



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Diseño y cálculo de la estructura portante de un recinto deportivo de pádel de 4.500 m² de superficie situado en Manises (Valencia)

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

AUTOR/A: Gómez Fernández, José Antonio

Tutor/a: Espinós Capilla, Ana

Cotutor/a: Lapuebla Ferri, Andrés

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

Resumen

El objetivo del presente Trabajo Final de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales es el diseño y el cálculo de la estructura portante de un recinto deportivo de pádel para uso y disfrute público de las instalaciones, situado en Manises. La estructura se resolverá a base de pórticos planos a dos aguas con celosía en cubierta, apoyados sobre pilares en celosía de inercia variable, empleándose para ello perfiles tubulares de acero, debiendo cubrir una superficie de 4.500 metros cuadrados. La cimentación sobre la que apoyará la estructura se realizará mediante zapatas aisladas, relacionadas entre sí por medio de vigas de atado.

Palabras clave

Estructura metálica, recinto deportivo, pádel, celosía en cubierta, pilares en celosía, simulación por ordenador, perfiles de acero.



Resum

L'objectiu del present Treball Final de Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials és el disseny i càlcul de l'estructura portant d'un recinte esportiu de pádel per a ús i gaudi públic de les instal·lacions, situat a Manises. L'estructura es resoldrà a base de pòrtics plans a dues aigües amb gelosia a coberta, recolzats sobre pilars en gelosia d'inèrcia variable, emprant-se perfils tubulars d'acer, i ha de cobrir una superfície de 4.500 metres quadrats. La cimentació sobre la qual recolzarà l'estructura es realitzarà mitjançant sabates aïllades, relacionades entre si per mitjà de bigues de lligat.

Paraules clau

Estructura metàl·lica, recinte esportiu, pádel, gelosia a coberta, pilars en gelosia, simulació per ordinador, perfils d'acer.



Abstract

The objective of this Final Degree Project in Industrial Technology Engineering is the design and calculation of the supporting structure of a paddle tennis venue for public use and enjoyment of the facilities, located in Manises. The structure will be resolved on the basis of flat gabled porticoes with latticework on the roof, supported on lattice pillars of variable inertia, using tubular steel profiles, and must cover an area of 4,500 square meters. The foundation on which the structure will rest will be made by means of isolated footings, related to each other by means of tie beams.

Keywords

Metal structure, sports venue, paddle tennis, lattice roof, lattice pillars, computer simulation, steel profiles.



ÍNDICE

1	MEMORIA DESCRIPTIVA	6
1.1	ANTECEDENTES	7
1.1.1	Objeto del Trabajo	7
1.1.2	Alcance	7
1.1.3	Justificación	7
1.1.4	Desarrollo Sostenible	8
1.1.5	Motivación	9
1.2	EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO	9
1.2.1	Descripción del Emplazamiento	9
1.2.2	Características de la Parcela	10
1.2.3	Ficha Urbanística	10
1.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO	12
1.3.1	Superficies y Volúmenes	12
1.3.2	Estudio Funcional	13
1.3.3	Elementos Constructivos	13
1.4	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	15
1.4.1	Justificación de la Solución Adoptada	15
1.4.2	Estructura	17
1.4.3	Cimentación	18
1.5	NORMATIVA DE APLICACIÓN	19
1.6	RESUMEN DEL PRESUPUESTO	20
1.7	BIBLIOGRAFÍA	21
2	ANEXO DE CÁLCULO	23
2.1	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	24
2.1.1	Software Empleado	24
2.1.2	Método de Cálculo	24
2.2	MATERIALES	24
2.2.1	Acero	24
2.2.2	Hormigón	25
2.3	ACCIONES	26
2.3.1	Acciones Permanentes	26
2.3.2	Acciones Variables	26
2.3.3	Bases de Cálculo	29
2.3.4	Estados Límite	30
2.3.5	Combinaciones de Acciones	30
2.4	PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA	31

2.4.1	Predimensionado de la Viga en Celosía con Cordones Paralelos	31
2.4.2	Predimensionado del Pilar Compuesto.....	36
2.5	DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA	39
2.5.1	Modelo de Pandeo.....	39
2.5.2	Modelo de Flechas	41
2.5.3	Pórtico de Fachada (Alineación A del Plano 06)	41
2.5.4	Pórtico Interior (Alineación B del Plano 06).....	43
2.5.5	Fachada Lateral (Alineación 1 del Plano 06)	45
2.5.6	Cubierta.....	46
2.5.7	Perfil Lateral (Alineación 4 del Plano 06).....	47
2.5.8	Placas de Anclaje	48
2.5.9	Cimentación	52
3	PRESUPUESTO	62
3.1	PARTIDAS	63
3.1.1	Capítulo 1. Acondicionamiento del Terreno.	63
3.1.2	Capítulo 2. Cimentación.....	63
3.1.3	Capítulo 3. Estructura.....	64
3.1.4	Capítulo 4. Cerramiento de Cubierta.....	64
3.1.5	Capítulo 5. Cerramientos de Fachadas y Particiones.	65
3.1.6	Capítulo 6. Solado.	66
3.1.7	Capítulo 7. Carpintería, Cerrajería y Vidrios.	66
3.2	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	67
4	PLANOS	69
4.1	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	71
4.2	REPLANTEO	72
4.3	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	73
4.4	VISTA 3D DEL EDIFICIO	74
4.5	VISTAS DE LOS CERRAMIENTOS	75
4.6	MODELO 3D DE LA ESTRUCTURA	76
4.7	CIMENTACIÓN.....	77
4.8	DETALLES DE LA CIMENTACIÓN	78
4.9	PÓRTICO DE FACHADA (ALINEACIONES A Y N).....	79
4.10	PÓRTICO INTERIOR (ALINEACIONES B-M).....	80
4.11	FACHADA LATERAL (ALINEACIONES 1 Y 5).....	81
4.12	PLANO INTERIOR (ALINEACIONES 2 Y 4)	82
4.13	NIVEL DE CUBIERTA.....	83

1 MEMORIA DESCRIPTIVA



1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Objeto del Trabajo

El objeto del presente Trabajo de Fin de Grado es el cálculo y diseño de la estructura portante de un recinto deportivo de pádel de 4.500 m² de superficie situado en Manises (Valencia) para un uso público, después de que el Ayuntamiento de Manises considerase necesaria una ampliación de las instalaciones deportivas de la zona.

Para ello, se hará uso de las competencias y conocimientos adquiridos a lo largo del Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, especialmente en los campos de Estructuras, Construcción y Proyectos.

1.1.2 Alcance

El alcance del presente Trabajo de Fin de Grado consta del diseño y cálculo de la estructura metálica en la que se realizará la actividad deportiva ya descrita, así como la distribución en planta del recinto. Para ello se ha tenido en cuenta los requisitos funcionales, la superficie a cubrir y se ha elegido entre las diferentes soluciones propuestas la tipología estructural que mejor se adapta a estas condiciones. Se ha hecho uso del paquete de programas de la empresa *CYPE Ingenieros S.A* para resolver la estructura.

Aquellos aspectos que quedan fuera del alcance del proyecto son las uniones entre las barras de la estructura (a excepción de la placa de anclaje), las acciones térmicas y aquellas acciones extraordinarias como la de sismo, incendio e impactos.

1.1.3 Justificación

En los últimos años, la popularidad del pádel ha aumentado notablemente a nivel mundial al tratarse de un deporte social, de ritmo alto y apto para todas las edades. Este deporte se creó hace poco más de 50 años, pero no fue hasta 2012 cuando se inauguró el circuito profesional “World Pádel Tour”, y empezó así a ganar gran cantidad de seguidores y a convertirse en un deporte internacional. Tal ha sido su crecimiento que, en 2023, en España, el pádel se ha coronado como el deporte de raqueta con más jugadores federados en activo¹ por delante incluso del tenis, como se observa en la Figura 1. Debido a este crecimiento, la construcción de pistas de pádel se ha disparado en la última década.

Como consecuencia de la alta demanda por parte de los ciudadanos maniseros para practicar este deporte y puesto que no tienen acceso próximo a instalaciones de pádel, el Ayuntamiento de Manises ha decidido construir un recinto deportivo de pistas de pádel en la zona de Gran Manises, como ampliación de las dotaciones deportivas existentes en la localidad y de esta forma fomentar la práctica de deporte entre sus habitantes.

¹ PADEL.FYI. Sorprendentes Datos Sobre el Crecimiento del Pádel en el Mundo. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.padel.fyi/es/blog/padel-statistics>.

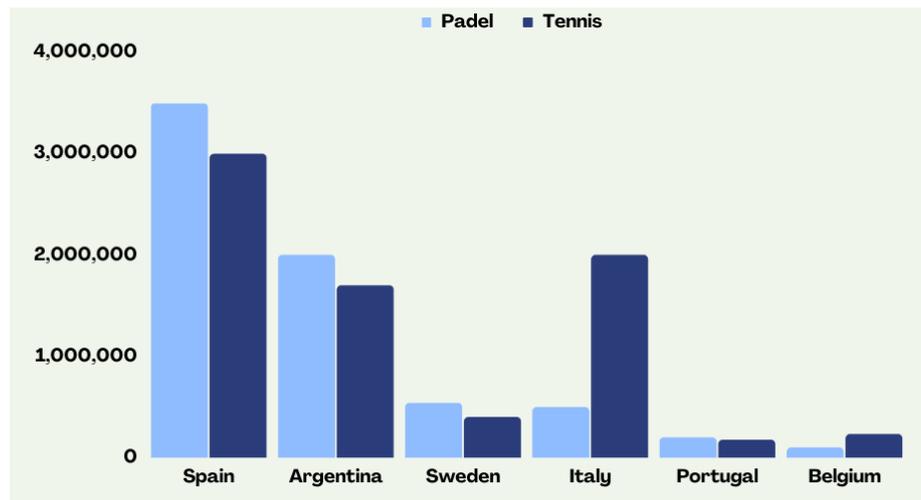


Figura 1. Jugadores de pádel y tenis federados en diferentes países en el año 2023.
<https://www.padel.fyi/es/blog/padel-statistics>.

1.1.4 Desarrollo Sostenible

Con el objetivo de alcanzar una sociedad más justa y sostenible, en el año 2015 las Naciones Unidas aprobó la Agenda 2030, un plan que recoge 17 puntos de acción (ODS) enfocados tanto en el factor humano como en el medioambiental. Para la realización del presente Trabajo de Fin de Grado, se han tenido en consideración los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en especial, el Objetivo 9 – Industria, Innovación e Infraestructura² y el Objetivo 11 – Ciudades y Comunidades Sostenibles³.

En el Objetivo 9 se promueve el desarrollo de infraestructuras fiables, sostenibles y de calidad, utilizando los recursos con mayor eficiencia y tecnologías que traten de no afectar negativamente al medioambiente. Para tratar de cumplir con este objetivo, al diseñar la obra, se han tenido en cuenta diferentes soluciones estructurales, y se ha escogido la opción que, además de garantizar la estabilidad de la estructura de manera eficiente, mejor optimiza los materiales empleados, tanto en los perfiles que la conforman como en la cimentación.

Por otra parte, algunas de las metas del Objetivo 11 promulgan el acceso universal a espacios públicos seguros y el apoyo a ambientes positivos en zonas urbanas. Esto último queda reflejado puesto que el principal interés del proyecto es incitar a la población a la práctica de deporte.

Para la gestión de los residuos generados a lo largo de la construcción de este proyecto se seguirán las recomendaciones expuestas en el objetivo 12 - Producción y Consumo Responsable⁴.

Por último, haciendo referencia a las mejoras sociales que persiguen los ODS, también se tendrán en cuenta los Objetivos 5 – Igualdad de Género⁵ y 8 – Trabajo Decente y Crecimiento Económico⁶ para garantizar un entorno laboral justo e igualitario.

² Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo, Objetivo 9 – Industria, Innovación e Infraestructura [consulta: 27 agosto 2023]. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/industria-innovacion-infraestructura>

³ Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo, Objetivo 11 – Ciudades y Comunidades Sostenibles [consulta: 27 agosto 2023]. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/ciudades-comunidades-sostenibles>

⁴ Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo, 12 - Producción y Consumo Responsable [consulta: 27 agosto 2023]. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/produccion-consumo-responsables>

⁵ Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo, Objetivos 5 – Igualdad de Género [consulta: 27 agosto 2023]. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/igualdad-genero>

⁶ Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo, 8 – Trabajo Decente y Crecimiento Económico [consulta: 27 agosto 2023]. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/trabajo-decente-crecimiento-economico>

1.1.5 Motivación

De entre los diferentes campos de conocimiento que se estudian durante el Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales, el que más le ha llamado la atención al autor ha sido el del cálculo estructural. Tras haber cursado asignaturas relacionada con el diseño y cálculo de naves industriales, el autor quería un nuevo reto, diseñar una nave de grandes dimensiones con una tipología estructural de una mayor complejidad. Asimismo, el autor busca poner en práctica todos los conocimientos adquiridos para finalizar los estudios de Grado y comprobar que, ciertamente, el campo de la ingeniería estructural es al que se quiere dedicar de forma profesional.

1.2 EMPLAZAMIENTO DEL EDIFICIO

1.2.1 Descripción del Emplazamiento

El emplazamiento para la construcción del recinto deportivo de pádel se encuentra en Manises (Valencia), concretamente en la parte de Gran Manises (Figura 2). Está previsto por el Ayuntamiento de Manises que la zona próxima en la que se encuentra la parcela se convierta en una urbanización polideportiva. Se eligió esta zona debido a las ventajas que presenta, como la proximidad y la buena comunicación con el centro urbano, así como el fácil acceso a las instalaciones desde la carretera. Actualmente, la zona dispone de dos pistas de fútbol, un aparcamiento público y está próxima a un colegio, como se muestra en la Figura 3.



Figura 2. Localización de la parcela en Manises (Valencia). Coordenadas: 39°29'46.2"N 0°27'33.6"W 39.496173, -0.459325 Google Maps.



Figura 3. Parcela en la que se ubica el recinto deportivo de pádel. Coordenadas: 39°29'46.2"N 0°27'33.6"W 39.496173, -0.459325 Google Maps.

1.2.2 Características de la Parcela

La parcela donde se va a ubicar el recinto deportivo de pádel tiene unas dimensiones de 11.056 m². Tiene una forma prácticamente rectangular y linda con la carretera Jaume I, desde donde se podrá acceder a la instalación utilizando la rotonda vista en la Figura 3. Pese a que en los alrededores de la parcela ya se dispone de plazas de aparcamiento, se estima que éstas serán ocupadas por quienes accedan a las otras instalaciones deportivas de la zona.

Por esta razón, se ha considerado que, para cubrir la demanda de plazas de coches, se va a construir un aparcamiento dentro de la parcela.

1.2.3 Ficha Urbanística

Se dimensiona el recinto deportivo de pistas de pádel y el aparcamiento atendiendo a los requisitos constructivos que figuran en el Plan General de Ordenación Urbana de Manises⁷, referidos al emplazamiento de la parcela. Los requisitos se presentan a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1. Normativa Urbanística de Manises referente al emplazamiento.
<https://www.manises.es/es/transparencia/plan-general-ordenacion-urbana-pgou>.

	Parámetros permitidos	Parámetros presentes
Ocupación máxima de la parcela	48%	44,65%
Coefficiente de edificabilidad	0,48	0,446
Número máximo de plantas	5	1
Altura máxima de cornisa	19 m	12,025 m
Retranqueos frontales	3 m	11,2 m
Retranqueos laterales/traseros	2 m	16,71/14,75 m

⁷ AJUNTAMENT DE MANISES, 1986. Plan General de Ordenación Urbana (PGOU). [consulta: 28 julio 2023].
<https://www.manises.es/es/transparencia/plan-general-ordenacion-urbana-pgou>.

Como se puede observar en la Tabla 1, el factor de ocupación máximo de la parcela indica que de los 11.056 m² de superficie, son edificables 5.306,98 m². El edificio que albergará las pistas de pádel y otras instalaciones auxiliares ocupa una superficie de 4.500 m².

En cuanto al aparcamiento, el Plan General Urbanístico de Manises⁸ hace referencia que el mínimo de plazas exigibles es una plaza cada 130 m² de nave construidos, por lo que se construirán 35 plazas para vehículos ligeros de 2,3 metros de ancho por 5 metros de largo por plaza. Cabe destacar que una de las plazas se destina para personas con movilidad reducida, ya que según el Plan General es necesario incluir una cada 40 plazas.

