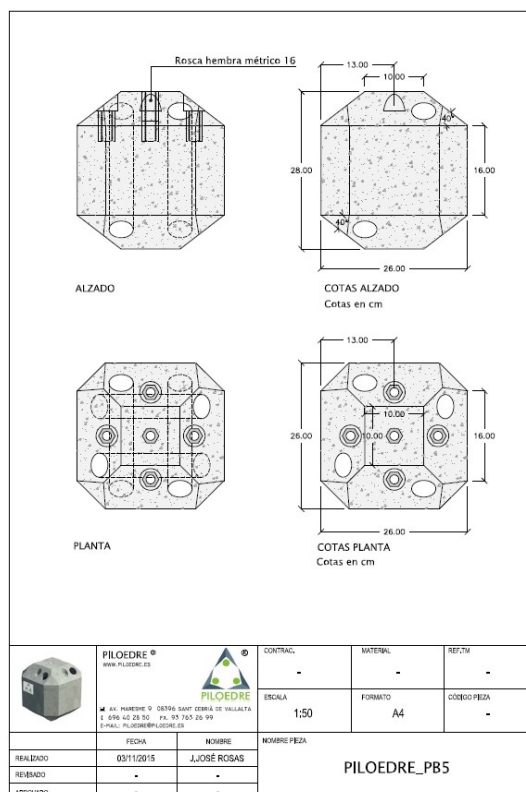
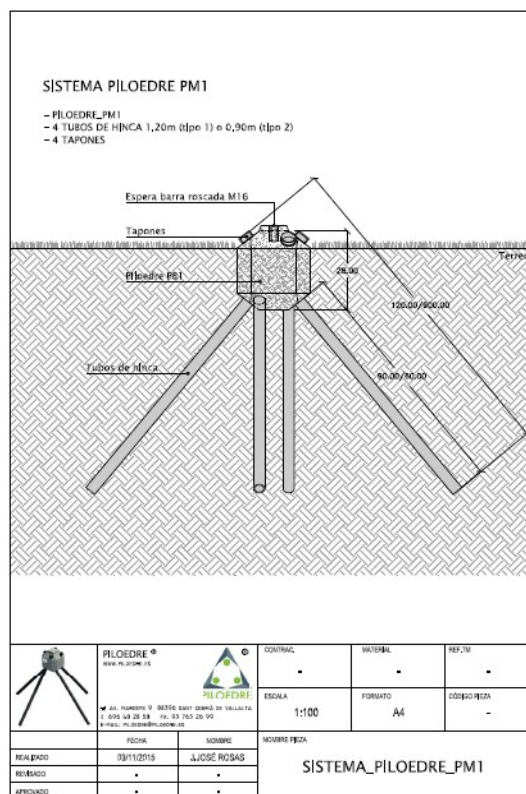
Medidas para la protección del medio ambiente

Tratamiento de residuos

La instalación de los Piloedre® implica una mínima afectación al entorno ya que su instalación únicamente precisa la realización de una pequeña excavación de material que se supone tendrá la misma naturaleza que el entorno pudiéndose dejar en la zona o llevarse a vertedero con medios de transporte básicos.

El resto de residuos se limitarán a los elementos de embalaje, los cuales se deberán gestionar en función de los materiales que los componen.

Ejemplo de planos



	FECHA	NOMBRE
REALIZADO	20/01/2017	Dept, Técnico PILOEDRE
REVISADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE
APROBADO	20/04/2017	Dept, Técnico PILOEDRE

FICHA TÉCNICA

Nota importante: PILOEDRE se reserva el derecho de modificar los contenidos, características y medidas expuestas en la siguiente ficha. Las características válidas deberán solicitarse a PILOEDRE en el momento de la compra y únicamente serán de aplicación para dicha compra.













Anexo4

Justificación de Carga de CO2 de todo el Ciclo de vida

ADE001 m³ Excavación a cielo abierto, con medios manuales.

21,89€

Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con martillo neumático, y carga manual a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.











Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:										
A4										
A5	0,015	9,77e-10	6,51e-05	2,66e-04	1,26e-05	5,48e-07	0,207		0,102	0,030
Total A4-A5:	0,015	9,77e-10	6,51e-05	2,66e-04	1,26e-05	5,48e-07	0,207		0,102	0,030
Energía total y emisiones:	0,015	9,77e-10	6,51e-05	2,66e-04	1,26e-05	5,48e-07	0,207		0,102	0,030

- A1: Suministro de materias primas
- A2: Transporte de materias primas
- A3: Fabricación del producto
- A4: Transporte del producto
- A5: Proceso de instalación del producto y construcción

- GWP: Potencial de calentamiento global
- ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
- AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
- EP: Potencial de eutrofización
- POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
- ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
- ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
- PERT: Uso total de energía primaria renovable
- PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable
- FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo	Etapa del ciclo de vida									
	Construcción									
	A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Medios auxiliares	0,015	9,77e-10	6,51e-05	2,66e-04	1,26e-05	5,48e-07	0,207		0,102	0,030
Energía total y emisiones:	0,015	9,77e-10	6,51e-05	2,66e-04	1,26e-05	5,48e-07	0,207		0,102	0,030

Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³. Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, separadores y tubos para paso de instalaciones. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:	355,825	1,01e-05	0,610	0,179	0,081	-7,68e-04	1.839,050	208,706	1.915,850	5,300
A4	8,606	0,011	0,602	0,120	0,032	0,005	946,626		116,293	1,807
A5	0,022	1,43e-09	9,56e-05	3,91e-04	1,85e-05	8,04e-07	0,304		0,150	0,043
Total A4-A5:	8,627	0,011	0,602	0,121	0,032	0,005	946,930		116,443	1,851
Energía total y emisiones:	364,452	0,011	1,213	0,299	0,113	0,004	2.785,980	208,706	2.032,293	7,151

- A1: Suministro de materias primas
- A2: Transporte de materias primas
- A3: Fabricación del producto
- A4: Transporte del producto
- A5: Proceso de instalación del producto y construcción