Por lo tanto, la superficie que se va a construir sobre la parcela son 4.500 m² de edificio y 437,5 m² para el aparcamiento completo, haciendo un total de 4.937,5 m² como se puede observar en la Figura 4 o de forma más detalla en el Plano 02 (página 72).

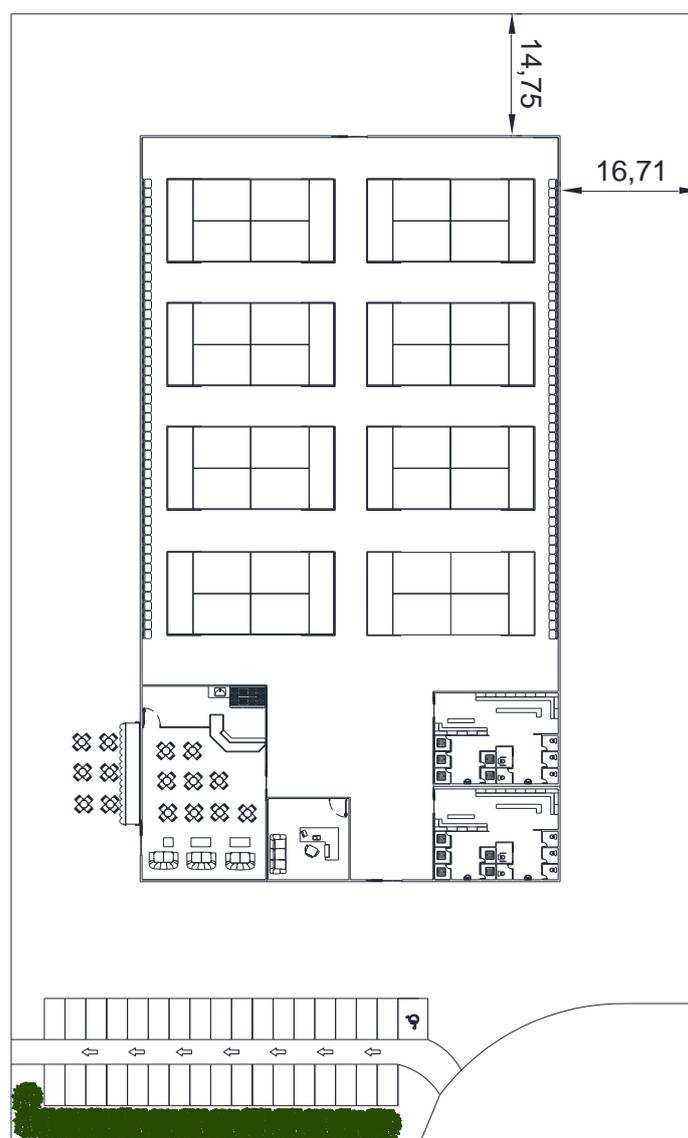


Figura 4. Ubicación de la nave y el aparcamiento en la parcela.

⁸ AJUNTAMENT DE MANISES, 1986. Plan General de Ordenación Urbana (PGOU). [consulta: 28 julio 2023]. <https://www.manises.es/es/transparencia/plan-general-ordenacion-urbana-pgou>.

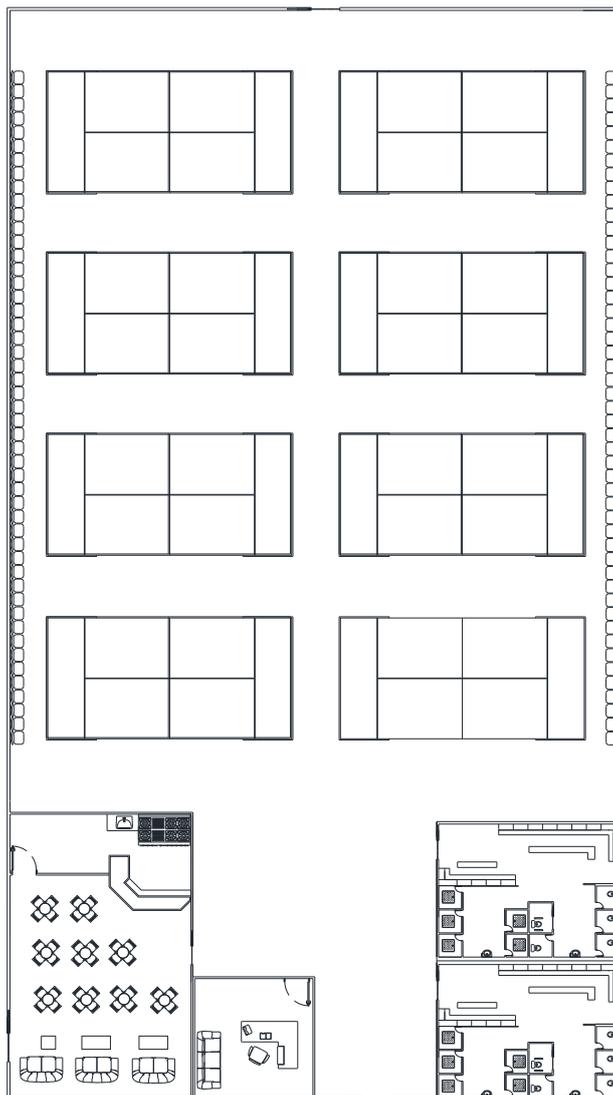


Figura 5. Distribución en planta del edificio.

1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

1.3.1 Superficies y Volúmenes

El recinto deportivo de pádel está diseñado para albergar la máxima cantidad de pistas posibles y a su vez, disponer de instalaciones para el ocio y el descanso.

El edificio tiene una luz de 50 metros y una profundidad de 90 metros, ocupando así una superficie de 4.500 m². La altura de pilar son 11,4 metros y la altura de cubrera 12,025 metros.

Para el diseño del edificio se ha consultado la norma NIDE⁹, donde se especifican las dimensiones de las pistas de pádel, la separación mínima entre pistas y las instalaciones auxiliares mínimas que se exigen, así como el equipamiento de dichas instalaciones. La distribución en planta del

⁹ MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE y GOBIERNO DE ESPAÑA, 2021. Normativa sobre Instalaciones Deportivas y para el Espaciamento (NIDE). Normas Reglamentarias Campos Pequeños de Pádel. [consulta: 28 julio 2023].

https://www.csd.gob.es/sites/default/files/media/files/2021-10/P%C3%81DELPDL_2021_Edici%C3%B3n.pdf.

edificio se muestra en la Figura 5, ésta se puede consultar de forma más detallada en el Plano 03 (página 73).

Para el presente proyecto, las instalaciones auxiliares que se van a disponer son las siguientes:

- Vestuario masculino y femenino: 180 m² cada uno.
- Cafetería con terraza – área de descanso: 410 m².
- Recepción: 100 m².
- Dos filas de gradas en los laterales del recinto: 70 m².

1.3.2 Estudio Funcional

Dentro del recinto deportivo de pádel hay dos zonas diferenciadas. Por una parte, las instalaciones auxiliares pertinentes en la entrada del edificio y, por otra parte, el conjunto de pistas de pádel situadas hacia el fondo del edificio.

En cuanto a las pistas, el edificio dispone de ocho pistas de pádel con las dimensiones estandarizadas que se establecen en la norma NIDE¹⁰ rodeadas por dos filas de gradas para el público. La separación entre pistas es de 5 metros, aunque la distancia mínima de seguridad que se exige es de 2 metros.

El edificio dispone de dos vestuarios con puertas correderas y sus respectivas taquillas, bancos, lavabos, baños y duchas, incluyendo también un baño para personas con movilidad reducida. Para el diseño de los vestuarios se ha tenido en cuenta que el espacio para el giro sea superior a 1,5 metros de diámetro libre de obstáculos en todos los puntos, para de esta forma poder garantizar el correcto desplazamiento de las personas con movilidad reducida. La instalación cuenta también con una zona de cafetería con terraza y cocina incluida, equipada con mesas y sofás que a su vez hace la función de zona de descanso. Por último, se dispone de una recepción en la entrada del edificio, con capacidad para almacenar material deportivo y material médico de primeros auxilios.

1.3.3 Elementos Constructivos

El material constructivo que se ha elegido para la cubierta de la obra se trata de una membrana pretensada de poliéster AT 1100Dtx recubierta de PVC. Esta membrana también se utiliza para cubrir los laterales de la nave, desde la unión del cordón inferior de la viga en celosía con el cordón exterior del pilar en celosía hasta el cordón superior de la viga, es decir, desde los 8 metros hasta los 11,4 metros de altura. Algunas de las características de este material es que es translucido (por lo que permite la entrada de luz natural a la construcción sin necesidad de la utilización de lucernarios en la cubierta) es ignífugo, impermeable y retráctil, esto último para garantizar la ventilación del recinto, especialmente en épocas de calor.

Otra de las ventajas de utilizar esta membrana pretensada es que es muy ligera, con un peso de apenas $23 \frac{Kg}{m^2}$, que permite aliviar los esfuerzos a los que está sometido la estructura. Además, al utilizar este material con tan poca capacidad portante, no se puede acceder a la cubierta, por lo que no se necesitan correas en cubierta. El material utilizado para la cubierta se ilustra en la Figura 6.

¹⁰ MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE y GOBIERNO DE ESPAÑA, 2021. Normativa sobre Instalaciones Deportivas y para el Espaciamento (NIDE). Normas Reglamentarias Campos Pequeños de Pádel. [consulta: 28 julio 2023].

https://www.csd.gob.es/sites/default/files/media/files/2021-10/P%C3%81DELPDL_2021_Edici%C3%B3n.pdf.

1.4 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

1.4.1 Justificación de la Solución Adoptada

El principal reto que supone la construcción del edificio reside en cubrir una luz de una dimensión tan grande como son 50 metros. Por una parte, al tratar de cubrir dicha luz con un solo pórtico supone utilizar perfiles de grandes dimensiones, lo que conlleva a un mayor uso de acero y el encarecimiento de la obra.

Es por ello que, el primer diseño que se ha adoptado como solución estructural consiste en dos naves simples a dos aguas adosadas con una luz de 25 metros cada una tal como se observa en la Figura 9, para así utilizar perfiles de sección reducida. Sin embargo, al relacionar la solución estructural con la distribución en planta propuesta se ha observado que dicha solución dificulta el desplazamiento dentro del recinto a causa de los pilares compartidos entre las dos naves. Además, al tratarse de un edificio de grandes dimensiones, la cimentación necesaria para garantizar la estabilidad de la estructura requiere grandes excavaciones y el uso de gran cantidad de hormigón armado.

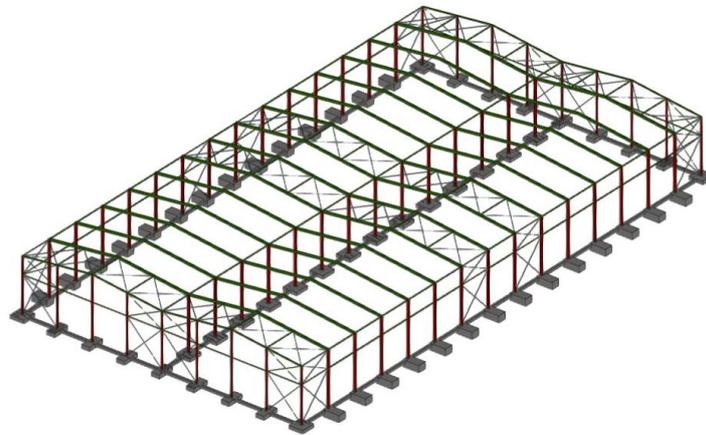


Figura 9. Diseño de la nave doble a dos aguas. Producido por CYPE.

La segunda solución estructural que se plantea (Figura 10) se trata de una nave en la que un único pórtico triarticulado cubre toda la luz de la estructura. Con esta medida, se soluciona las dificultades de desplazamiento dentro del recinto. Por otra parte, tanto los pilares como las vigas están hechas a base de cerchas, por lo que la triangulación de la que están formadas dota a la estructura de una mayor rigidez. Asimismo, al tratarse de cerchas, éstas pueden ser prefabricadas y transportadas desde el taller reduciendo así gran cantidad de los costes de fabricación y montaje en obra.

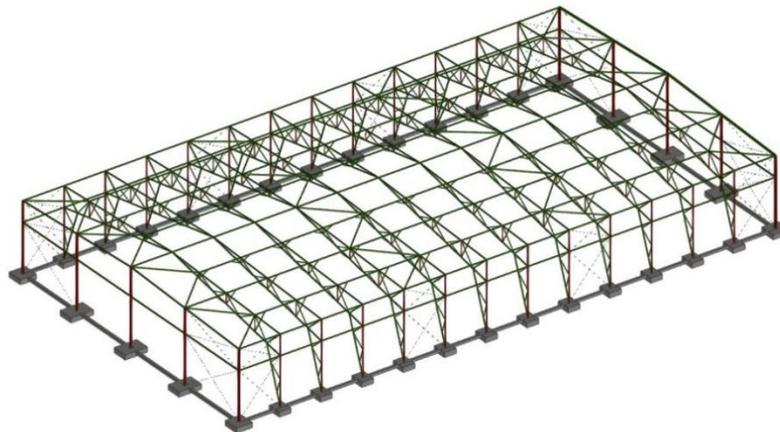


Figura 10. Diseño de la nave con pórticos triarticulados. Producido por CYPE.

Al tener articuladas las bases de los pórticos interiores, la cimentación requerida presenta unas dimensiones mucho más reducidas que la solución anterior, ya que no se han de transmitir momentos flectores a la cimentación.

Comparando las zapatas de los pórticos interiores de las dos soluciones estructurales, se observa que para la primera solución, con dos naves adosadas, las dimensiones de la zapata son de 150x285x115 cm según la Figura 12, mientras que para la nave a base de pórticos triarticulados las dimensiones son de 195x240x80 como se muestra en la Figura 11. En la primera solución se utilizan 4,9 m³ de hormigón para cada zapata y en la segunda 3,7 m³, es decir, un 25% menos de hormigón. Teniendo en cuenta el número de zapatas empleado y que el precio del hormigón/ m³ se estima de 100 €, el ahorro aproximado en la cimentación al adoptar la segunda solución estructural es de 11.700 €.

Por estas razones, la solución estructural elegida es la nave a base de cerchas con pórticos triarticulados que cubre toda la luz, tal y como se muestra en la Figura 10.

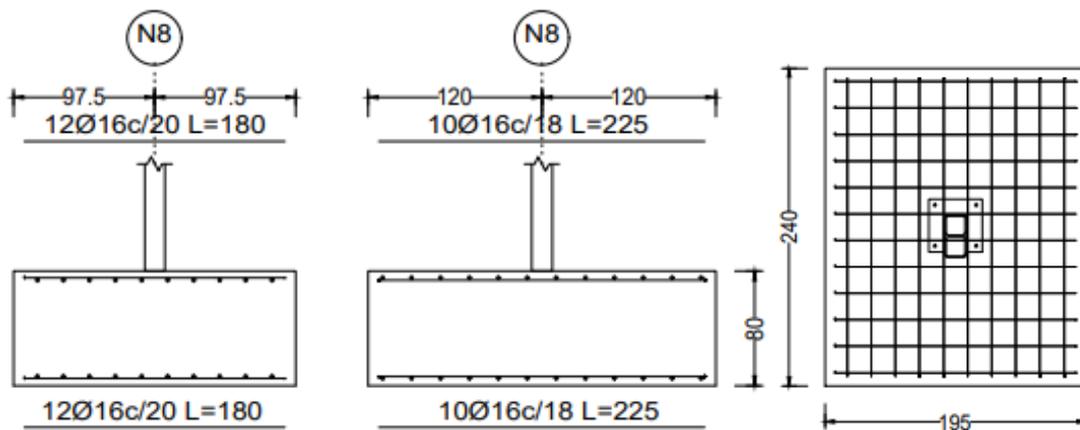


Figura 11. Dimensiones zapata pórtico triarticulado. Producido por CYPE.

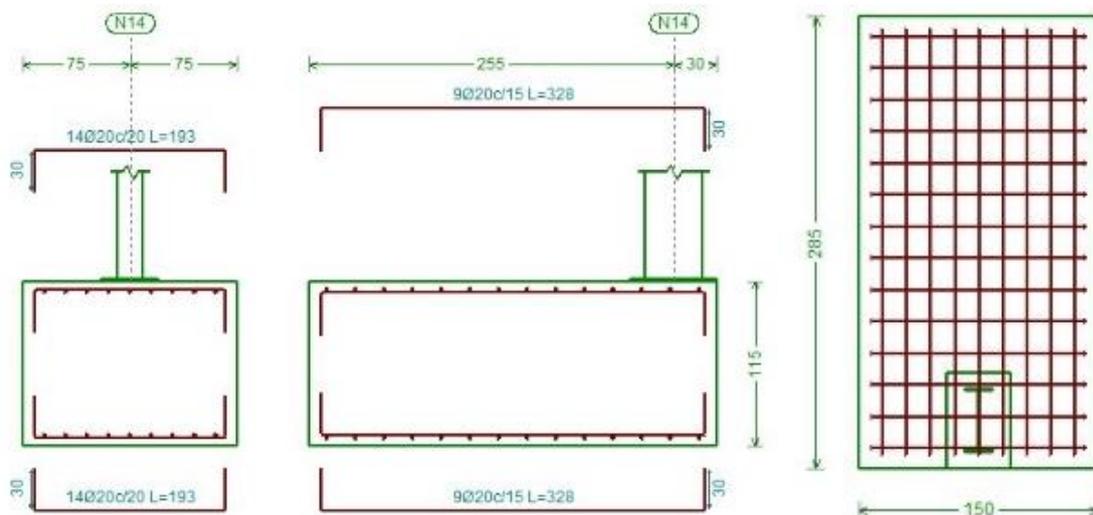


Figura 12. Dimensiones zapata naves adosadas. Producido por CYPE.

1.4.2 Estructura

El diseño de la solución estructural adoptada se puede observar en la Figura 10. Se trata de una estructura resuelta a base de pórticos planos a dos aguas con celosía en cubierta, apoyados sobre pilares en celosía de inercia variable. La separación entre pórticos o crujía es de 6,9 metros para cubrir una superficie de 50 metros de luz por 90 metros de profundidad. En toda la estructura se utilizan perfiles tubulares huecos de sección cuadrada por la buena relación resistencia/área que presentan y por su geometría, que facilita la soldadura entre barras, salvo en los pilares de fachada, en los que se utilizan perfiles tubulares huecos de sección rectangular con su eje fuerte contenido en el plano del pórtico, para resistir mejor el viento frontal. Asimismo, para el arriostramiento de fachada y las diagonales de las Cruces de San Andrés de las fachadas laterales se utilizan cables de sección circular.

Los pórticos de fachada disponen de 5 pilares empotrados en la base separados entre si 12,5 metros, con una inclinación en la cubierta del 5%. Los pilares extremos tienen una altura de 11,4 metros y el pilar central una altura hasta la cumbrera de 12,025 metros. El sistema de arriostramiento de fachada está formado por una barra horizontal a 8 metros de altura junto a las cruces de San Andrés de fachada.

Los pórticos interiores están articulados en la base y en el nudo de cumbrera. Los pilares en celosía tienen una altura de 8 metros y están formados por un cordón exterior recto, otro interior inclinado un 5% y la triangulación interior que dota a la estructura de una mayor rigidez. Las vigas también están formadas por cerchas de inercia variable con una tipología estructural Warren con montantes intercalados y una separación de cordones en sus extremos de 3,4 metros (Figura 13). Los cordones inferiores de los dos faldones se unen en el nudo de cumbrera, este diseño permite utilizar una menor cantidad de acero estructural, ya que otra alternativa sería vigas en celosía con cordones paralelos, pero ésta se descarta ya que supone un mayor coste económico.

Cabe destacar que se ha seguido el criterio de la Guía de Diseño para Estructuras en Celosía¹¹ en la que se determina que el ángulo de encuentro de las diagonales (tanto en el pilar como en la viga) con la horizontal ha de ser mayor de 30° para facilitar la soldadura de las barras.



Figura 13. Viga en celosía de la solución estructural. Creación propia.

El conjunto de la estructura dispone también de vigas contraviento en cubierta de tipo Warren con montantes intercalados para utilizar la menor cantidad de acero posible, así como un conjunto de bastidores para reforzar la estructura evitando que la membrana de la cubierta se destense y un conjunto de tornapuntas y montantes que garantizan la fijación de los nudos de la viga en celosía (Figura 14).

¹¹ ARIANNA GUARDIOLA VÍLLORA, 2013. Diseño y predimensionado de una celosía de cordones paralelos. Valencia: Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30631/predimensionado%20de%20una%20celos%C3%ADa.pdf>

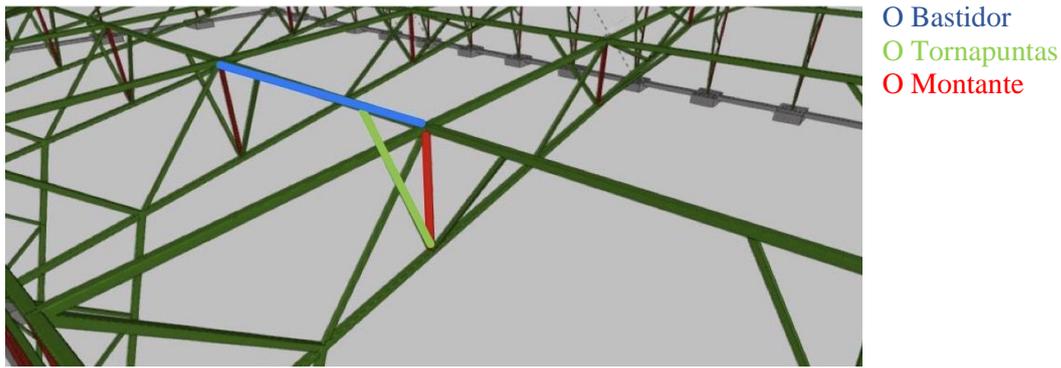


Figura 14. Conjunto de bastidores y tornapuntas de refuerzo.

Se completa el sistema de arriostramiento con las cruces de San Andrés en las fachadas laterales y, por último, las vigas perimetrales que unen las cabezas de los pilares exteriores, y están dispuestas en dos niveles distintos en las fachadas laterales.

1.4.3 Cimentación

La cimentación diseñada para la solución estructural adoptada consta de tres tipos de zapatas. Para los pórticos internos y los pilares interiores de los pórticos de fachada se utilizan zapatas rectangulares centradas (Tipo 1 de 195x240x80 cm y Tipo 2 de 230x380x80 cm). Se elige esta tipología ya que las zapatas requieren la misma resistencia en ambos extremos puesto que han de soportar esfuerzos del viento de succión y compresión. Por ello se orienta la mayor longitud de la zapata en la dirección en la que el viento incide.

Para los pilares exteriores de los pórticos de fachada se utilizan zapatas cuadradas centradas (Tipo 3 de 265x265x80 cm), ya que están solicitadas en dos direcciones debido al viento frontal y lateral. Por último, las zapatas aisladas se relacionan entre sí por medio de vigas de atado. En la Figura 15 se puede apreciar la vista en planta de la cimentación de la estructura y en las Figuras 16, 17 y 18 la geometría de los tres tipos de zapata.

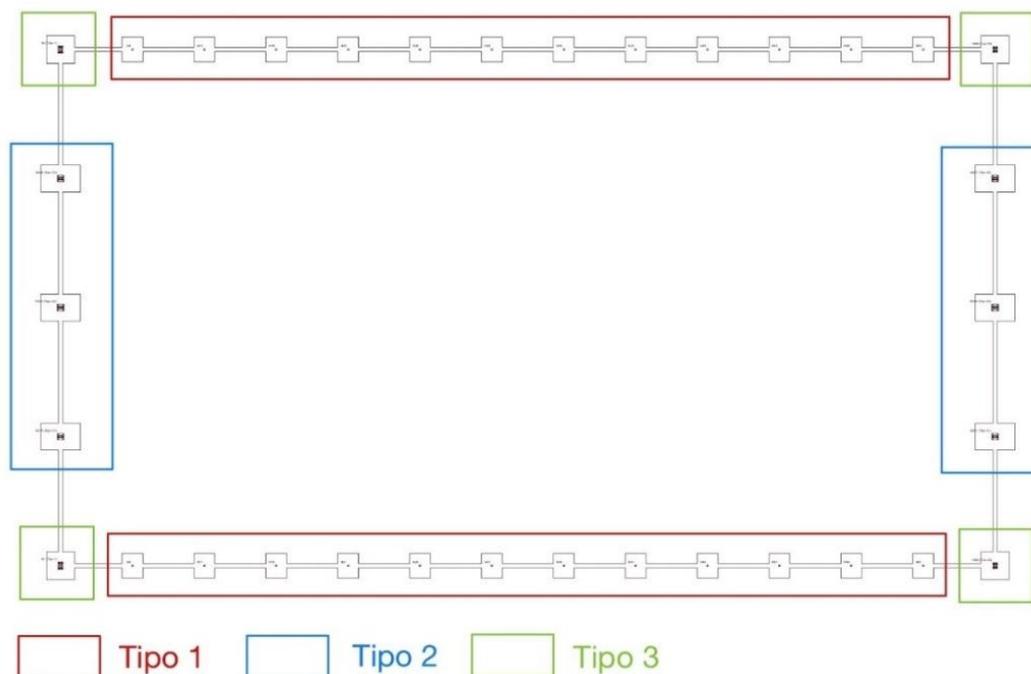


Figura 15. Vista en planta de la cimentación de la estructura. Creación propia.

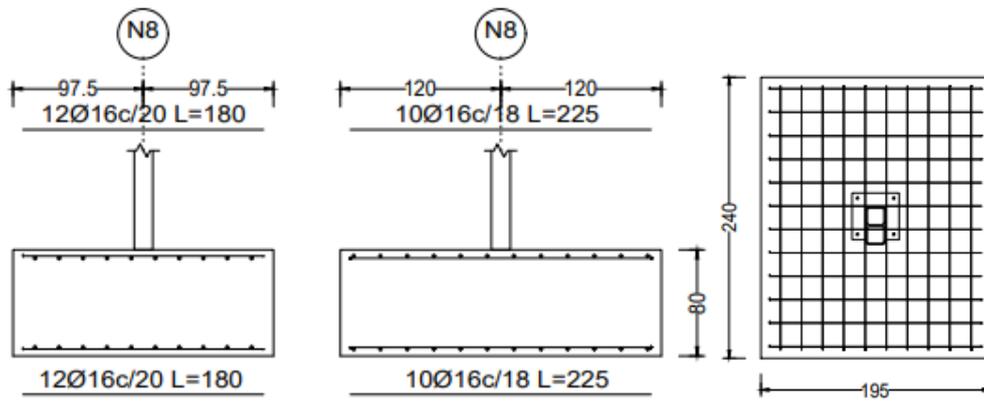


Figura 16. Geometría zapata Tipo 1. Producido por CYPE.

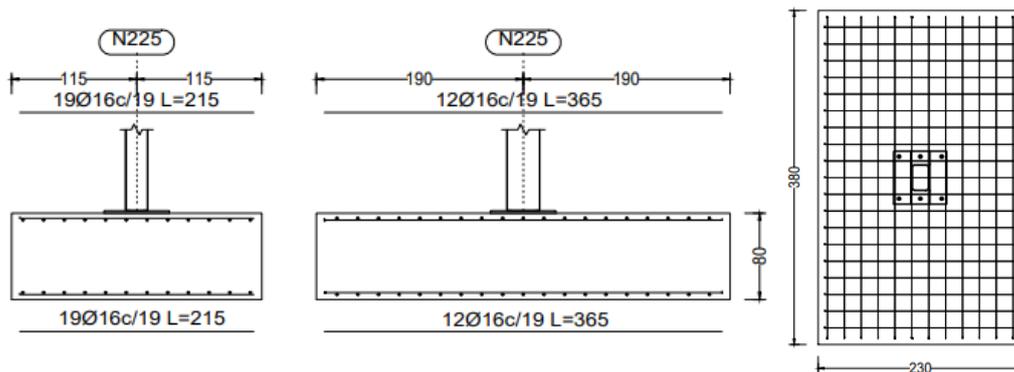


Figura 17. Geometría zapata Tipo 2. Producido por CYPE.

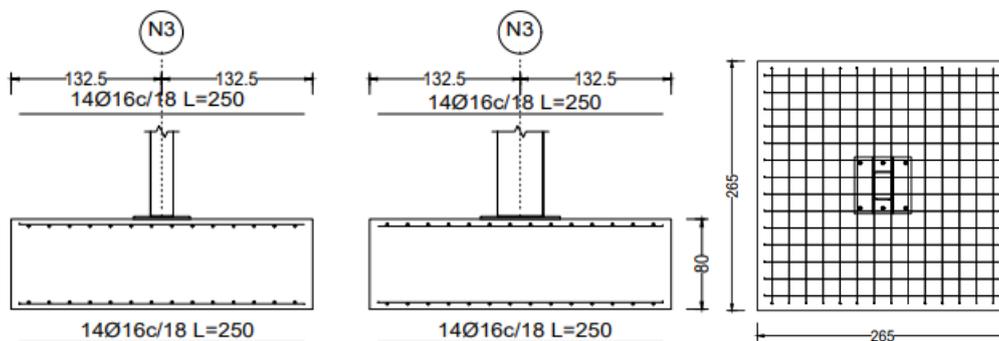


Figura 18. Geometría zapata Tipo 3. Producido por CYPE.

1.5 NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para el desarrollo del presente Trabajo Final de Grado, la normativa que se ha considerado es la siguiente:

- Código Técnico de la Edificación (CTE). Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo de 2006.
 - Documento Base Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (DB-SE-AE).
 - Documento Base Seguridad Estructural Acero (DB-SE A).
 - Documento Base Seguridad Estructural Cimientos (DB-SE C).
- Código Estructural. Real decreto 470/2021 de 29 de junio de 2021.
- Normativa sobre Instalaciones Deportivas y para el Espaciamento (NIDE) 1: Normas Reglamentarias Campos Pequeños de Pádel.
- Plan General de Ordenación Urbana de Manises aprobado el 21 de junio de 1986.

1.6 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Resumen	Importe (€)
Capítulo 1. Acondicionamiento del Terreno.	7.379,01
1.1 Desbroce y limpieza del terreno.	5.635,31
1.2 Excavación a cielo abierto, con medios mecánicos.	1.247,86
1.3 Transporte de tierras dentro de la obra.	495,84
Capítulo 2. Cimentación.	44.535,36
2.1 Capa de hormigón de limpieza.	2.771,66
2.2 Zapata de cimentación de hormigón armado.	32.171,58
2.3 Viga entre zapatas.	9.592,12
Capítulo 3. Estructura.	377.660,05
3.1 Acero en barras.	371.751,63
3.2 Placa de anclaje Tipo 1.	3.360,10
3.3 Placa de anclaje Tipo 2.	2.548,32
Capítulo 4. Cerramiento de Cubierta.	136.435,79
4.1 Cobertura de membrana de poliéster.	136.435,79
Capítulo 5. Cerramientos de Fachadas y Particiones.	174.200,09
5.1 Fachada pesada de paneles alveolares prefabricados de hormigón pretensado.	31.197,23
5.2 Partición acristalada fija, sin perfiles verticales.	81.266,85
5.3 Fachada de una hoja, de fábrica de ladrillo cerámico para revestir.	24.261,08
5.4 Revestimiento exterior con piezas de gres porcelánico esmaltado.	37.474,91
Capítulo 6. Solado.	114.717
6.1 Solera de hormigón.	77.805
6.2 Pavimento de césped sintético.	36.912
Capítulo 7. Carpintería, Cerrajería y Vidrios.	12.261,51
7.1 Puerta corredera automática, de aluminio y vidrio.	6.765,75
7.2 Luna de vidrio simple.	5.495,76
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M)	867.188,81
13% Gastos Generales.	112.734,54
6% Beneficio Industrial.	52.031,32
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C)	1.031.954,69
21% IVA	216.710,48
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	1.248.665,17

- El Presupuesto de Ejecución Material es de **OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL CIENTO OCHENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS.**
- El Presupuesto de Ejecución por Contrata asciende a **UN MILLÓN TREINTA Y UN MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**
- El Presupuesto Base de Licitación asciende a **UN MILLÓN DOSCIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS.**

1.7 BIBLIOGRAFÍA

AJUNTAMENT DE MANISES, 1986. Plan General de Ordenación Urbana (PGOU). [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.manises.es/es/transparencia/plan-general-ordenacion-urbana-pgou>.