- GWP: Potencial de calentamiento global
- ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
- AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
- EP: Potencial de eutrofización
- POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
- ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
- ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
- PERT: Uso total de energía primaria renovable
- PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable
- FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Fabricación									
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Plástico.	0,088	0,423	2,64e-08	0,002	5,28e-04	1,76e-04	3,52e-05	7,450	0,482	8,043	0,088
Acero.	50,000	25,500	2,50e-06	0,100	0,025	0,005	-1,00e-03	435,500	56,000	435,500	0,150
Acero galvanizado.	0,200	0,512	1,00e-12	1,00e-03	1,00e-04	1,40e-04	2,00e-05	4,600	0,280	4,740	0,001
Hormigón.	2.530,000	328,900	7,59e-06	0,506	0,152	0,076	1,77e-04	1.391,500	151,800	1.467,400	5,060
Total:	2.580,288	355,335	1,01e-05	0,609	0,177	0,081	-7,68e-04	1.839,050	208,562	1.915,683	5,299
Envases	Peso (kg)										
Papel, cartón.	0,576	0,490		0,002	0,001				0,144	0,167	0,001
Energía total y emisiones:		355,825	1,01e-05	0,610	0,179	0,081	-7,68e-04	1.839,050	208,706	1.915,850	5,300

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A4. Transporte del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Plástico.	0,088	0,009	1,19e-05	6,40e-04	1,28e-04	3,38e-05	5,48e-06	1,005		0,123	0,002
Acero.	50,000	5,191	0,007	0,363	0,073	0,019	0,003	571,018		70,150	1,090
Acero galvanizado.	0,200	0,021	2,70e-05	0,001	2,91e-04	7,68e-05	1,25e-05	2,284		0,281	0,004
Hormigón.	2.530,000	3,325	0,004	0,233	0,047	0,012	0,002	365,741		44,931	0,698
Total:	2.580,288	8,546	0,011	0,598	0,120	0,032	0,005	940,048		115,485	1,795
Envases	Peso (kg)										
Papel, cartón.	0,576	0,060	7,77e-05	0,004	8,37e-04	2,21e-04	3,59e-05	6,578		0,808	0,013
Energía total y emisiones:		8,606	0,011	0,602	0,120	0,032	0,005	946,626		116,293	1,807

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
		CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Materiales	Peso (kg)										
Plástico.	0,088	4,50e-07	2,97e-14	1,98e-09	8,11e-09	3,83e-10	1,67e-11	6,31e-06		3,11e-06	9,01e-07
Acero.	50,000	2,56e-04	1,69e-11	1,13e-06	4,61e-06	2,18e-07	9,47e-09	0,004		0,002	5,12e-04
Acero galvanizado.	0,200	1,02e-06	6,76e-14	4,50e-09	1,84e-08	8,70e-10	3,79e-11	1,43e-05		7,06e-06	2,05e-06
Hormigón.	2.530,000	0,013	8,55e-10	5,70e-05	2,33e-04	1,10e-05	4,79e-07	0,181		0,089	0,026
Total:	2.580,288	0,013	8,72e-10	5,81e-05	2,38e-04	1,12e-05	4,89e-07	0,185		0,091	0,026
Medios auxiliares		0,009	5,62e-10	3,75e-05	1,53e-04	7,24e-06	3,15e-07	0,119		0,059	0,017
Energía total y emisiones:		0,022	1,43e-09	9,56e-05	3,91e-04	1,85e-05	8,04e-07	0,304		0,150	0,043

Meseta de chapa lagrimada, tipo T, según UNE-EN 10363, de acero galvanizado UNE-EN 10025 S235JR, de 4 mm de espesor nominal y de 6 mm de espesor total, masa nominal 34 kg/m² y 1 pliegue, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:	87,194	9,77e-09	0,171	0,017	0,024	0,003	784,709	47,775	808,725	0,236
A4	3,533	0,005	0,247	0,049	0,013	0,002	388,658		47,747	0,742
A5	0,009	6,09e-10	4,06e-05	1,66e-04	7,85e-06	3,42e-07	0,129		0,064	0,018
Total A4-A5:	3,542	0,005	0,247	0,050	0,013	0,002	388,787		47,810	0,760
Energía total y emisiones:	90,736	0,005	0,418	0,067	0,037	0,006	1.173,496	47,775	856,535	0,996

A1: Suministro de materias primas

A2: Transporte de materias primas

A3: Fabricación del producto

A4: Transporte del producto

A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global

ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico

AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua

EP: Potencial de eutrofización

POCP: Potencial de formación de ozono troposférico

ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles

ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles

PERT: Uso total de energía primaria renovable

PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable

FW: Uso neto de recursos de agua corriente











Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Fabricación									
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero galvanizado.	34,000	87,040	1,70e-10	0,170	0,017	0,024	0,003	782,000	47,600	805,800	0,204
Envases	Peso (kg)										
Plástico.	0,032	0,154	9,60e-09	6,40e-04	1,92e-04	6,40e-05	1,28e-05	2,709	0,175	2,925	0,032
Energía total y emisiones:		87,194	9,77e-09	0,171	0,017	0,024	0,003	784,709	47,775	808,725	0,236

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A4. Transporte del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero galvanizado.	34,000	3,530	0,005	0,247	0,049	0,013	0,002	388,292		47,702	0,741
Envases	Peso (kg)										
Plástico.	0,032	0,003	4,32e-06	2,33e-04	4,65e-05	1,23e-05	1,99e-06	0,365		0,045	6,98e-04
Energía total y emisiones:		3,533	0,005	0,247	0,049	0,013	0,002	388,658		47,747	0,742

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero galvanizado.	34,000	2,43e-04	1,60e-11	1,07e-06	4,37e-06	2,06e-07	8,99e-09	0,003		0,002	4,86e-04

Medios auxiliares		0,009	5,93e-10	3,96e-05	1,62e-04	7,64e-06	3,33e-07	0,126		0,062	0,018
Energía total y emisiones:		0,009	6,09e-10	4,06e-05	1,66e-04	7,85e-06	3,42e-07	0,129		0,064	0,018