ARIANNA GUARDIOLA VÍLLORA, 2013. *Diseño y predimensionado de una celosía de cordones paralelos*. Valencia: Universitat Politècnica de València. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30631/predimensionado%20de%20una%20celos%C3%ADa.pdf>

CONSELL CATALÀ DE L'ESPORT y GENERALITAT DE CATALUNYA. Full Tècnic. Equipaments Esportius. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: https://esport.gencat.cat/ca/arees_dactuacio/equipaments-esportius/estudis-tecnics-sobre-equipaments-esportius/full-tecnic/.

CYPE INGENIEROS, S.A. CYPE - CAD Memoria de cálculo. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: www.cype.com.

GOBIERNO DE ESPAÑA. BOE-A-2006-5515 Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023 a]. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314>.

GOBIERNO DE ESPAÑA. Sede Electrónica del Catastro - Fondo mapa de España. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023 b]. Disponible en: <https://www1.sedecatastro.gob.es/cartografia/mapa.aspx>.

GORKA IGLESIAS. ICT, ÁNGEL ALONSO. ICT y JOSÉ ANTONIO CHICA. ICT, 2007. Guía de diseño para estructuras en celosía resueltas con perfiles tubulares de acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: https://kupdf.net/download/guia-de-diseo-para-estructuras-en-celosia-resueltas-con-perfiles-tubulares-de-acero-1_59d1354208bbc5585a687082_pdf.

GRUPO CONDENSA. Catálogo. Tubo Estructural. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: https://www.condesa.com/pdf/es/tubo_estructural_castv3.pdf.

LUIS VEGA CATALÁN, 2006. Documento Básico de Seguridad Estructural. Acero . En: CSIC y INSTITUTO EDUARDO TORROJA (eds.), *El Nuevo Código Técnico de la Edificación* [en línea]. S.l.: s.n., [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: http://www.apta.com.es/pdf/Jornada%20CTE%20EAE/luis_vega.pdf.

MINISTERIO DE CULTURA Y DEPORTE y GOBIERNO DE ESPAÑA, 2021. Normativa sobre Instalaciones Deportivas y para el Espaciamento (NIDE). Normas Reglamentarias Campos Pequeños de Pádel. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: https://www.csd.gob.es/sites/default/files/media/files/2021-10/P%C3%81DEL-PDL_2021_Edici%C3%B3n.pdf.

MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2009. Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE

ARQUITECTURA, V. y S., 2019. Documento Básico SE-C Seguridad estructural Cimientos. [en línea], [consulta: 28 julio 2023].

Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-C.pdf>.

MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2019. Documento Básico SE-C Seguridad estructural Acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023].

Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>.

OKATENT. Cómo cubrir una pista de pádel en solo diez pasos. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://okatent.com/cubre-pistas-padel-en-diez-pasos/>.

PADEL.FYI. Sorprendentes Datos Sobre el Crecimiento del Pádel en el Mundo. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.padel.fyi/es/blog/padel-statistics>.

PRESIDENCIA DEL GOBIERNO, CONSEJO SUPERIOR DE DEPORTES y INSTITUTO DE BIOMECÁNICA DE VALENCIA. Legislación y documentos técnicos instalaciones deportivas. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: https://estaticos.csd.gob.es/csd/inst_deportivas/Legislacion_y_documentos_tecnicos.pdf.

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, Objetivos 5 – Igualdad de Género [consulta: 27 agosto 2023].

<https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/igualdad-genero>

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO 8 – Trabajo Decente y Crecimiento Económico [consulta: 27 agosto 2023]. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/trabajo-decente-crecimiento-economico>

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, Objetivo 9 – Industria, Innovación e Infraestructura

[consulta: 27 agosto 2023]. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/industria-innovacion-infraestructura>

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, Objetivo 11 – Ciudades y Comunidades Sostenibles

[consulta: 27 agosto 2023]. <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/ciudades-comunidades-sostenibles>

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO, 12 - Producción y Consumo Responsable [consulta: 27 agosto 2023].

<https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals/produccion-consumo-responsables>

TODOAMEDIDA.ES. CATALOGO CUBIERTAS DE PADEL. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://cubiertasdepadel.es/images//catalogo-padel-todoamedida-es.pdf>.

2 ANEXO DE CÁLCULO



2.1 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

2.1.1 Software Empleado

Para el diseño y cálculo de la estructura se ha utilizado el software *CYPE Ingenieros S.A 2023*. Dentro de este software se ha utilizado el *Generador de Pórticos* para introducir las dimensiones del pórtico tipo y definir las cargas a las que está sometida la estructura. También se ha hecho uso de *CYPE 3D* para detallar el diseño de la obra, introducir las hipótesis de cálculo, dimensionar la cimentación y realizar las comprobaciones pertinentes que garantizan la estabilidad de la estructura. Por otra parte, se ha utilizado el software *AutoCAD 2022* para la elaboración de los planos, y, por último, el programa *Arquímedes* para la redacción del presupuesto de la obra.

2.1.2 Método de Cálculo

CYPE Ingenieros es un software de cálculo para edificios de hormigón armado y metálicos que permite el diseño de todos los elementos estructurales, la edición de las armaduras y la obtención de los planos de construcción de la estructura.

Realiza el cálculo de estructuras tridimensionales formadas por soportes y forjados, incluida la cimentación, y el dimensionado automático de elementos de hormigón armado y metálicos mediante el método de elementos finitos¹².

En el manual de *CYPE*¹³ se especifica que para la realización del cálculo estructural se considera que los materiales presentan un comportamiento lineal y elástico frente a los esfuerzos que provocan las acciones en cualquier dirección. Los estados límite e hipótesis de carga que se estudian para los materiales de la estructura son el E.L.U de rotura (tanto para el hormigón como los distintos tipos de acero empleados), tensiones sobre el terreno y desplazamiento de los elementos estructurales.

2.2 MATERIALES

2.2.1 Acero

Se han utilizado dos tipos de acero para el diseño de la estructura del presente proyecto. En primer lugar, se ha utilizado acero laminado S275 para las placas de anclaje y todos los perfiles tubulares de la estructura, tanto los rectangulares como los cuadrados y los de sección circular. Por otra parte, se ha utilizado acero corrugado B 500 SD para los armados de las zapatas y los pernos de anclaje. Las características de los diferentes aceros se muestran en la Tabla 2:

¹² CYPE INGENIEROS, S.A. CYPE - CAD Memoria de cálculo. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: www.cype.com.

¹³ *Ibidem*

Tabla 2. Materiales: acero.

Materiales utilizados							
Material		E	μ	G	f_y	α_t	γ
Tipo	Designación	(MPa)		(Mpa)	(Mpa)	(m/m°C)	(kN/m ³)
Acero laminado	S275	210000	0.3	81000	275	0.000012	77.01
Acero corrugado	B 500 Sd	200000	0.3	81000	500	0.000012	77.01

Notación:
E: Módulo de elasticidad
 μ : Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_y: Límite elástico
 α_t : Coeficiente de dilatación
 γ : Peso específico

2.2.2 Hormigón

Para el diseño de la cimentación del edificio se necesitan dos tipos de hormigones. Por una parte, es necesario verter hormigón de limpieza (no estructural) sobre la excavación para asegurar una base plana sobre la que apoyarán las zapatas y las vigas de atado. Se trata de una capa fina de diez centímetros, que ayuda al fraguado del hormigón estructural que se vierte encima y evita la desecación del mismo durante su vertido. También evita una posible contaminación del hormigón estructural durante las primeras horas de hormigonado.

Por otra parte, para el hormigón armado que forma las zapatas y las vigas de atado, se tiene en cuenta los esfuerzos que tiene que soportar y el tipo de exposición, en este caso XC2, para ambientes húmedos y raramente secos en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos. Por el tipo de exposición al que se encuentra, para su puesta en obra se exige una resistencia característica mínima de $25 \frac{N}{mm^2}$, como se muestra en la Tabla 3. Las características de los dos tipos de hormigón seleccionados se recogen en la Tabla 4:

Tabla 3. Resistencia característica del hormigón según el tipo de exposición. Artículo 39.3b del CTE. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314>.

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
Resistencia característica (N/mm ²)	Masa	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Armado	25	25	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	Pretensado	25	25	25	30	30	30	35	35	35	35	30	30	30	30	30	35	35	30	30	30

Tabla 4. Materiales: hormigón.

Materiales utilizados			
Material		f_{ck} (MPa)	γ (kN/m ³)
Tipo	Designación		
Hormigón de limpieza	HL-150/F/30	-	25.00
Hormigón	HA-25/F/20/XC2	25	25.00

Notación:
f_{ck}: Resistencia característica de cálculo
 γ : Peso específico

2.3 ACCIONES

Según el CTE DB-SE-AE¹⁴ quedan definidas según tres tipos: acciones permanentes (G), acciones variables (Q) y acciones accidentales (A) que permiten verificar las exigencias básicas de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio.

Como ya se ha indicado anteriormente, las acciones accidentales como impactos, explosiones o incendios no se han tenido en cuenta, ya que quedan fuera del alcance del presente proyecto. A continuación, se procede a la descripción de las acciones que se consideran en este estudio.

2.3.1 Acciones Permanentes

Las acciones permanentes (G) son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos) o no (como las acciones reológicas), pero con variación despreciable o tendiendo hacia un valor límite¹⁵.

2.3.1.1 *Peso Propio*

Las cargas permanentes consideradas se corresponden con el peso de los elementos estructurales obtenidos a partir del área de la sección transversal de cada pieza y su longitud multiplicados por la densidad del material (Tabla 2 y Tabla 4).

El material de la cubierta se trata de una membrana de poliéster recubierta de PVC, el peso propio considerado es de $0,006 \frac{KN}{m^2}$ según las soluciones que ofrecen los catálogos de los fabricantes¹⁶.

2.3.2 Acciones Variables

Las acciones variables son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas (nieve y viento).

2.3.2.1 *Sobrecarga de Uso*

En el CTE DB-SE-AE¹⁷ se especifica que la sobrecarga de uso es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente en la planta del edificio.

Para el caso de la cubierta del recinto deportivo de pádel, al tratarse de una membrana tan ligera sin apenas capacidad portante, no es capaz de soportar una sobrecarga de mantenimiento como la que se aplicada al calcular naves industriales, por lo que la sobrecarga de uso no se va a tener en cuenta para el estudio de estados límite.

¹⁴ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2009. Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación. [en línea], [consulta: 28 julio 2023].

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

¹⁵ Ibidem

¹⁶ TODOAMEDIDA.ES. CATALOGO CUBIERTAS DE PADEL. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://cubiertasdepadel.es/images//catalogo-padel-todoamedida-es.pdf>.

¹⁷ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2009. Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación. [en línea], [consulta: 28 julio 2023].

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

2.3.2.2 Viento

La acción del viento, según CTE DB-SE-AE, se entiende como “La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio que dependen de las dimensiones de la construcción y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento”¹⁸.

La acción del viento es, en general, una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, que puede expresarse como:

$$q_e(z) = q_b \cdot c_e(z) \cdot c_p \quad (1)$$

- q_b : es la presión dinámica del viento. Varía en función del emplazamiento geográfico (zona eólica) de la obra. En el caso del presente proyecto la localización es Manises (Valencia) por lo que la zona eólica es la A, como se observa en la Figura 19. Por lo tanto, $q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$.

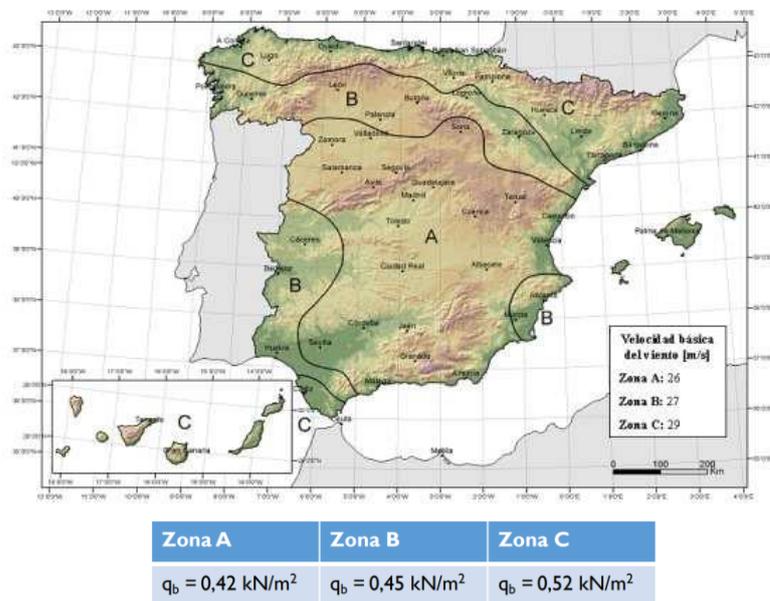


Figura 19. Zonas eólicas de España. Anejo D del CTE SE-AE.
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

- $C_e(z)$: es el coeficiente de exposición, que varía con la altura (z) y del grado de aspereza del entorno (g). El grado de aspereza del edificio es el IV, para zonas urbanas o industriales sin edificios de gran altura. La altura z es el punto más alto del edificio, la altura de coronación, con un valor de 12,025 metros. Haciendo uso de la Tabla 5 e iterando, se estima que el coeficiente de exposición es 1,91.

¹⁸ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2009. Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación. [en línea], [consulta: 28 julio 2023].
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

Tabla 5. Coeficientes de exposición según el grado de aspereza. Artículo 3.3.3 del CTE SE-AE. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

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

- C_p : es el coeficiente de eólico, que depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. Para determinar dicho coeficiente, los cálculos de viento considerados en *CYPE* son los siguientes:
 - **V(0°) H1**: Viento a 0°, presión exterior tipo 1, sin acción en el interior
 - **V(0°) H2**: Viento a 0°, presión exterior tipo 2, sin acción en el interior
 - **V(90°) H1**: Viento a 90°, presión exterior tipo 1, sin acción en el interior
 - **V(180°) H1**: Viento a 180°, presión exterior tipo 1, sin acción en el interior
 - **V(180°) H2**: Viento a 180°, presión exterior tipo 2, sin acción en el interior
 - **V(270°) H1**: Viento a 270°, presión exterior tipo 1, sin acción en el interior

2.3.2.3 Nieve

Según el CTE DB-SE-AE¹⁹: “La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve, de la forma del edificio, de los efectos del viento y de los intercambios térmicos”.

El valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal puede calcularse a partir de esta expresión:

$$q_n = \mu(\alpha) \cdot s_k(H, ZC) \quad (2)$$

- μ : se trata del coeficiente de forma de la cubierta. En el caso del proyecto, la cubierta no presenta ningún impedimento al deslizamiento de la nieve, ya que forma un ángulo menor de 30° con la horizontal, no presenta resaltos y no está en contacto con ningún faldón de otro edificio, por lo que el coeficiente de forma de la cubierta toma un valor de 1.
- s_k : es el valor característico de la carga de la nieve. Este parámetro depende tanto de la altitud topográfica como de la zona climática. Estos datos están tabulados en la Tabla 6, de donde se puede obtener que el valor de s_k para la zona de Valencia es de $0,2 \text{ kN/m}^2$.

¹⁹ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2009. Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

Tabla 6. Sobrecarga de nieve en capitales de provincias y ciudades autónomas. Artículo 3.5.3 CTE SE-AE. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

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

Dado que el viento puede acompañar nevadas, se puede originar un depósito irregular de la nieve sobre la cubierta, por lo que el espesor de la capa de nieve puede ser diferente en cada faldón. Para el cálculo de las cargas debidas a la nieve, en *CYPE* se tienen en cuenta las siguientes tres situaciones:

- N(EI): Nieve (estado inicial), los dos faldones a máxima carga de nieve.
- N(R) 1: Nieve (redistribución) 1, faldón izquierdo a máxima carga de nieve, derecho a mitad de carga.
- N(R) 2: Nieve (redistribución) 2, faldón derecho a máxima carga de nieve, izquierdo a mitad de carga.

2.3.3 Bases de Cálculo

En el CTE DB SE-AE²⁰ se definen las acciones que actúan sobre los edificios y se establecen las exigencias básicas que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos básicos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad), la aptitud al servicio, así como la durabilidad. Para edificios y otras estructuras habituales como es el caso del presente proyecto, el periodo de servicio o vida útil que se establece es de 50 años.

Se denomina capacidad portante a la aptitud de un edificio para asegurar con fiabilidad la estabilidad del conjunto y la resistencia necesaria durante el periodo de servicio. Se considera que hay suficiente resistencia si para todas las situaciones de dimensionado se cumple que $E_d \leq R_d$, siendo E_d el valor de cálculo del efecto de las acciones y R_d el valor de cálculo de la resistencia.