Cubierta curva autoportante, simple, de perfiles autoportantes de chapa de acero galvanizado prelacado, con forma grecada, acabado con pintura de poliéster, color a elegir, de 1 mm de espesor, 910 mm de anchura y 200 mm de altura de perfil, fijados mecánicamente a una estructura soporte. Incluso elementos de fijación de los perfiles autoportantes a la estructura, tornillos autoperforantes rosca-chapa para la unión de los perfiles autoportantes entre sí, tornillos autoperforantes para la fijación de los perfiles autoportantes a la estructura, arandelas de sellado, tensores y cables de acero. El precio no incluye la estructura soporte ni la resolución de puntos singulares.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Total A1-A2-A3:										
A4										
A5	6,320	4,17e-07	0,028	0,114	0,005	2,34e-04	88,487		85,379	12,641
Total A4-A5:	6,320	4,17e-07	0,028	0,114	0,005	2,34e-04	88,487		85,379	12,641
Energía total y emisiones:	6,320	4,17e-07	0,028	0,114	0,005	2,34e-04	88,487		85,379	12,641

A1: Suministro de materias primas
 A2: Transporte de materias primas

A3: Fabricación del producto

A4: Transporte del producto

A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global

ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico

AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua

EP: Potencial de eutrofización

POCP: Potencial de formación de ozono troposférico

ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles

ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles

PERT: Uso total de energía primaria renovable

PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable

FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo	Etapa del ciclo de vida										
	Construcción										
	A5. Proceso de instalación del producto y construcción										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW	
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Maquinaria	Volumen (l)										
Gasoil.	2,311	6,316	4,17e-07	0,028	0,114	0,005	2,34e-04	88,418		85,345	12,631
Medios auxiliares		0,005	3,27e-10	2,18e-05	8,91e-05	4,21e-06	1,83e-07	0,069		0,034	0,010
Energía total y emisiones:		6,320	4,17e-07	0,028	0,114	0,005	2,34e-04	88,487		85,379	12,641

Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central, de 240x240 mm y espesor 15 mm, y montaje sobre 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 50 cm de longitud total, embutidos en el hormigón fresco, y atornillados con arandelas, tuerca y contratuerca una vez endurecido el hormigón del cimiento. Incluso mortero autonivelante expansivo para relleno del espacio resultante entre el hormigón endurecido y la placa y protección anticorrosiva aplicada a las tuercas y extremos de los pernos. El precio incluye los cortes, los despuntes, las pletinas, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:	7,299	5,35e-07	0,026	0,006	0,002	-1,52e-04	125,308	16,770	127,949	0,109
A4	1,091	0,001	0,076	0,015	0,004	6,54e-04	119,981		14,740	0,229
A5	0,011	7,22e-10	4,81e-05	1,97e-04	9,30e-06	4,05e-07	0,153		0,075	0,022
Total A4-A5:	1,102	0,001	0,076	0,015	0,004	6,55e-04	120,134		14,815	0,251
Energía total y emisiones:	8,400	0,001	0,103	0,022	0,006	5,03e-04	245,442	16,770	142,764	0,360

- A1: Suministro de materias primas
- A2: Transporte de materias primas
- A3: Fabricación del producto
- A4: Transporte del producto
- A5: Proceso de instalación del producto y construcción

- GWP: Potencial de calentamiento global
- ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
- AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
- EP: Potencial de eutrofización
- POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
- ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
- ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
- PERT: Uso total de energía primaria renovable
- PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable
- FW: Uso neto de recursos de agua corriente











Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Fabricación									
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	9,937	5,068	4,97e-07	0,020	0,005	9,94e-04	-1,99e-04	86,551	11,129	86,551	0,030
Mortero.	3,456	0,588	3,46e-08	0,001	3,46e-04	6,91e-05	1,04e-06	4,320	2,004	4,769	0,007
Resina.	0,415	1,361	1,66e-10	0,003	3,73e-04	8,30e-04	8,30e-06	31,914	2,353	33,532	0,012
Zinc.	0,062	0,192	-6,20e-10	0,001	1,86e-04	5,58e-05	2,48e-05	1,538	0,812	2,027	0,043
Total:	13,870	7,208	5,31e-07	0,026	0,006	0,002	-1,65e-04	124,322	16,299	126,880	0,093
Envases	Peso (kg)										
Papel, cartón.	0,048	0,041		1,44e-04	9,60e-05				0,012	0,014	9,60e-05
Plástico.	0,010	0,048	3,00e-09	2,00e-04	6,00e-05	2,00e-05	4,00e-06	0,847	0,055	0,914	0,010
Madera.	0,003	-0,006	2,70e-11	6,00e-06	3,00e-06	6,00e-07	9,00e-06	0,017	0,388	0,019	0,006
Acero.	0,014	0,007	7,00e-10	2,80e-05	7,00e-06	1,40e-06	-2,80e-07	0,122	0,016	0,122	4,20e-05
Total:	0,075	0,090	3,73e-09	3,78e-04	1,66e-04	2,20e-05	1,27e-05	0,985	0,471	1,069	0,016
Energía total y emisiones:	7,299	5,35e-07	0,026	0,006	0,002	-1,52e-04	125,308	16,770	127,949	0,109	

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A4. Transporte del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	9,937	1,032	0,001	0,072	0,014	0,004	6,19e-04	113,484		13,942	0,217
Mortero.	3,456	0,008	1,03e-05	5,56e-04	1,11e-04	2,94e-05	4,77e-06	0,874		0,107	0,002
Resina.	0,415	0,043	5,60e-05	0,003	6,03e-04	1,59e-04	2,59e-05	4,739		0,582	0,009
Zinc.	0,062	0,006	8,37e-06	4,51e-04	9,01e-05	2,38e-05	3,86e-06	0,708		0,087	0,001

Total:	13,870	1,089	0,001	0,076	0,015	0,004	6,53e-04	119,806		14,718	0,229
Envases	Peso (kg)										
Papel, cartón.	0,048	1,10e-04	1,44e-07	7,73e-06	1,55e-06	4,08e-07	6,62e-08	0,012		0,001	2,32e-05
Plástico.	0,010	2,30e-05	2,99e-08	1,61e-06	3,22e-07	8,51e-08	1,38e-08	0,003		3,11e-04	4,83e-06
Madera.	0,003	6,90e-06	8,97e-09	4,83e-07	9,66e-08	2,55e-08	4,14e-09	7,59e-04		9,32e-05	1,45e-06
Acero.	0,014	0,001	1,89e-06	1,02e-04	2,03e-05	5,38e-06	8,72e-07	0,160		0,020	3,05e-04
Total:	0,075	0,002	2,07e-06	1,12e-04	2,23e-05	5,90e-06	9,56e-07	0,175		0,022	3,35e-04
Energía total y emisiones:		1,091	0,001	0,076	0,015	0,004	6,54e-04	119,981		14,740	0,229

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)		
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	9,937	7,10e-05	4,68e-12	3,12e-07	1,28e-06	6,03e-08	2,63e-09	9,94e-04		4,89e-04	1,42e-04
Mortero.	3,456	2,47e-05	1,63e-12	1,09e-07	4,44e-07	2,10e-08	9,13e-10	3,46e-04		1,70e-04	4,94e-05
Resina.	0,415	2,96e-06	1,96e-13	1,30e-08	5,34e-08	2,52e-09	1,10e-10	4,15e-05		2,04e-05	5,93e-06
Zinc.	0,062	4,43e-07	2,92e-14	1,95e-09	7,97e-09	3,76e-10	1,64e-11	6,20e-06		3,05e-06	8,86e-07
Total:	13,870	9,91e-05	6,54e-12	4,36e-07	1,78e-06	8,42e-08	3,67e-09	0,001		6,83e-04	1,98e-04
Medios auxiliares		0,011	7,15e-10	4,77e-05	1,95e-04	9,21e-06	4,01e-07	0,152		0,075	0,022
Energía total y emisiones:		0,011	7,22e-10	4,81e-05	1,97e-04	9,30e-06	4,05e-07	0,153		0,075	0,022

Acero UNE-EN 10210-1 S275J0H, en pilares formados por piezas simples de perfiles huecos acabados en caliente de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones atornilladas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye los tornillos, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:	0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003
A4	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022
A5	3,83e-04	2,53e-11	1,69e-06	6,89e-06	3,26e-07	1,42e-08	0,005		0,003	7,66e-04
Total A4-A5:	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,426		1,406	0,023
Energía total y emisiones:	0,614	1,35e-04	0,009	0,002	4,84e-04	4,23e-05	20,136	1,120	10,116	0,026

A1: Suministro de materias primas
 A2: Transporte de materias primas
 A3: Fabricación del producto
 A4: Transporte del producto
 A5: Proceso de instalación del producto y construcción











GWP: Potencial de calentamiento global
 ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
 AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
 EP: Potencial de eutrofización
 POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
 ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
 ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
 PERT: Uso total de energía primaria renovable
 PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable
 FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Fabricación									
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710 0,003	
Energía total y emisiones:		0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710 0,003	

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A4. Transporte del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403 0,022	
Energía total y emisiones:		0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403 0,022	

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	7,14e-06	4,71e-13	3,14e-08	1,29e-07	6,07e-09	2,64e-10	1,00e-04		4,93e-05 1,43e-05	
Medios auxiliares		3,76e-04	2,48e-11	1,65e-06	6,77e-06	3,19e-07	1,39e-08	0,005		0,003 7,52e-04	
Energía total y emisiones:		3,83e-04	2,53e-11	1,69e-06	6,89e-06	3,26e-07	1,42e-08	0,005		0,003 7,66e-04	

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones atornilladas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye los tornillos, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP CO ₂ eq. (kg)	ODP CFC 11 eq. (kg)	AP SO ₂ eq. (kg)	EP (PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	POCP etileno eq. (kg)	ADPE Sb eq. (kg)	ADFP (MJ)	PERT (MJ)	PERNRT (MJ)	FW (m ³)
Total A1-A2-A3:	0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003
A4	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022
A5	3,83e-04	2,53e-11	1,69e-06	6,89e-06	3,26e-07	1,42e-08	0,005		0,003	7,66e-04
Total A4-A5:	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,426		1,406	0,023
Energía total y emisiones:	0,614	1,35e-04	0,009	0,002	4,84e-04	4,23e-05	20,136	1,120	10,116	0,026

A1: Suministro de materias primas
 A2: Transporte de materias primas
 A3: Fabricación del producto
 A4: Transporte del producto
 A5: Proceso de instalación del producto y construcción











GWP: Potencial de calentamiento global
 ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
 AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
 EP: Potencial de eutrofización
 POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
 ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
 ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
 PERT: Uso total de energía primaria renovable
 PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable
 FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo		Etapa del ciclo de vida											
		Fabricación											
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto											
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW		
Materiales		Peso (kg)											
Acero.		1,000	0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003	
Energía total y emisiones:		0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003		

Consumo		Etapa del ciclo de vida										
		Construcción										
		A4. Transporte del producto										
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW	
Materiales		Peso (kg)										
Acero.		1,000	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022
Energía total y emisiones:		0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022	

Consumo		Etapa del ciclo de vida										
		Construcción										
		A5. Proceso de instalación del producto y construcción										
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW	
Materiales		Peso (kg)										
Acero.		1,000	7,14e-06	4,71e-13	3,14e-08	1,29e-07	6,07e-09	2,64e-10	1,00e-04		4,93e-05	1,43e-05
Medios auxiliares			3,76e-04	2,48e-11	1,65e-06	6,77e-06	3,19e-07	1,39e-08	0,005		0,003	7,52e-04
Energía total y emisiones:		3,83e-04	2,53e-11	1,69e-06	6,89e-06	3,26e-07	1,42e-08	0,005		0,003	7,66e-04	

Acero UNE-EN 10210-1 S275J0H, en vigas formadas por piezas simples de perfiles huecos acabados en caliente de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, con uniones atornilladas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye los tornillos, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:	0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003
A4	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022
A5	3,52e-04	2,32e-11	1,55e-06	6,33e-06	2,99e-07	1,30e-08	0,005		0,002	7,03e-04
Total A4-A5:	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,425		1,405	0,023
Energía total y emisiones:	0,614	1,35e-04	0,009	0,002	4,84e-04	4,23e-05	20,135	1,120	10,115	0,026

A1: Suministro de materias primas

A2: Transporte de materias primas

A3: Fabricación del producto

A4: Transporte del producto

A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global

ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico

AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua

EP: Potencial de eutrofización

POCP: Potencial de formación de ozono troposférico

ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles

ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles

PERT: Uso total de energía primaria renovable

PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable











FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo	Etapa del ciclo de vida										
	Fabricación										
	A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW	
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003
Energía total y emisiones:		0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003