Por otra parte, se considera que hay suficiente estabilidad del conjunto si para todas las situaciones de dimensionado se cumple que $E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$, siendo $E_{d,dst}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras y $E_{d,stab}$ el de las acciones estabilizadoras.

En cuanto a la aptitud al servicio, se considera que hay un comportamiento adecuado si se cumple que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible para dicho efecto. Para cada situación de dimensionado, los efectos que producen las acciones sobre la estructura se determinarán a partir de las combinaciones de acciones que se introducirán en posteriores apartados.

²⁰ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2009. Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

2.3.4 Estados Límite

Se denominan Estados Límite a aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple con alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido diseñado²¹. Existen dos tipos de Estados Límite que se deben verificar para cada una de las situaciones de dimensionado, los Estados Límite Últimos (E.L.U), que permiten garantizar la resistencia y estabilidad del edificio, y los Estados Límite de Servicio (E.L.S), que permiten comprobar la aptitud al servicio.

Los Estados Límite Últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya que pueden producir una puesta fuera de servicio del edificio debido a pérdidas del equilibrio o fallo por deformación excesiva.

Los Estados Límite de Servicio son los que, de ser superados, afectan al confort e integridad de los usuarios. Deben considerarse los efectos relativos a deformaciones (flechas y desplomes), vibraciones y daños que pueden afectar desfavorablemente a la obra.

2.3.5 Combinaciones de Acciones

Para determinar el efecto de las acciones y la respuesta estructural se estudian las diferentes combinaciones de las acciones a partir de sus valores característicos multiplicados por los correspondientes coeficientes parciales de seguridad y por los coeficientes de simultaneidad.

Para la comprobación de resistencia, el valor de cálculo de los efectos de las acciones E_d se calculan para una situación persistente o transitoria a partir de la siguiente expresión:

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{G,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (3)$$

Donde $(\gamma_G \cdot G_k)$ es el valor de cálculo de las acciones permanentes que se obtiene al multiplicar el valor característico de las acciones permanentes (G_k) por el coeficiente parcial de seguridad para las cargas permanentes (γ_G). El valor de cálculo $(\gamma_Q \cdot Q_k)$ representa una acción variable cualquiera principal (Q_k) con su valor característico, multiplicado por su coeficiente de seguridad (γ_Q). Se deben comprobar sucesivamente las distintas acciones variables obteniendo así distintas combinaciones. El valor de cálculo $(\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k)$ representa el resto de las acciones variables concomitantes (Q_k) multiplicadas por el valor de combinación (Ψ_0) y por su coeficiente de seguridad. Se ha de tener en cuenta que la sobrecarga de uso no es concomitante con el resto de las acciones variables.

Los coeficientes de simultaneidad Ψ se obtienen de la Tabla 8 y los coeficientes de seguridad γ se establecen en la Tabla 7 para cada tipo de acción según si su efecto es desfavorable o favorable tanto para la comprobación del E.L.U como del E.L.S.

²¹ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2009. Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

Tabla 7. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones. Artículo 6.3.1 del CTE SE-AE.
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
Variable	1,50	0	

Tabla 8. Coeficientes de simultaneidad para las acciones. Artículo 4.1.2 del CTE SE-AE.
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>.

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

Por otra parte, para garantizar la aptitud al servicio del edificio se comprueba que se cumple con el E.L.S, considerando el criterio de Apariencia. La combinación que se ha de considerar sigue la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \leq 1/300 \quad (4)$$

Siendo 1/300 el valor límite admisible de la flecha relativa.

2.4 PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

2.4.1 Predimensionado de la Viga en Celosía con Cordones Paralelos

El proceso para el predimensionado de la celosía consta de las siguientes etapas: estimar el canto de la celosía, predimensionar la sección transversal de los cordones de la celosía y por último determinar los perfiles de las diagonales para garantizar que la respuesta estructural cumple con

los límites normativos. Para ello, se tiene en cuenta el criterio de resistencia, de pandeo y de flecha máxima.

Cabe destacar que la configuración que se ha elegido para el predimensionado de la celosía es de tipo Warren sin montantes. Asimismo, tanto para los cordones como para las diagonales de la celosía se van a elegir perfiles tubulares huecos de sección cuadrada por la buena relación resistencia/área y su geometría, que facilita la soldadura entre barras.

En primer lugar, para realizar los cálculos se asimila la celosía a una viga biapoyada. El canto de la celosía se estima entre un décimo y un quinceavo de la luz:

$$\frac{Luz}{15} \leq h \leq \frac{Luz}{10} \rightarrow 3,33m \leq h \leq 5m \quad (5)$$

Por tanto, se procede a tomar un valor intermedio cercano al límite inferior, siendo $h=3,4$ metros. Seguidamente, se calculan las acciones permanentes y variables que actúan sobre la estructura:

- Acciones permanentes (G): El peso propio de la estructura se calcula como valor de tanteo según la expresión: $\frac{Luz}{100} = \frac{50}{100} = 0,5 \frac{KN}{m^2}$. El material de la cubierta es una membrana de poliéster recubierta de PVC muy ligera, por lo que el peso propio del cerramiento se estima de $0,006 \frac{KN}{m^2}$. Por tanto, la carga permanente tiene un valor total de $0,506 \frac{KN}{m^2}$. Para el presente proyecto se descarta la idea de instalar placas solares fotovoltaicas, ya que la cubierta apenas tiene capacidad portante, por lo que no se tiene en cuenta dicha carga.
- Acciones variables (Q): se considera que la carga de la nieve es $Q_N=0,2 \frac{KN}{m^2}$ ya que el edificio que encuentra en Manises (Valencia). La sobrecarga de uso no se considera ya que la cubierta, al ser una membrana pretensada no se puede acceder a ella.

Las combinaciones de las acciones de E.L.U en situación persistente o transitoria sigue la siguiente expresión:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_{USO} = 1,35 \cdot 0,506 \frac{KN}{m^2} + 1,5 \cdot 0 \frac{KN}{m^2} = 0,6831 \frac{KN}{m^2} \quad (6)$$

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_N = 1,35 \cdot 0,506 \frac{KN}{m^2} + 1,5 \cdot 0,2 \frac{KN}{m^2} = 0,983 \frac{KN}{m^2} \quad (7)$$

Para la combinación de E.L.S más desfavorable se utiliza la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (8)$$

Se considera la carga permanente como acción principal, siendo los coeficientes de acompañamiento de las diferentes acciones variables que actúan sobre la estructura de valor 0. De esta forma, se obtiene la hipótesis de carga más desfavorable para el criterio E.L.S:

$$G = 0,506 \frac{KN}{m^2}$$

2.4.1.1 Predimensionado de los Cordones

Una vez conocido el canto de la celosía, se procede a elegir el perfil de los cordones (Figura 20) según el criterio de resistencia, pandeo y flecha máxima.

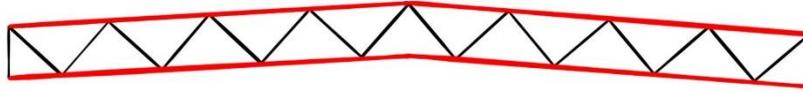


Figura 20. Cordones paralelos de la Viga en celosía. Creación propia.

Empezando por el criterio de resistencia, el momento flector máximo en el centro de vano se calcula como:

$$M_{max} = \frac{q_{ELU} \cdot s \cdot Luz^2}{8} = \frac{0,983 \text{ KN/m}^2 \cdot 6,9 \text{ m} \cdot (50\text{m})^2}{8} = 2119,59 \text{ KN} \cdot \text{m} \quad (9)$$

Considerando la carga más desfavorable, en este caso, $q_{ELU} = 0,983 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$ y siendo "s" la crujía o distancia entre pórticos de 6,9 m.

Seguidamente, se calcula el máximo axil de los cordones como:

$$N_{max} = \frac{M_{max}}{h} = \frac{2119,59 \text{ KN} \cdot \text{m}}{3,4 \text{ m}} = 623,4 \text{ KN} \quad (10)$$

Por último, se ha de cumplir la condición de resistencia según en CTE DB-SE-A²²:

$$N_{max} \leq N_{pl,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad (11)$$

De la expresión anterior (11) se puede despejar el valor mínimo del área del perfil de los cordones:

$$A \geq \frac{N_{max} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{623,4 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 1,05}{275 \text{ N/mm}^2} = 2380,25 \text{ mm}^2$$

Siendo γ_{M0} el coeficiente parcial de seguridad según DB SE-A- Art. 2.3.3²³ y f_y el límite elástico del acero S275.

En cuanto al criterio de pandeo, el CTE DB-SE-A²⁴ limita el valor de la esbeltez reducida de elementos comprimidos a un valor máximo de 2.

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_{lim}} = \frac{\beta \cdot L_m}{i \cdot \lambda_{lim}} \leq 2 \quad (12)$$

²² MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2019. Documento Básico SE-C Seguridad estructural Acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>

²³ *Ibidem*

²⁴ *Ibidem*

La esbeltez límite se calcula según la expresión:

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_y}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2}{275 \text{ N/mm}^2}} = 86,81 \quad (13)$$

Despejando de la expresión de la esbeltez reducida (12) se obtiene el radio de giro mínimo que tiene que cumplir el perfil:

$$i \geq \frac{\beta \cdot L_m}{2 \cdot \lambda_{lim}} = \frac{0,9 \cdot 6250 \text{ mm}}{2 \cdot 86,81} = 32,4 \text{ mm}$$

Siendo L_m la distancia entre nudos contiguos de las diagonales, medida sobre el cordón, y β el coeficiente de pandeo igual a 0,9 tal como se especifica en el CTE DB-SE-A- Art. 6.3.2.4(3)²⁵.

Por último, se considera el criterio de flecha máxima de los cordones. La condición que se debe de cumplir es la siguiente:

$$f_{max} = \frac{5 \cdot q_{ELS} \cdot s \cdot Luz^4}{384 \cdot E \cdot I_{y-conj}} \leq \frac{Luz}{300} \quad (14)$$

De la expresión anterior (14) se calcula el momento de inercia mínimo que debe tener el perfil elegido para los cordones:

$$I_{y-conjunto} \geq \frac{5 \cdot 300 \cdot q_{ELS} \cdot s \cdot Luz^3}{384 \cdot E} = \frac{5 \cdot 300 \cdot 0,506 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2 \cdot 6,9 \text{ m} \cdot (50\text{m})^3}{384 \cdot 210 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2}$$

$$I_{y-conjunto} \geq 8,118 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$$

Por lo tanto, conociendo los valores mínimos de radio de giro, momento de inercia y de área se puede elegir el perfil para los cordones de la celosía consultando el catálogo del fabricante²⁶. Cabe destacar que la condición más restrictiva es la de pandeo, que impone un radio de giro mínimo y es el que más condiciona la elección del perfil. En este caso, el perfil hueco de sección cuadrada elegido es el #100.7 que presenta un área de 24,4 cm², un radio de giro de 3,72 cm y un momento de inercia de 337 cm⁴.

Para finalizar, se ha de comprobar que el momento de inercia del conjunto es superior al mínimo calculado. Para ello, se utiliza teorema de Steiner:

$$I_{y-conjunto} = 2 \cdot \left[I_{y-cordón} + A_{cordón} \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^2 \right] = 2 \cdot \left[337 \text{ cm}^4 + 24,4 \text{ cm}^2 \cdot \left(\frac{340 \text{ cm}}{2}\right)^2 \right] \quad (15)$$

Se comprueba que el momento de inercia del conjunto es mayor que el mínimo calculado $I_{y-conjunto} = 1,41 \cdot 10^6 \text{ cm}^4 \geq 8,118 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$, siendo el término que multiplica al área del cordón la distancia desde el centro de gravedad de cada cordón al del conjunto, que coincide con la mitad del canto de la celosía como se observa en la Figura 21.

²⁵ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2019. Documento Básico SE-C Seguridad estructural Acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>.

²⁶ GRUPO CONDENA. Catálogo. Tubo Estructural. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: https://www.condesa.com/pdf/es/tubo_estructural_castv3.pdf.

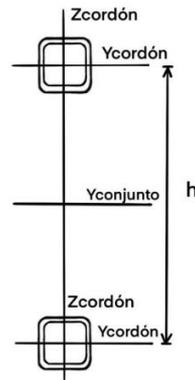


Figura 21. Sección de la viga en celosía. Creación propia.

2.4.1.2 Predimensionado de las Diagonales

Como se ha mencionado anteriormente, la tipología que se ha elegido para la celosía es de tipo Warren sin montantes (Figura 22) para que la estructura sea lo más ligera posible. En este caso, para elegir los perfiles se tendrá en cuenta el criterio de resistencia y de pandeo.

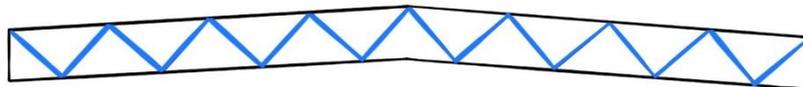


Figura 22. Diagonales de la Viga en celosía. Creación propia.

En cuanto al criterio de resistencia, las cargas superficiales distribuidas sobre la celosía se pueden asimilar con un modelo de cargas puntuales aplicadas sobre los nudos del cordón superior de la viga, como se puede observar en la Figura 23.

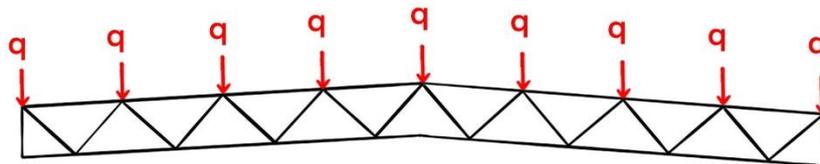


Figura 23. Cargas puntuales actuando sobre la Viga en celosía. Creación propia.

Se calculan estas cargas puntuales según la expresión:

$$F_{n\text{-interiores}} = \frac{q_{ELU} \cdot s \cdot Luz}{n_{\text{nudos}}} = \frac{0,983 \text{ KN/m}^2 \cdot 6,9 \text{ m} \cdot 50 \text{ m}}{7 + 0,5 \cdot 2} = 42,39 \text{ KN} \quad (16)$$

$$F_{n\text{-exteriores}} = \frac{F_{\text{interiores}}}{2} = \frac{42,39 \text{ KN}}{2} = 21,20 \text{ KN} \quad (17)$$

Siendo $F_{n\text{-exteriores}}$ el axil aplicado en los dos nudos extremos que reciben la mitad de la carga que los nudos internos y $F_{n\text{-interiores}}$ el axil aplicado en los nudos internos. n_{nudos} es el número de nudos sobre los que actúan las cargas puntuales, como los dos nudos extremos reciben la mitad de la carga se dividen entre dos.

La reacción en cada apoyo de la celosía se puede calcular según la fórmula:

$$R = \frac{\sum F_{n-interiores} + \sum F_{n-interiores}}{2} = \frac{7 \cdot 42,39 \text{ KN} + 2 \cdot 21,20 \text{ KN}}{2} \quad (18)$$

$$R = 169,56 \text{ KN}$$

Mediante el método de los nudos se puede determinar el axil al que están sometidos las diagonales. La diagonal más solicitada es la del extremo, con un axil de $N_{max} = 191,09 \text{ KN}$. De esta forma, se calcula el área mínima del perfil de la diagonal teniendo en cuenta que debe cumplir la condición de resistencia, obteniendo:

$$A \geq \frac{N_{max} \cdot \gamma_{M0}}{f_y} = \frac{191092 \text{ N} \cdot 1,05}{275 \text{ N/mm}^2} = 729,62 \text{ mm}^2 \quad (19)$$

Seguidamente, se determina el radio de giro mínimo mediante la condición de pandeo:

$$i \geq \frac{\beta \cdot L_{diag}}{2 \cdot \lambda_{lim}} = \frac{0,75 \cdot 4958,64 \text{ mm}}{2 \cdot 86,81} = 21,42 \text{ mm} \quad (20)$$

Siendo L_{diag} la longitud de la diagonal y β el coeficiente de pandeo de 0,75 tal como se especifica en el CTE DB-SE-A -Art. 6.3.2.4(3)²⁷ y en la *Guía de Diseño para estructuras en celosía*²⁸ para el cálculo de diagonales.

Las diagonales de la celosía tipo Warren trabajan tanto a tracción como a compresión, por lo que se calcula el radio de giro mínimo necesario con la condición de esbeltez reducida más restrictiva, que se da para elementos comprimidos, con un valor máximo de 2.