Consumo	Etapa del ciclo de vida										
	Construcción										
	A4. Transporte del producto										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW	
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022
Energía total y emisiones:		0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022

Consumo	Etapa del ciclo de vida										
	Construcción										
	A5. Proceso de instalación del producto y construcción										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW	
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	7,14e-06	4,71e-13	3,14e-08	1,29e-07	6,07e-09	2,64e-10	1,00e-04		4,93e-05	1,43e-05
Medios auxiliares		3,45e-04	2,27e-11	1,52e-06	6,20e-06	2,93e-07	1,27e-08	0,005		0,002	6,89e-04
Energía total y emisiones:		3,52e-04	2,32e-11	1,55e-06	6,33e-06	2,99e-07	1,30e-08	0,005		0,002	7,03e-04

Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones atornilladas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye los tornillos, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:	0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003
A4	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022
A5	3,52e-04	2,32e-11	1,55e-06	6,33e-06	2,99e-07	1,30e-08	0,005		0,002	7,03e-04
Total A4-A5:	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,425		1,405	0,023
Energía total y emisiones:	0,614	1,35e-04	0,009	0,002	4,84e-04	4,23e-05	20,135	1,120	10,115	0,026

A1: Suministro de materias primas

A2: Transporte de materias primas

A3: Fabricación del producto

A4: Transporte del producto

A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global

ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico

AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua

EP: Potencial de eutrofización

POCP: Potencial de formación de ozono troposférico

ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles

ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles

PERT: Uso total de energía primaria renovable

PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable











FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Fabricación									
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003
Energía total y emisiones:		0,510	5,00e-08	0,002	5,00e-04	1,00e-04	-2,00e-05	8,710	1,120	8,710	0,003

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A4. Transporte del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022
Energía total y emisiones:		0,104	1,35e-04	0,007	0,001	3,84e-04	6,23e-05	11,420		1,403	0,022

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Acero.	1,000	7,14e-06	4,71e-13	3,14e-08	1,29e-07	6,07e-09	2,64e-10	1,00e-04		4,93e-05	1,43e-05
Medios auxiliares		3,45e-04	2,27e-11	1,52e-06	6,20e-06	2,93e-07	1,27e-08	0,005		0,002	6,89e-04
Energía total y emisiones:		3,52e-04	2,32e-11	1,55e-06	6,33e-06	2,99e-07	1,30e-08	0,005		0,002	7,03e-04

Losa de 15 cm de canto, realizada con placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de 15 cm de canto y 120 cm de anchura, con momento flector último de 13 kN·m/m, con altura libre de planta de hasta 3 m, apoyada directamente sobre vigas de canto o muros de carga; relleno de juntas entre placas alveolares y zonas de enlace con apoyos, realizados con hormigón HA-25/F/20/XC2 fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero B 500 S en zona de negativos, con una cuantía aproximada de 4 kg/m². Incluso alambre de atar. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los apoyos ni los pilares.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
										
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:	35,464	4,36e-06	0,100	0,026	0,010	0,002	330,090	107,421	311,205	7,686
A4	0,916	0,001	0,064	0,013	0,003	5,49e-04	100,722		12,374	0,192
A5	11,630	7,68e-07	0,051	0,209	0,010	4,30e-04	162,827		157,117	23,261
Total A4-A5:	12,546	0,001	0,115	0,222	0,013	9,80e-04	263,549		169,491	23,453
Energía total y emisiones:	48,010	0,001	0,215	0,248	0,023	0,003	593,639	107,421	480,696	31,139

- A1: Suministro de materias primas
- A2: Transporte de materias primas
- A3: Fabricación del producto
- A4: Transporte del producto
- A5: Proceso de instalación del producto y construcción

- GWP: Potencial de calentamiento global
- ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico
- AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua
- EP: Potencial de eutrofización
- POCP: Potencial de formación de ozono troposférico
- ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles
- ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles
- PERT: Uso total de energía primaria renovable
- PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable
- FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Fabricación									
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Prefabricado de hormigón.	200,000	30,000	4,00e-06	0,080	0,020	0,008	-1,00e-04	254,000	12,000	232,000	6,000
Acero.	4,000	2,040	2,00e-07	0,008	0,002	4,00e-04	-8,00e-05	34,840	4,480	34,840	0,012
Acero galvanizado.	0,048	0,123	2,40e-13	2,40e-04	2,40e-05	3,36e-05	4,80e-06	1,104	0,067	1,138	2,88e-04
Hormigón.	25,300	3,289	7,59e-08	0,005	0,002	7,59e-04	1,77e-06	13,915	1,518	14,674	0,051
Total:	229,348	35,452	4,28e-06	0,093	0,024	0,009	-1,73e-04	303,859	18,065	282,652	6,063
Envases	Peso (kg)										
Plástico.	0,265	1,275	7,95e-08	0,005	0,002	5,30e-04	1,06e-04	22,435	1,452	24,221	0,265
Madera.	0,679	-1,263	6,11e-09	0,001	6,79e-04	1,36e-04	0,002	3,796	87,903	4,332	1,358
Total:	0,944	0,012	8,56e-08	0,007	0,002	6,66e-04	0,002	26,231	89,356	28,553	1,623
Maquinaria	Volumen (l)										
Energía total y emisiones:	35,464	4,36e-06	0,100	0,026	0,010	0,002	330,090	107,421	311,205	7,686	

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A4. Transporte del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Prefabricado de hormigón.	200,000	0,460	5,98e-04	0,032	0,006	0,002	2,76e-04	50,597		6,216	0,097
Acero.	4,000	0,415	5,40e-04	0,029	0,006	0,002	2,49e-04	45,681		5,612	0,087
Acero galvanizado.	0,048	0,005	6,48e-06	3,49e-04	6,98e-05	1,84e-05	2,99e-06	0,548		0,067	0,001
Hormigón.	25,300	0,033	4,32e-05	0,002	4,65e-04	1,23e-04	1,99e-05	3,657		0,449	0,007

Total:	229,348	0,913	0,001	0,064	0,013	0,003	5,48e-04	100,484		12,344	0,192
Envases	Peso (kg)										
Plástico.	0,265	6,09e-04	7,92e-07	4,27e-05	8,53e-06	2,25e-06	3,66e-07	0,067		0,008	1,28e-04
Madera.	0,679	0,002	2,03e-06	1,09e-04	2,19e-05	5,78e-06	9,37e-07	0,172		0,021	3,28e-04
Total:	0,944	0,002	2,82e-06	1,52e-04	3,04e-05	8,03e-06	1,30e-06	0,239		0,029	4,56e-04
Maquinaria	Volumen (l)										
Energía total y emisiones:		0,916	0,001	0,064	0,013	0,003	5,49e-04	100,722		12,374	0,192

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Prefabricado de hormigón.	200,000	0,001	9,43e-11	6,29e-06	2,57e-05	1,21e-06	5,29e-08	0,020		0,010	0,003
Acero.	4,000	2,86e-05	1,89e-12	1,26e-07	5,14e-07	2,43e-08	1,06e-09	4,00e-04		1,97e-04	5,71e-05
Acero galvanizado.	0,048	3,43e-07	2,26e-14	1,51e-09	6,17e-09	2,91e-10	1,27e-11	4,80e-06		2,36e-06	6,86e-07
Hormigón.	25,300	1,81e-04	1,19e-11	7,95e-07	3,25e-06	1,54e-07	6,69e-09	0,003		0,001	3,61e-04
Total:	229,348	0,002	1,08e-10	7,21e-06	2,95e-05	1,39e-06	6,06e-08	0,023		0,011	0,003
Maquinaria	Volumen (l)										
Gasoil.	4,253	11,623	7,67e-07	0,051	0,209	0,010	4,30e-04	162,718		157,063	23,245
Medios auxiliares		0,006	4,07e-10	2,71e-05	1,11e-04	5,24e-06	2,28e-07	0,086		0,043	0,012
Energía total y emisiones:		11,630	7,68e-07	0,051	0,209	0,010	4,30e-04	162,827		157,117	23,261

Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 35x35 cm, de 3 m de altura libre máxima, para acabado visto del hormigón, con armadura de 650 a 900 kN/m de capacidad mecánica, sin ménsulas, para atornillar en la base.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
	GWP CO ₂ eq. (kg)	ODP CFC 11 eq. (kg)	AP SO ₂ eq. (kg)	EP (PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	POCP etileno eq. (kg)	ADPE Sb eq. (kg)	ADFP (MJ)	PERT (MJ)	PERNRT (MJ)	FW (m ³)
Total A1-A2-A3:	156,256	1,84e-05	0,465	0,094	0,037	6,67e-04	1.398,535	157,874	1.317,645	28,773
A4	2,115	0,003	0,148	0,030	0,008	0,001	232,607		28,576	0,444
A5	19,388	1,28e-06	0,085	0,349	0,016	7,17e-04	271,438		261,885	38,777
Total A4-A5:	21,503	0,003	0,233	0,379	0,024	0,002	504,045		290,461	39,221
Energía total y emisiones:	177,759	0,003	0,698	0,472	0,062	0,003	1.902,580	157,874	1.608,106	67,993

A1: Suministro de materias primas

A2: Transporte de materias primas

A3: Fabricación del producto

A4: Transporte del producto

A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global

ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico

AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua

EP: Potencial de eutrofización

POCP: Potencial de formación de ozono troposférico

ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles

ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles

PERT: Uso total de energía primaria renovable

PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable

FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Fabricación									
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
		CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Materiales	Peso (kg)										
Prefabricado de hormigón.	918,750	156,188	1,84e-05	0,459	0,092	0,037	-9,19e-04	1.378,125	91,875	1.295,438	27,563
Envases	Peso (kg)										
Plástico.	0,208	1,000	6,24e-08	0,004	0,001	4,16e-04	8,32e-05	17,609	1,140	19,011	0,208
Madera.	0,501	-0,932	4,51e-09	0,001	5,01e-04	1,00e-04	0,002	2,801	64,859	3,196	1,002
Total:	0,709	0,069	6,69e-08	0,005	0,002	5,16e-04	0,002	20,410	65,999	22,208	1,210
Maquinaria	Volumen (l)										
Energía total y emisiones:		156,256	1,84e-05	0,465	0,094	0,037	6,67e-04	1.398,535	157,874	1.317,645	28,773

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A4. Transporte del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
		CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Materiales	Peso (kg)										
Prefabricado de hormigón.	918,750	2,113	0,003	0,148	0,030	0,008	0,001	232,428		28,576	0,444
Envases	Peso (kg)										
Plástico.	0,208	4,78e-04	6,22e-07	3,35e-05	6,70e-06	1,77e-06	2,87e-07	0,053		0,006	1,00e-04
Madera.	0,501	0,001	1,50e-06	8,07e-05	1,61e-05	4,26e-06	6,91e-07	0,127		0,016	2,42e-04
Total:	0,709	0,002	2,12e-06	1,14e-04	2,28e-05	6,03e-06	9,78e-07	0,179		0,022	3,42e-04
Maquinaria	Volumen (l)										
Energía total y emisiones:		2,115	0,003	0,148	0,030	0,008	0,001	232,607		28,576	0,444

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									

		A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
		CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Materiales	Peso (kg)										
Prefabricado de hormigón.	918,750	0,007	4,33e-10	2,89e-05	1,18e-04	5,58e-06	2,43e-07	0,092		0,045	0,013
Maquinaria	Volumen (l)										
Gasoil.	7,088	19,370	1,28e-06	0,085	0,349	0,016	7,17e-04	271,183		261,760	38,740
Medios auxiliares		0,012	7,67e-10	5,11e-05	2,09e-04	9,88e-06	4,30e-07	0,163		0,080	0,023
Energía total y emisiones:		19,388	1,28e-06	0,085	0,349	0,016	7,17e-04	271,438		261,885	38,777

		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
		CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Materiales	Peso (kg)										
Prefabricado de hormigón.	2.159,000	0,015	1,02e-09	6,79e-05	2,78e-04	1,31e-05	5,71e-07	0,216		0,106	0,031
Maquinaria	Volumen (l)										
Gasoil.	1,418	3,875	2,56e-07	0,017	0,070	0,003	1,43e-04	54,252		52,367	7,750
Medios auxiliares		0,002	1,53e-10	1,02e-05	4,17e-05	1,97e-06	8,58e-08	0,032		0,016	0,005
Energía total y emisiones:		3,893	2,57e-07	0,017	0,070	0,003	1,44e-04	54,500		52,489	7,786

Panel sándwich machihembrado en las cuatro caras, compuesto de: cara superior de placa de cemento reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, núcleo aislante de espuma de poliestireno extruido de 40 mm de espesor y cara inferior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, de 2400x550 mm, transmitancia térmica 0,717 W/(m²K), Euroclase B-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, fijado con tornillos autorroscantes de cabeza avellanada, de acero galvanizado, sobre estructura de madera, con una luz entre apoyos de 120 cm, para cubierta plana.