Teniendo en cuenta que el parámetro que más condiciona la elección del perfil es el radio de giro, se escoge el perfil hueco de sección cuadrada para las diagonales de #60.4 con un área de 8,55 cm² y un radio de giro de 2,26 cm.

2.4.2 Predimensionado del Pilar Compuesto

Para el predimensionado del pilar compuesto, se considera que se comporta empotrado en la base y libre en la cabeza del pilar para estar del lado de la seguridad, ya que es el caso más desfavorable. En realidad, estará unido en su extremo superior a la celosía de cubierta, por lo que su desplazamiento estará limitado. El esquema del pilar compuesto se muestra en la Figura 24.

²⁷ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2019. Documento Básico SE-C Seguridad estructural Acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>.

²⁸ GORKA IGLESIAS. ICT, ÁNGEL ALONSO. ICT y JOSÉ ANTONIO CHICA. ICT, 2007. Guía de diseño para estructuras en celosía resueltas con perfiles tubulares de acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: https://kupdf.net/download/guia-de-diseo-para-estructuras-en-celosia-resueltas-con-perfiles-tubulares-de-acero-1_59d1354208bbc5585a687082_pdf.

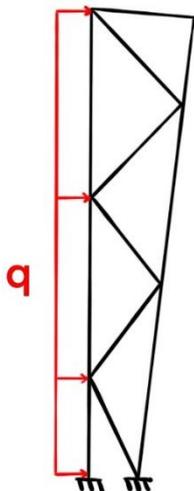


Figura 24. Pilar compuesto. Creación propia.

La altura del pilar es de 8 metros y está sometido a la acción del viento, que se trata de una carga uniformemente distribuida de $1,034 \frac{KN}{m^2}$.

En este caso, las condiciones más restrictivas que han de cumplir los perfiles del pilar se obtienen con el criterio pandeo y de flecha máxima. Se calcula el radio de giro mínimo que deben cumplir el conjunto de cordones según la condición de esbeltez:

$$i_{min-conj} \geq \frac{\beta \cdot h_{pilar}}{2 \cdot \lambda_{lim}} = \frac{2 \cdot 8000 \text{ mm}}{2 \cdot 86,81} = 92,15 \text{ mm} \quad (21)$$

Se ha tenido en cuenta que el pilar puede trabajar a compresión, por lo que el límite de la esbeltez reducida permitida es 2 y que el coeficiente de pandeo β para una barra empotrada-libre es 2. Para evaluar el criterio de flecha máxima la condición que se ha de cumplir es la siguiente:

$$f_{max} = \frac{q_{viento} \cdot s \cdot h_{pilar}^4}{8 \cdot E \cdot I_{y-conj}} \leq \frac{h_{pilar}}{500} \quad (22)$$

Despejando de la inecuación anterior (22), se obtiene el momento de inercia mínimo que debe tener el conjunto de cordones:

$$I_{y-conj} \geq \frac{500 \cdot q_{viento} \cdot s \cdot h_{pilar}^3}{8 \cdot E} = \frac{500 \cdot 1,034 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2 \cdot 6900 \text{ mm} \cdot (8000 \text{ mm})^3}{8 \cdot 210 \cdot 10^3 \text{ N/mm}^2}$$

$$I_{y-conj} \geq 1,0908 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$$

El criterio que más condiciona la elección del perfil es el de flecha máxima. Para poder uniformizar el modelo del pórtico interior se elige el mismo perfil que el de la viga en celosía, el #100.7. Presenta un área de $24,4 \text{ cm}^2$, un radio de giro de $3,72 \text{ cm}$ y un momento de inercia de 337 cm^4 .

Seguidamente, se comprueba que el momento de inercia del conjunto es superior al mínimo calculado mediante el teorema de Steiner: (23)

$$I_{y-\text{conjunto}} = 2 \cdot \left[I_{y-\text{cordón}} + A_{\text{cordón}} \cdot \left(\frac{d}{2} \right)^2 \right] = 2 \cdot \left[337 \text{ cm}^4 + 24,4 \text{ cm}^2 \cdot \left(\frac{200 \text{ cm}}{2} \right)^2 \right]$$

Se obtiene que $I_{y-\text{conjunto}} = 4,88 \cdot 10^5 \text{ cm}^4 \geq 1,0908 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$, siendo el término “d” la distancia entre centros de gravedad de los dos cordones. Como esta distancia no es constante, se utiliza el valor medio para el cálculo. Se estima la separación entre cordones en la base de 1 metro y en la cabeza del pilar compuesto de 3 metros, siendo la separación media de 2 metros.

Por último, se comprueba que el radio de giro del conjunto es superior al mínimo calculado en la expresión (21) mediante la igualdad:

$$i_{\text{conjunto}} = \sqrt{\frac{I_{y-\text{conjunto}}}{2 \cdot A_{\text{cordón}}}} = \sqrt{\frac{4,88 \cdot 10^5 \text{ cm}^4}{2 \cdot 24,4 \text{ cm}^2}} = 100,73 \text{ cm} > 92,15 \text{ mm} \quad (24)$$

Como se observa, el perfil #100.7 cumple tanto las restricciones de radio de giro, como la de momento de inercia, por lo que este perfil es adecuado para los cordones del pilar compuesto.

Para finalizar, con la intención de reducir el número de perfiles diferentes y así obtener una mayor uniformidad de la estructura y una mejor unión entre barras, se elige el mismo perfil para las diagonales de los pilares compuestos que los de la viga en celosía, es decir, el #60.4.

2.4.2.1 Predimensionado del Resto de los Elementos

Para analizar el resto de los elementos, se va a emplear el criterio de esbeltez máxima para obtener una primera aproximación al perfil que se va a utilizar en obra. Para ello, según el CTE DB-SE-A²⁹, en aquellos elementos que trabajan a tracción, la condición de esbeltez reducida está limitada a un valor máximo de 3, pudiendo admitirse valores de hasta 4 en las barras de arriostramiento, y para aquellos que trabajan a compresión a un valor de 2.

El procedimiento que se ha seguir es el mismo que en los apartados anteriores, a partir de la condición de esbeltez reducida máxima se obtiene el radio de giro mínimo que ha de tener el perfil según la expresión:

$$\bar{\lambda}_{\text{max}} \geq \frac{\lambda}{\lambda_{\text{lim}}} = \frac{\beta \cdot L_m}{i \cdot \lambda_{\text{lim}}} = \bar{\lambda} \rightarrow i \geq \frac{\beta \cdot L_m}{\bar{\lambda}_{\text{max}} \cdot \lambda_{\text{lim}}} \quad (25)$$

²⁹ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2019. Documento Básico SE-C Seguridad estructural Acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>.

En la Tabla 9 se muestran los perfiles seleccionados y los datos de cálculo más significativos:

Tabla 9. Perfiles del resto de elementos de la estructura.

	Longitud de la barra (m)	Esbeltez reducida máxima	Radio de giro mínimo (mm)	Perfil	Radio de giro calculado (mm)
Pilares de fachada	8	2	52,34	#140.3	55,7
Jácena de fachada	12,7	2	83,10	#220.4	87,9
Montantes de fachada	12,5	2	81,79	#220.4	87,9
Tirantes de fachada	6,625	4	21,67	#60.1,5	23,8
Viga Perimetral	6,9	3	30,10	#80.1,5	31,9
Montante de la VCV	6,9	2	45,15	#120.6,3	45,8
Diagonal de la VCV	2,5	4	8,18	#25.1,5	9,49
Montantes de la CSA	6,9	2	45,15	#120.6,3	45,8
Diagonal de la CSA	4,1	4	13,41	#35.1,5	13,6
Bastidores	6,9	2	45,15	#120.6,3	45,8
Tornapuntas	1,7	2	11,12	#35.1,5	13,6

2.5 DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

2.5.1 Modelo de Pandeo

Para establecer los coeficientes de pandeo de las barras que forman la estructura, se definen los pórticos como intraslacionales. En cuanto al pórtico de fachada, los pilares interiores tienen una beta de pandeo en el plano del pórtico de $\beta = 1$ para los tramos superiores al considerarse barras apoyadas-apoyadas y $\beta = 0,7$ los tramos inferiores al ser modelados como barras empotradas-apoyadas. En el plano perpendicular al pórtico tienen una beta de $(0,7 \cdot \text{longitud del pilar central})$, ya que se trata de un elemento arriostrado, es decir, no puede pandear libremente y se escoge la longitud del pilar central ya que es la más desfavorable.

Para los pilares exteriores de fachada, el tramo inferior se modela con $\beta = 0,7$ en ambos planos y para el tramo superior $\beta = 1$ en ambos planos. El resumen de las betas de pandeo para el pórtico de fachada se recoge en la Figura 25.

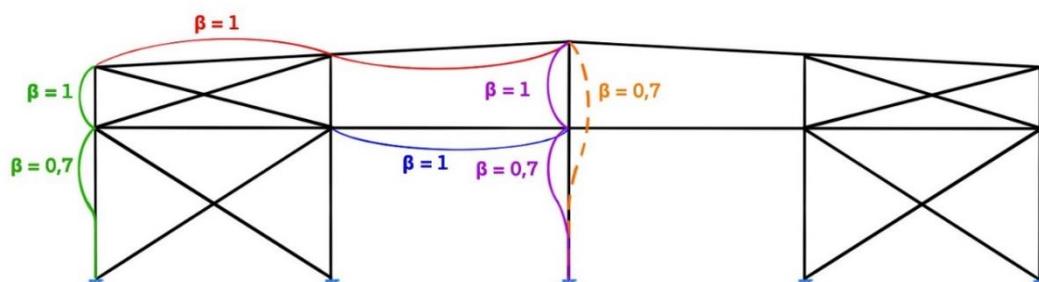


Figura 25. Betas de pandeo barras del pórtico de fachada. Creación propia.

Para el pórtico interior, se definen las betas de pandeo para las diagonales tanto de los pilares como de las vigas en celosía con un valor de 0,75 en ambos planos y para los cordones exteriores e interiores que forman los pilares y vigas $\beta = 0,9$ en ambos planos, como se observa en la Figura

26. Estos valores se extraen de la Guía de Diseño para Estructuras en Celosía³⁰ y del CTE DB-SE A³¹ artículo 6.3.2.4 (3).

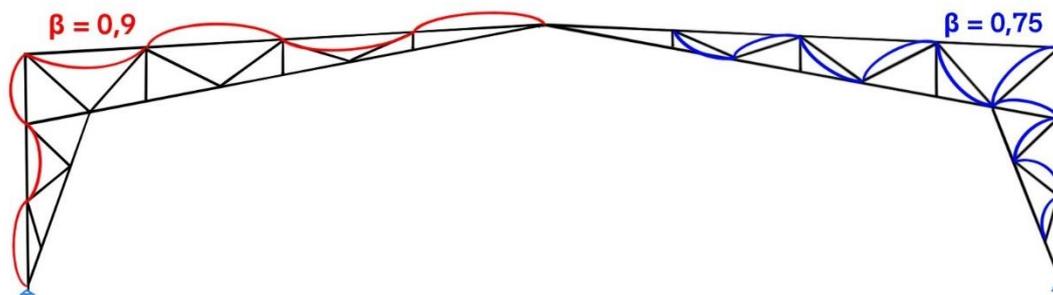


Figura 26. Betas de pandeo del pórtico interior: Creación propia.

Para el resto de los elementos de la obra, es decir, jácenas de fachada, vigas horizontales de fachada, diagonales y montantes de la Viga Contraviento, montantes de las Cruces de San Andrés, bastidores, tornapuntas y montantes de los tornapuntas se toma $\beta = 1$ en ambos planos, ya que al considerar los pórticos intraslacionales, los nudos a los que están conectados las barras son fijos y se modelan como barras apoyadas-apoyadas.

Por último, aquellos elementos que trabajan únicamente a tracción, como las vigas perimetrales y las diagonales de las Cruces de San Andrés, la beta de pandeo se define con un valor de 0.

A continuación, se muestra la Tabla 10 como resumen de las betas de pandeo para las diferentes barras de la estructura:

Tabla 10. Betas de pandeo de los elementos estructurales.

	β Plano del pórtico	β Plano perpendicular al pórtico
Pilares interiores de fachada	-	0,7
Pilares interiores de fachada (superior-inferior)	1 - 0,7	-
Pilares exteriores de fachada (tramo inferior)	0,7	0,7
Pilares exteriores de fachada (tramo superior)	1	1
Cordones Pórtico Interior	0,9	0,9
Diagonales Pórtico Interior	0,75	0,75
Jácenas de fachada	1	1
Viga horizontal de fachada	1	1
Montantes y Diagonales de la VCV	1	1
Montantes de la CSA	1	1
Bastidores	1	1
Tornapuntas	1	1
Montantes tornapuntas	1	1

³⁰ GORKA IGLESIAS. ICT, ÁNGEL ALONSO. ICT y JOSÉ ANTONIO CHICA. ICT, 2007. Guía de diseño para estructuras en celosía resueltas con perfiles tubulares de acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: https://kupdf.net/download/guia-de-diseo-para-estructuras-en-celosia-resueltas-con-perfiles-tubulares-de-acero-1_59d1354208bbc5585a687082_pdf.

³¹ MINISTERIO DE FOMENTO, SECRETARÍA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS, T. y V., SECRETARÍA GENERAL DE VIVIENDA y DIRECCIÓN GENERAL DE ARQUITECTURA, V. y S., 2019. Documento Básico SE-C Seguridad estructural Acero. [en línea], [consulta: 28 julio 2023]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>.

2.5.2 Modelo de Flechas

Para determinar el modelo de flechas, se han seguido las especificaciones expuestas en el CTE³². Los valores de las flechas límite se recogen en la Tabla 11 para los distintos elementos de la estructura. En general, el valor límite admisible de flecha para elementos sin tabiquería es de 1/300 de la luz que cubre el edificio. Asimismo, el desplome de los pilares de los pórticos interiores y de fachada se les asigna un valor más restrictivo, de 1/500 de la altura total del pilar, para así garantizar la estabilidad de la construcción.

Tabla 11. Flecha límite de los elementos de la estructura.

	Flecha Límite
Pilares de fachada	1/500
Pilares compuestos P. Interior	1/500
Viga en celosía P. Interior	1/300
Jácenas de fachada	1/300
Viga horizontal de fachada	1/300
Montante y Diagonales de la VCV	1/300
Montante de la CSA	1/300
Bastidores	1/300
Tornapuntas	1/300
Montantes tornapuntas	1/300

2.5.3 Pórtico de Fachada (Alineación A del Plano 06)

La Figura 27 muestra la numeración de los nudos del pórtico de fachada y las barras representativas que se comprueban.

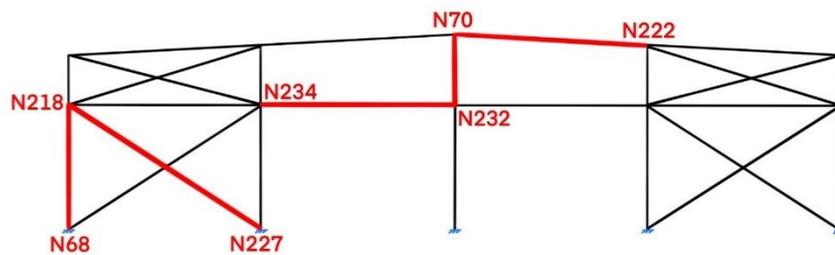


Figura 27. Comprobación de barras del pórtico de fachada. Creación propia.

³² GOBIERNO DE ESPAÑA. BOE-A-2006-5515 Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. [en línea]. [consulta: 28 julio 2023] <https://www.boe.es/eli/es/rd/2006/03/17/314>.