Etapa del ciclo de vida	Indicadores de impacto ambiental							Uso de recursos		
	GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)
Total A1-A2-A3:	58,213	3,83e-06	0,213	0,043	0,021	1,03e-04	911,305	1,102	5,067	0,009
A4	4,429	0,006	0,310	0,062	0,016	0,003	487,158		59,847	0,930
A5	0,005	3,47e-10	2,31e-05	9,46e-05	4,47e-06	1,94e-07	0,074		0,036	0,011
Total A4-A5:	4,434	0,006	0,310	0,062	0,016	0,003	487,232		59,884	0,941
Energía total y emisiones:	62,647	0,006	0,523	0,105	0,038	0,003	1.398,537	1,102	64,951	0,949

A1: Suministro de materias primas

A2: Transporte de materias primas

A3: Fabricación del producto

A4: Transporte del producto

A5: Proceso de instalación del producto y construcción

GWP: Potencial de calentamiento global

ODP: Potencial de agotamiento de la capa de ozono estratosférico

AP: Potencial de acidificación del suelo y de los recursos de agua

EP: Potencial de eutrofización

POCP: Potencial de formación de ozono troposférico

ADPE: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos no fósiles

ADFP: Potencial de agotamiento de recursos abióticos para recursos fósiles

PERT: Uso total de energía primaria renovable

PERNRT: Uso total de energía primaria no renovable

FW: Uso neto de recursos de agua corriente

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Fabricación									
		A1. Suministro de materias primas A2. Transporte de materias primas A3. Fabricación del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Panel sándwich.	42,494	57,792	3,82e-06	0,212	0,042	0,021	8,50e-05	907,247	0,850	0,850	
Acero galvanizado.	0,147	0,376	7,35e-13	7,35e-04	7,35e-05	1,03e-04	1,47e-05	3,381	0,206	3,484	8,82e-04
Total:	42,641	58,168	3,82e-06	0,213	0,043	0,021	9,97e-05	910,628	1,056	4,334	8,82e-04
Envases	Peso (kg)										
Plástico.	0,008	0,038	2,40e-09	1,60e-04	4,80e-05	1,60e-05	3,20e-06	0,677	0,044	0,731	0,008
Papel, cartón.	0,008	0,007		2,40e-05	1,60e-05				0,002	0,002	1,60e-05
Total:	0,016	0,045	2,40e-09	1,84e-04	6,40e-05	1,60e-05	3,20e-06	0,677	0,046	0,734	0,008
Energía total y emisiones:		58,213	3,83e-06	0,213	0,043	0,021	1,03e-04	911,305	1,102	5,067	0,009

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A4. Transporte del producto									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Panel sándwich.	42,494	4,412	0,006	0,309	0,062	0,016	0,003	485,297		59,619	0,926
Acero galvanizado.	0,147	0,015	1,98e-05	0,001	2,14e-04	5,65e-05	9,16e-06	1,679		0,206	0,003
Total:	42,641	4,427	0,006	0,310	0,062	0,016	0,003	486,976		59,825	0,930
Envases	Peso (kg)										
Plástico.	0,008	8,31e-04	1,08e-06	5,81e-05	1,16e-05	3,07e-06	4,98e-07	0,091		0,011	1,74e-04
Papel, cartón.	0,008	8,31e-04	1,08e-06	5,81e-05	1,16e-05	3,07e-06	4,98e-07	0,091		0,011	1,74e-04
Total:	0,016	0,002	2,16e-06	1,16e-04	2,33e-05	6,15e-06	9,97e-07	0,183		0,022	3,49e-04
Energía total y emisiones:		4,429	0,006	0,310	0,062	0,016	0,003	487,158		59,847	0,930

Consumo		Etapa del ciclo de vida									
		Construcción									
		A5. Proceso de instalación del producto y construcción									
		GWP	ODP	AP	EP	POCP	ADPE	ADFP	PERT	PERNRT	FW
	CO ₂ eq. (kg)	CFC 11 eq. (kg)	SO ₂ eq. (kg)	(PO ₄) ³⁻ eq. (kg)	etileno eq. (kg)	Sb eq. (kg)	(MJ)	(MJ)	(MJ)	(m ³)	
Materiales	Peso (kg)										
Panel sándwich.	42,494	3,04e-04	2,00e-11	1,34e-06	5,46e-06	2,58e-07	1,12e-08	0,004		0,002	6,07e-04
Acero galvanizado.	0,147	1,05e-06	6,93e-14	4,62e-09	1,89e-08	8,92e-10	3,88e-11	1,47e-05		7,24e-06	2,10e-06
Total:	42,641	3,05e-04	2,01e-11	1,34e-06	5,48e-06	2,59e-07	1,13e-08	0,004		0,002	6,09e-04
Medios auxiliares		0,005	3,27e-10	2,18e-05	8,91e-05	4,21e-06	1,83e-07	0,069		0,034	0,010
Energía total y emisiones:		0,005	3,47e-10	2,31e-05	9,46e-05	4,47e-06	1,94e-07	0,074		0,036	0,011



Anexo 5

Anexo de presupuesto de obra.

- Presupuesto de obra de estructura tipo SHS
- Presupuesto de obra de estructura tipo HEB
- Presupuesto de obra de estructura de hormigón prefabricado.

PRESUPUESTO ESTRUCTURA MÉTALICA DE PERFILES HUECOS

Índice	Unidad	Descripción	Medición	Importe	Subtotal	CO2 unit	CO2 total
1		Cimentación			1,904.85 €		1,525.03 kg
1.01	m3	Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios manuales.	1.28	22.29 €	28.53 €	0.015 kg	0.02 kg
1.02	ud	Cimentación superficial prefabricada Piloedre con meseta básica y conexión hembra única en eje para métrico 16. Incluso todo el material necesario y auxiliar para su completa instalación	8.00	200.00 €	1,600.00 €	182.23 kg	1,457.81 kg
1.03	ud	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 240x240 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 15 mm de diámetro y 50 cm de longitud total. El precio incluye los cortes, los despuntes, la preparación de bordes, las pletinas, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje	8.00	34.54 €	276.32 €	8.40 kg	67.20 kg
2		Estructura			5,912.25 €		3,884.10 kg
2.01	kg	Acero UNE-EN 10210-1 S275J0H, en pilares formados por piezas simples de perfiles huecos acabados en caliente de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.	448.00	2.44 €	1,093.12 €	0.614 kg	275.07 kg
2.02	kg	Acero UNE-EN 10210-1 S275J0H, en vigas formadas por piezas simples de perfiles huecos acabados en caliente de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.	1381.33	2.43 €	3,356.63 €	0.61 kg	848.14 kg
2.03	m2	Panel sándwich machihembrado en las cuatro caras, compuesto de: cara superior de placa de cemento reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, núcleo aislante de espuma de poliestireno extruido de 40 mm de espesor y cara inferior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, de 2400x550 mm, transmitancia térmica 0,717 W/(m²K), Euroclase B-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, fijado con tornillos autorroscantes de cabeza avellanada, de acero galvanizado, sobre estructura de madera, con una luz entre apoyos de 120 cm, para cubierta plana.	18.00	67.29 €	1,211.22 €	62.65 kg	1,127.65 kg

Meseta de chapa lagrimada, tipo T, según UNE-EN 10363, de acero galvanizado UNE-EN 10025 S235JR, de 4 mm de espesor nominal y de 6 mm de espesor total, masa nominal 34 kg/m² y 1 pliegue, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras.

18.00 13.96 € 251.28 € 90.74 kg 1,633.25 kg

2.04 m2

TOTAL PEM OBRA 7,817.10 € CO2 total 5,409.13 kg

PRESUPUESTO ESTRUCTURA MÉTALICA DE PERFILES LAMINADOS

Índice	Unidad	Descripción	Medición	Importe	Subtotal	CO2 unit	CO2 total
1		Cimentación			1,904.34 €		1,525.03 kg
1.01	m3	Excavación a cielo abierto, en cualquier tipo de terreno, con medios manuales.	1.28	21.89 €	28.02 €	0.02 kg	0.02 kg
1.02	ud	Cimentación superficial prefabricada Piloedre con meseta básica y conexión hembra única en eje para métrico 16. Incluso todo el material necesario y auxiliar para su completa instalación	8.00	200.00 €	1,600.00 €	182.23 kg	1,457.81 kg
1.03	ud	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central biselado, de 240x240 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 15 mm de diámetro y 50 cm de longitud total. El precio incluye los cortes, los despuntes, la preparación de bordes, las pletinas, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje	8.00	34.54 €	276.32 €	8.40 kg	67.20 kg
2		Estructura			6,702.61 €		4,279.62 kg
2.01	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series HEB, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.	709.35	2.14 €	1,518.01 €	0.61 kg	435.54 kg
2.02	kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las serie HEB, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.	1764.03	2.11 €	3,722.10 €	0.61 kg	1,083.11 kg
2.03	m2	Panel sándwich machihembrado en las cuatro caras, compuesto de: cara superior de placa de cemento reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, núcleo aislante de espuma de poliestireno extruido de 40 mm de espesor y cara inferior de placa de yeso reforzado con fibras, de 12 mm de espesor, de 2400x550 mm, transmitancia térmica 0,717 W/(m²K), Euroclase B-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, fijado con tornillos autorroscantes de cabeza avellanada, de acero galvanizado, sobre estructura de madera, con una luz entre apoyos de 120 cm, para cubierta plana.	18.00	67.29 €	1,211.22 €	62.65 kg	1,127.65 kg

2.04	m2	Meseta de chapa lagrimada, tipo T, según UNE-EN 10363, de acero galvanizado UNE-EN 10025 S235JR, de 4 mm de espesor nominal y de 6 mm de espesor total, masa nominal 34 kg/m ² y 1 pliegue, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras.	18.00	13.96 €	251.28 €	90.74 kg	1,633.32 kg
------	----	--	-------	---------	----------	----------	-------------

TOTAL PEM OBRA 8,606.95 € CO2 total 5,804.65 kg

PRESUPUESTO ESTRUCTURA DE HORMIGÓN PREFABRICADO

Índice	Unidad	Descripción	Medición	Importe	Subtotal	CO2 unit	CO2 total
1		Cimentación			12,200.00 €		728.90 kg
1.01	ud	Zapata de cimentación de hormigón prefabricada, realizada de hormigón armado H-45 IIIA fabricado en la fabrica , y acero UNE-EN 10080 B 500 S, . con cuatro tornillos de anclaje para anclajar a los pilares . El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en la fabrica y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra	2.00	6,100.00 €	12,200.00 €	364.45 kg	728.90 kg
2		Estructura			6,196.32 €		8,711.16 kg
2.01	ud	Pilar prefabricado de hormigón armado de sección 30x30 cm, de 3 m de altura libre máxima, para acabado visto del hormigón, con armadura de 650 a 900 kN/m de capacidad mecánica, sin ménsulas, para atornillar en la base.	4.00	202.78 €	811.12 €	177.76 kg	711.04 kg
2.02	m	anchura total y 45 cm de altura total, con un momento flector máximo de 250 kN•m.	18.70	202.43 €	3,785.44 €	376.21 kg	7,035.13 kg
2.03	m2	Losa de 15 cm de canto, realizada con placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de 15 cm de canto y 120 cm de anchura, con momento flector último de 13 kN·m/m, con altura libre de planta de hasta 3 m, apoyada directamente sobre vigas de canto o muros de carga; relleno de juntas entre placas alveolares y zonas de enlace con apoyos, realizados con hormigón H-45 IIIA fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero B 500 S en zona de negativos, con una cuantía aproximada de 4 kg/m². Incluso alambre de atar. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra.	20.10	79.59 €	1,599.76 €	48.01 kg	965.00 kg
TOTAL PEM OBRA					18,396.32 €	CO2 total	9,440.06 kg