2.5.3.1 Comprobaciones de Flechas

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N232/ N234	3.075	0.30	6.150	5.87	0.000	0.00	0.000	0.00
	3.075	L/(>1000)	6.150	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N227/ N218	8.180	0.00	8.180	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N222/ N70	4.927	0.15	6.774	21.39	0.000	0.00	0.000	0.00
	4.927	L/(>1000)	6.774	L/575.7	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N232/ N70	1.800	0.01	2.474	0.99	0.000	0.00	0.000	0.00
	1.800	L/(>1000)	2.474	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N68/ N218	4.950	0.10	5.445	0.15	0.000	0.00	0.000	0.00
	4.950	L/(>1000)	5.445	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

2.5.3.2 Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado	
	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N222/ N70	x: 0.098 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 12.414 m $\eta = 7.9$	x: 0.098 m $\eta = 28.9$	x: 0.098 m $\eta = 58.2$	x: 0.098 m $\eta = 4.0$	x: 0.714 m $\eta = 3.6$	x: 0.098 m $\eta = 0.4$	x: 0.098 m $\eta < 0.1$	x: 0.098 m $\eta < 0.1$	x: 0.098 m $\eta = 96.7$	x: 0.098 m $\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE $\eta = 96.7$
N68/ N218	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 7.919 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 0 m $\eta = 12.9$	x: 0 m $\eta = 25.2$	x: 0 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 5.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 36.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 6.0$	CUMPLE $\eta = 36.2$
N232/ N70	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 4.578 m $\eta = 1.6$	x: 0.08 m $\eta = 2.5$	x: 0.081 m $\eta = 43.6$	x: 4.579 m $\eta = 1.9$	x: 4.579 m $\eta = 4.9$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.08 m $\eta = 46.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 4.579 m $\eta = 4.9$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 46.5$
N232/ N234	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.5$	x: 12.4 m $\eta = 11.3$	x: 12.4 m $\eta = 6.4$	x: 12.4 m $\eta = 0.9$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 12.4 m $\eta = 17.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	x: 12.4 m $\eta = 0.9$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 17.5$

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z Z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N227/ N218	h = 32.3	N _{Ed} = 0.00 N.P.(3)	M _{Ed} = 0.00 N.P.(4)	M _{Ed} = 0.00 N.P.(4)	V _{Ed} = 0.00 N.P.(5)	V _{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	N.P.(7)	N.P.(8)	M _{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	CUMPLE h = 32.3

Notación:

λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t : Resistencia a tracción
 N_c : Resistencia a compresión
 M_y : Resistencia a flexión eje Y
 M_z : Resistencia a flexión eje Z
 V_z : Resistencia a corte Z
 V_y : Resistencia a corte Y
 M_yV_z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z : Resistencia a flexión y axil combinados
 $NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t : Resistencia a torsión
 M_tV_z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x : Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

2.5.4 Pórtico Interior (Alineación B del Plano 06)

2.5.4.1 Comprobaciones de Flechas

Para la comprobación de las flechas, son los cordones del pórtico los que han de cumplir con los límites establecidos según la Figura 28.

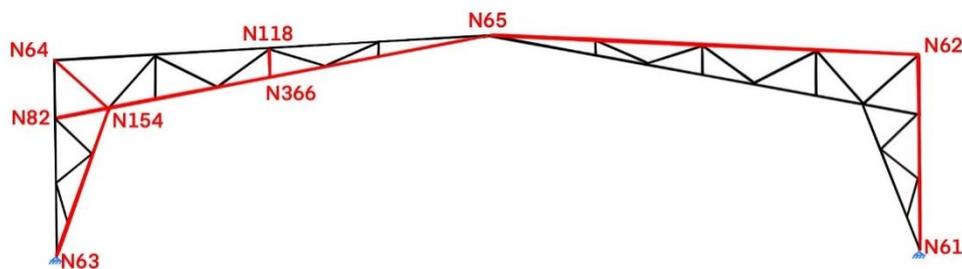


Figura 28. Comprobación flechas de barras del pórtico interior. Creación propia.

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N61/ N62	4.775	0.29	11.052	13.22	0.000	0.00	0.000	0.00
	4.775	L/(>1000)	11.052	L/836.0	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N62/ N65	7.733	0.16	16.404	3.33	0.000	0.00	0.000	0.00
	1.422	L/(>1000)	5.404	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N82/ N65	6.099	1.72	20.808	2.78	0.000	0.00	0.000	0.00
	6.099	L/(>1000)	20.808	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N154/ N64	3.014	0.00	2.010	0.33	0.000	0.00	0.000	0.00
	-	L/(>1000)	2.010	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N366/ N118	0.973	0.02	0.389	0.02	0.000	0.00	0.000	0.00
	0.973	L/(>1000)	0.389	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N63/ N154	5.116	0.32	3.254	2.12	0.000	0.00	0.000	0.00
	5.116	L/(>1000)	3.254	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

2.5.4.2 Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

La Figura 29 muestra la numeración de los nudos del pórtico interior y las barras representativas para las comprobaciones del E.L.U.

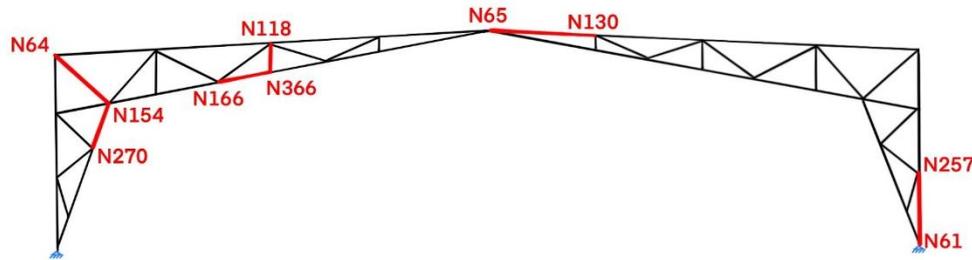


Figura 29. Comprobación E.L.U de barras del pórtico interior. Creación propia.

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado	
	lw	Nt	Nc	MY	MZ	VZ	VY	MYVZ	MZVY	NMYMZ	NMYMZVYVZ	Mt	MtVZ		MtVY
N61/ N257	lw ϵ lw,máx Cumple	x: 4.3 m h = 23.5	x: 0.205 m h = 20.7	x: 4.3 m h = 23.7	x: 4.3 m h = 1.2	x: 4.3 m h = 5.6	h = 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 4.3 m h = 46.3	h < 0.1	h = 0.5	x: 4.3 m h = 5.6	h = 0.1	CUMPLE h = 46.3
N130/ N65	lw ϵ lw,máx Cumple	x: 5.732 m h = 22.9	x: 0.095 m h = 58.7	x: 5.733 m h = 23.3	x: 5.733 m h = 1.4	x: 5.733 m h = 4.1	h = 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 0.095 m h = 82.9	h < 0.1	h = 4.7	x: 5.733 m h = 4.2	h = 0.1	CUMPLE h = 82.9
N166/ N366	lw ϵ lw,máx Cumple	x: 3.132 m h = 11.6	x: 0 m h = 26.3	x: 3.133 m h = 2.1	x: 3.133 m h = 4.1	x: 0 m h = 0.4	h = 0.2	h < 0.1	h < 0.1	x: 3.133 m h = 30.8	h < 0.1	h = 1.1	x: 0 m h = 0.4	h = 0.3	CUMPLE h = 30.8
N154/ N64	x: 0,34 m lw ϵ lw,máx Cumple	x: 4.107 m h = 19.9	x: 0.089 m h = 45.8	x: 2.099 m h = 1.2	MEd = 0.00 m h = N.P.(1)	x: 0.089 m h = 0.2	VEd = 0.00 m h = N.P.(2)	x: 0.34 m h < 0.1	N.P.(3)	x: 2.099 m h = 47.0	x: 0.34 m h < 0.1	MEd = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	CUMPLE h = 47.0
N366/ N118	lw ϵ lw,máx Cumple	x: 1.628 m h = 1.5	NEd = 0.00 m h = N.P.(6)	x: 1.629 m h = 40.1	x: 1.629 m h = 4.5	h = 4.1	h = 0.6	h < 0.1	h < 0.1	x: 1.629 m h = 41.0	h < 0.1	h = 1.4	h = 4.1	h = 0.6	CUMPLE h = 41.0
N270/ N154	lw ϵ lw,máx Cumple	x: 2.664 m h = 24.7	x: 0 m h = 48.2	x: 2.665 m h = 5.0	x: 2.665 m h = 1.4	x: 0 m h = 0.4	h < 0.1	h < 0.1	h < 0.1	x: 2.665 m h = 53.9	h < 0.1	h = 0.7	x: 0 m h = 0.4	h < 0.1	CUMPLE h = 53.9

Notación:
 lw: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 Nt: Resistencia a tracción
 Nc: Resistencia a compresión
 MY: Resistencia a flexión eje Y
 MZ: Resistencia a flexión eje Z
 VZ: Resistencia a corte Z
 VY: Resistencia a corte Y
 MYVZ: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 MZVY: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NMYMZ: Resistencia a flexión y axil combinados
 NMYMZVYVZ: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 Mt: Resistencia a torsión
 MtVZ: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 MtVY: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 h: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

2.5.5 Fachada Lateral (Alineación 1 del Plano 06)

La Figura 30 muestra la numeración de los nudos de la Viga Perimetral y Cruces de San Andrés y las barras representativas que se comprueban.

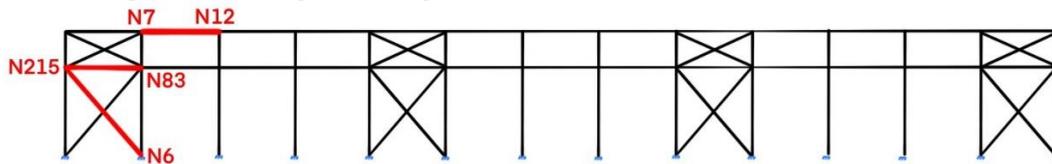


Figura 30. Comprobación de barras fachada lateral. Creación propia.

2.5.5.1 Comprobaciones de Flechas

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima absoluta xz Flecha máxima relativa xz		Flecha activa absoluta xy Flecha activa relativa xy		Flecha activa absoluta xz Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N7/N12	5.509	0.00	3.390	3.61	0.000	0.00	0.000	0.00
	-	L/(>1000)	3.390	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N215/N83	2.109	0.33	3.375	0.79	0.000	0.00	0.000	0.00
	2.109	L/(>1000)	3.375	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N6/N215	3.869	0.00	7.738	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

2.5.5.2 Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado	
	lw	Nt	Nc	MY	MZ	VZ	VY	MYVZ	MZVY	NMYMZ	NMYMZVYVZ	Mt	MtVZ		MtVY
N7/N12	x: 0.071 m lw £ lw, máximo Cumple	h = 4.0	h = 0.8	x: 3.46 m h = 4.7	MEd = 0.00 N.P.(1)	x: 0.07 m h = 0.5	VEd = 0.00 N.P.(2)	x: 0.071 m h < 0.1	N.P.(3)	x: 3.46 m h = 4.7	x: 0.071 m h < 0.1	MEd = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	CUMPLE h = 4.7
N215/N83	lw £ lw, máximo Cumple	h = 3.9	h = 17.5	x: 0.1 m h = 8.5	x: 0.1 m h = 7.8	x: 0.1 m h = 0.7	h = 0.3	h < 0.1	h < 0.1	x: 6.85 m h = 24.7	h < 0.1	h = 0.9	x: 0.1 m h = 0.7	h = 0.3	CUMPLE h = 24.7

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado
	Nt	Nc	MY	MZ	VZ	VY	MYVZ	MZVY	NMYMZ	NMYMZVYVZ	Mt	MtVZ	MtVY	
N6/N215	h = 89.3	NEd = 0.00 N.P.(6)	MEd = 0.00 N.P.(1)	MEd = 0.00 N.P.(1)	VEd = 0.00 N.P.(2)	VEd = 0.00 N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	N.P.(7)	N.P.(8)	MEd = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	CUMPLE h = 89.3

<p>Notación: lw: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida Nt: Resistencia a tracción Nc: Resistencia a compresión MY: Resistencia a flexión eje Y MZ: Resistencia a flexión eje Z VZ: Resistencia a corte Z VY: Resistencia a corte Y MYVZ: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados MZVY: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NMYMZ: Resistencia a flexión y axil combinados NMYMZVYZ: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados Mt: Resistencia a torsión MtVZ: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados MtVY: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra h: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p>

N.P.: No procede

2.5.6 Cubierta

La Figura 31 muestra la numeración de los nudos de la Viga Contraviento y las barras representativas que se comprueban.

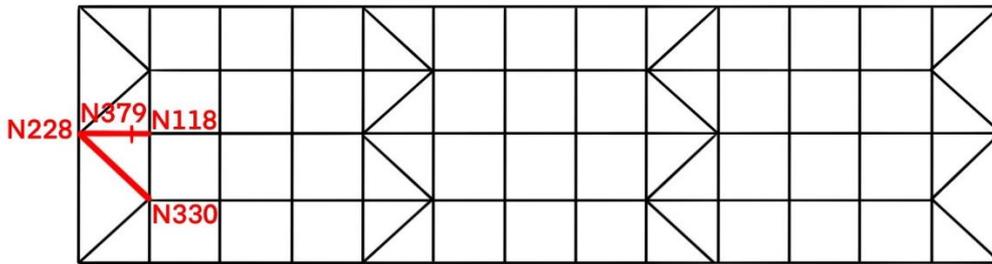


Figura 31. Comprobación de barras de la cubierta. Creación propia.

2.5.6.1 Comprobaciones de Flechas

Flechas								
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz	
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz	
	Pos. (m)	Flecha (mm)						
N330/N228	5.166	0.13	5.166	12.26	0.000	0.00	0.000	0.00
	5.166	L/(>1000)	5.166	L/766.4	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)
N118/N228	3.524	0.16	3.840	5.34	0.000	0.00	0.000	0.00
	3.524	L/(>1000)	3.840	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)

2.5.6.2 Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)														Estado
	λ_w	Nt	Nc	My	Mz	Vz	Vy	MyVz	MzVy	NMyMz	NMyMzVyVz	Mt	MtVz	MtVy	
N330/N228	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 9.49 m $\eta = 6.4$	x: 0.098 m $\eta = 30.1$	x: 5.264 m $\eta = 27.0$	x: 9.491 m $\eta = 7.3$	x: 0.098 m $\eta = 3.4$	x: 0.098 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.734 m $\eta = 61.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 6.4$	x: 0.098 m $\eta = 3.6$	x: 0.098 m $\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 61.0$
N118/N379	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 3.2$	$\eta = 1.9$	x: 1.636 m $\eta = 10.4$	x: 1.636 m $\eta = 5.4$	x: 1.635 m $\eta = 1.3$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.636 m $\eta = 12.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.6$	x: 1.635 m $\eta = 1.3$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 12.4$
N379/N228	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 3.1$	$\eta = 2.1$	x: 5.115 m $\eta = 33.7$	x: 5.115 m $\eta = 10.7$	x: 5.115 m $\eta = 1.1$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.115 m $\eta = 40.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 8.4$	x: 5.115 m $\eta = 1.1$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 40.8$

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)														Estado
	λ_w	Nt	Nc	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
Notación: λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida Nt: Resistencia a tracción Nc: Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η : Coeficiente de aprovechamiento (%)															

2.5.7 Perfil Lateral (Alineación 4 del Plano 06)

La Figura 32 muestra la numeración de los nudos de uno de los bastidores, tornapuntas y montante del tornapuntas y las barras representativas que se comprueban.

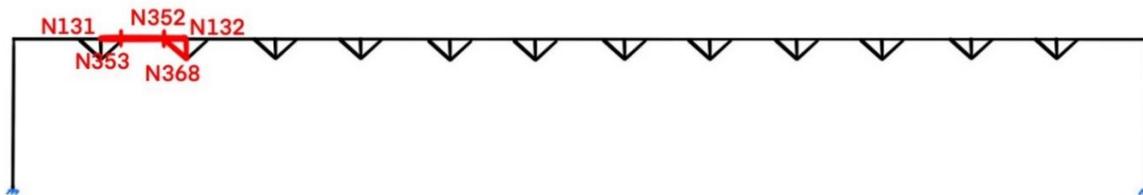


Figura 32. Comprobación de barras del perfil lateral. Creación propia.

2.5.7.1 Comprobación de Flechas

Flechas									
Grupo	Flecha máxima absoluta xy		Flecha máxima absoluta xz		Flecha activa absoluta xy		Flecha activa absoluta xz		Estado
	Flecha máxima relativa xy		Flecha máxima relativa xz		Flecha activa relativa xy		Flecha activa relativa xz		
	Pos. (m)	Flecha (mm)							
N131/ N132	1.565	0.06	2.478	0.40	0.000	0.00	0.000	0.00	CUMPLE $\eta = 6.8$
	1.565	L/(>1000)	2.478	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	
N368/ N352	0.735	0.02	1.839	0.01	0.000	0.00	0.000	0.00	CUMPLE $\eta = 7.2$
	0.735	L/(>1000)	1.839	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	
N368/ N132	0.973	0.00	0.389	0.02	0.000	0.00	0.000	0.00	CUMPLE $\eta = 6.3$
	0.973	L/(>1000)	0.389	L/(>1000)	-	L/(>1000)	-	L/(>1000)	

2.5.7.2 Comprobaciones E.L.U. (Resumido)

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)														Estado
	λ_w	Nt	Nc	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N131/ N353	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumpl e	$\eta = 3.1$	$\eta = 1.9$	x: 1.636 m $\eta = 3.4$	x: 0.07 m $\eta = 2.5$	x: 1.636 m $\eta = 0.5$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.636 m $\eta = 6.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.3$	x: 1.636 m $\eta = 0.5$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 6.8$
N353/ N352	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumpl e	$\eta = 3.1$	$\eta = 1.9$	x: 0.064 m $\eta = 4.3$	x: 0.064 m $\eta = 1.4$	x: 3.456 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.064 m $\eta = 7.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.2$	x: 0.064 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 7.2$
N352/ N132	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumpl e	$\eta = 3.3$	$\eta = 1.9$	x: 0.064 m $\eta = 1.9$	x: 1.63 m $\eta = 2.4$	x: 1.63 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.064 m $\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.7$	x: 1.63 m $\eta = 0.4$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 6.3$

Barras	COMPROBACIONES (CÓDIGO ESTRUCTURAL)													Estado	
	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_yV_z		M_zV_y
N368/ N352	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumplido	x: 2.304 m $\eta = 0.1$	x: 0.099 m $\eta = 0.6$	x: 2.305 m $\eta = 1.4$	x: 2.305 m $\eta = 13.0$	x: 2.304 m $\eta = 0.2$	$\eta = 0.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.305 m $\eta = 14.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.3$	x: 2.305 m $\eta = 0.2$	$\eta = 0.8$	CUMPLE $\eta = 14.1$
N368/ N132	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumplido	x: 1.628 m $\eta = 1.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 1.629 m $\eta = 44.1$	x: 0.072 m $\eta = 0.7$	$\eta = 4.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.629 m $\eta = 45.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	$\eta = 4.5$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 45.1$

Notación:
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t : Resistencia a tracción
 N_c : Resistencia a compresión
 M_y : Resistencia a flexión eje Y
 M_z : Resistencia a flexión eje Z
 V_z : Resistencia a corte Z
 V_y : Resistencia a corte Y
 M_yV_z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z : Resistencia a flexión y axil combinados
 $NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t : Resistencia a torsión
 M_yV_z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_zV_y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
 η : Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

2.5.8 Placas de Anclaje

A continuación, se muestran las comprobaciones de los dos tipos de placa de anclaje, las de Tipo 1, presentes en los pilares de fachada y las de Tipo 2, presentes en los pilares compuestos de los pórticos interiores.

2.5.8.1 Placa de Anclaje Tipo 1 (Alineación A del Plano 06)

En la Figura 33 se muestra la placa de anclaje Tipo 1 del pórtico de fachada que se va a comprobar.

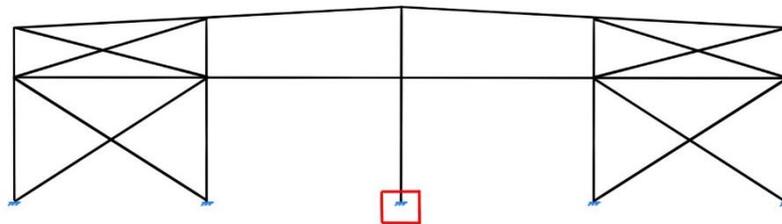


Figura 33. Placa de anclaje Tipo 1 a comprobar. Creación propia.

2.5.8.1.1 Geometría Placa de Anclaje Tipo 1

En la Figura 34 se muestra el despiece de la placa de anclaje Tipo 1 de los pilares de fachada.

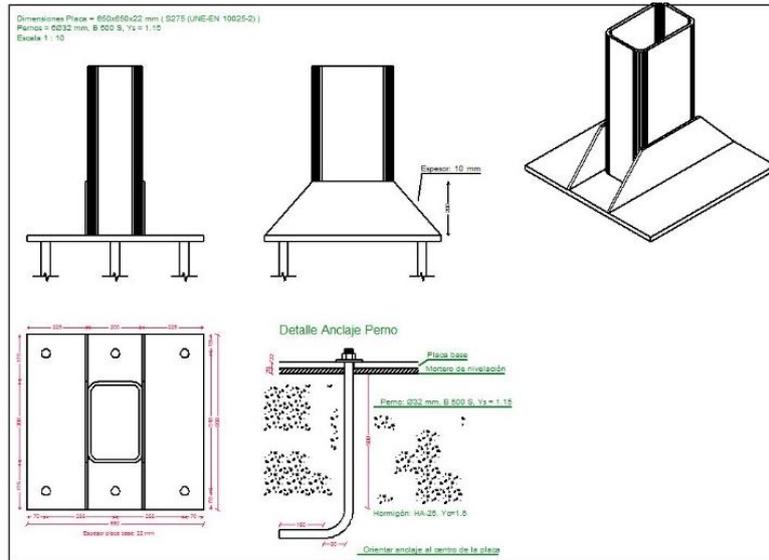


Figura 34. Despiece placa de anclaje Tipo 1. Producido por CYPE.

2.5.8.1.2 Comprobaciones Placa de Anclaje Tipo 1

Referencia: -Placa base: Ancho X: 650 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 22 mm -Pernos: 6Ø32 mm L=50 cm Patilla a 90 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x0x10.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 64 mm Calculado: 255 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 64 mm Calculado: 100 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 64 mm Calculado: 70 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 37 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 177.79 kN Calculado: 148.99 kN Máximo: 124.45 kN Calculado: 14.79 kN Máximo: 177.79 kN Calculado: 170.11 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 255.69 kN Calculado: 151.62 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 500 MPa Calculado: 191.882 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 387.2 kN Calculado: 14.84 kN	Cumple

Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 650 mm Ancho Y: 650 mm Espesor: 22 mm		
-Pernos: 6Ø32 mm L=50 cm Patilla a 90 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(200x0x10.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
- Derecha:	Calculado: 140.522 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 141.2 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 177.741 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 177.741 MPa	Cumple
Flecha global equivalente:	Mínimo: 250	
<i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>		
- Derecha:	Calculado: 1051.49	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1071.94	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5283.14	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5283.12	Cumple
Tensión de Von Mises local:	Máximo: 275 MPa	
<i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Calculado: 240.333 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.131		
- Punto de tensión local máxima: (0, -0.2375)		

2.5.8.2 Placa de Anclaje Tipo 2 (Alineación B del Plano 06)

En la Figura 35 se muestra la placa de anclaje Tipo 2 del pórtico interior que se va a comprobar.

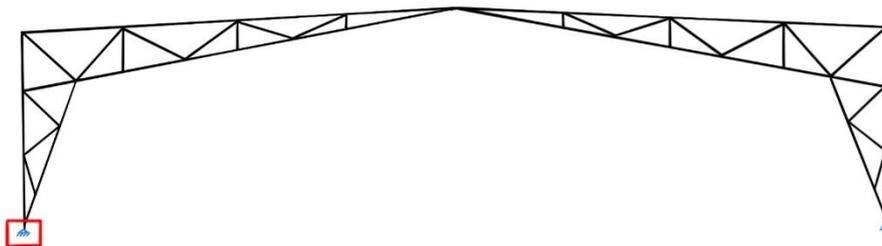


Figura 35. Placa de anclaje Tipo 2 a comprobar. Creación propia.

2.5.8.2.1 Geometría Placa de Anclaje Tipo 2

En la Figura 36 se muestra la placa de anclaje Tipo 2 de los pilares interiores. Los detalles constructivos de la placa de anclaje Tipo 2 se pueden observar en el Plano 10 (página 80).

Figura 36. Placa de anclaje Tipo 2. <https://okatent.com/fijaciones/>

2.5.8.2.2 Comprobaciones Placa de Anclaje Tipo 2

Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 350 mm Espesor: 22 mm		
-Pernos: 4Ø16 mm L=45 cm Patilla a 90 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 32 mm Calculado: 270 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 32 mm Calculado: 59 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>2 diámetros</i>	Mínimo: 32 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 45 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
-Tracción:	Máximo: 80.01 kN Calculado: 11.85 kN	Cumple
-Cortante:	Máximo: 56 kN Calculado: 45 kN	Cumple
-Tracción + Cortante:	Máximo: 80.01 kN Calculado: 76.14 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 63.92 kN Calculado: 15.2 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 500 MPa Calculado: 430.892 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 193.6 kN Calculado: 45 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 275 MPa	
-Derecha:	Calculado: 73.7581 MPa	Cumple

Referencia: -Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 350 mm Espesor: 22 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=45 cm Patilla a 90 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
Comprobación	Valores	Estado
- Izquierda:	Calculado: 73.7645 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 77.5298 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 77.5568 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 13754.6	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 13753.3	Cumple
- Arriba:	Calculado: 9968.99	Cumple
- Abajo:	Calculado: 9967.64	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 275 MPa Calculado: 46.4774 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.0578		
- Punto de tensión local máxima: (-0.076, 0.175)		

2.5.9 Cimentación

En la Figura 37 se muestra los elementos de la cimentación de los cuáles se han obtenido el listado de comprobaciones. Para la cimentación se han utilizado tres tipos de zapatas, cuadradas centradas para los pilares exteriores de los pórticos de fachada (Tipo 3) y rectangulares centradas para los pilares interiores del pórtico de fachada y para los pilares de los pórticos interiores (Tipo 1 y 2). Los elementos mencionados se relacionan entre si mediante vigas de atado.

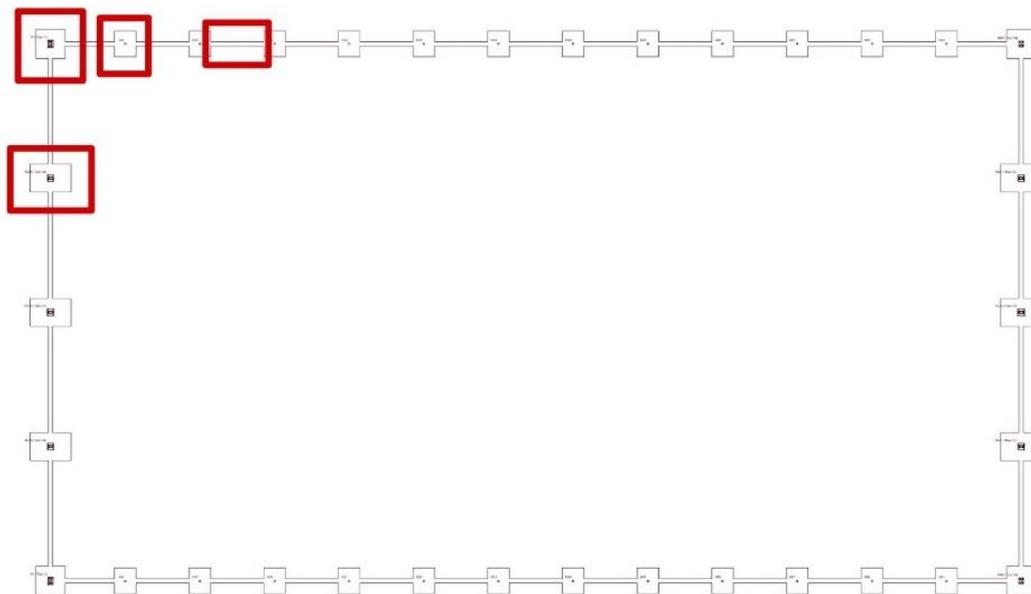


Figura 37. Elementos de la cimentación a comprobar.

2.5.9.1 Zapata Cuadrada Rectangular Tipo 1 Pilares del Pórtico Interior

2.5.9.1.1 Geometría Zapata Tipo 1

La Figura 38 muestra la geometría de la zapata Tipo 1 para los pilares del pórtico interior.

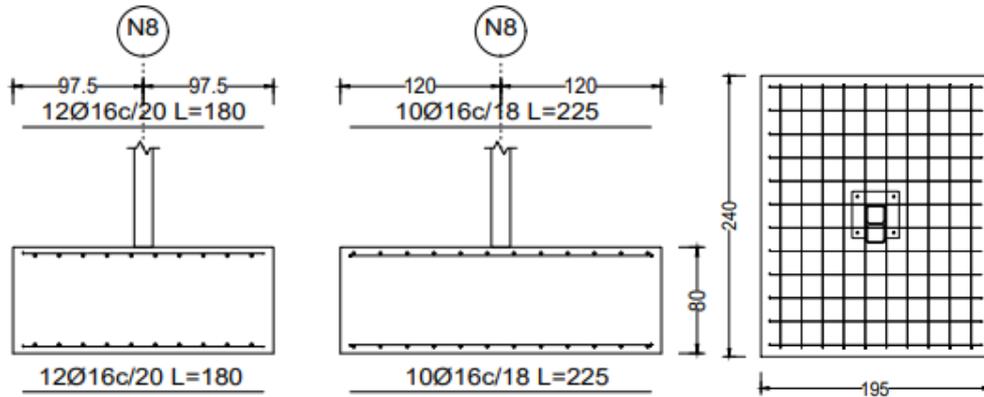


Figura 38. Geometría zapata Tipo 1. Producido por CYPE.

2.5.9.1.2 Comprobaciones Zapata Tipo 1

Referencia: N8		
Dimensiones: 195 x 240 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0493443 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0770085 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.109872 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 81.7 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 26.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 38.64 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 103.75 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 15.50 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 68.08 kN	Cumple

Referencia: N8		
Dimensiones: 195 x 240 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 419.4 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N8:	Mínimo: 0 cm Calculado: 73 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.0012	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Longitud de anclaje: 49.5		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 42 cm	Cumple

Referencia: N8		
Dimensiones: 195 x 240 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/18		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 42 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.06		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.20		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 584.77 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 475.10 kN		

2.5.9.2 Zapata Rectangular Centrada Tipo 2 Pilares Interiores del Pórtico de Fachada

2.5.9.2.1 Geometría Zapata Tipo 2

La Figura 39 muestra la geometría de la zapata Tipo 2 para los pilares interiores del pórtico de fachada.

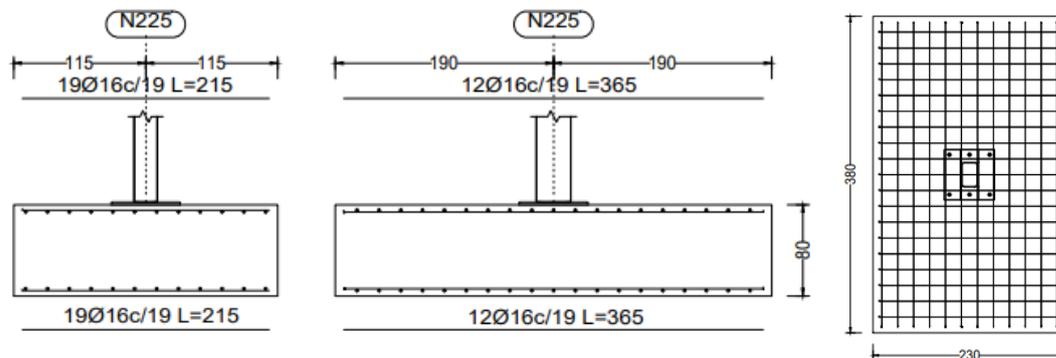


Figura 39. Geometría zapata Tipo 2. Producido por CYPE.

2.5.9.2.2 Comprobaciones Zapata Tipo 2

Referencia: N225		
Dimensiones: 230 x 380 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/19 Yi:Ø16c/19 Xs:Ø16c/19 Ys:Ø16c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0331578 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0283509 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0705339 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 1497.5 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 16.7 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 20.88 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 194.93 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 10.10 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 148.62 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 64.3 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Criterio de CYPE</i>		
	Mínimo: 15 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N225:	Mínimo: 65 cm Calculado: 73 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0012 Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple

Referencia: N225		
Dimensiones: 230 x 380 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/19 Yi:Ø16c/19 Xs:Ø16c/19 Ys:Ø16c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: 49.5		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 95 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 95 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 95 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 95 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.02		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.30		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 925.87 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 560.35 kN		

2.5.9.3 Zapata Cuadrada Centrada Tipo 3 Pilares Exteriores del Pórtico de Fachada

2.5.9.3.1 Geometría Zapata Tipo 3

La Figura 40 muestra la geometría de la zapata Tipo 3 para los pilares exteriores del pórtico de fachada.

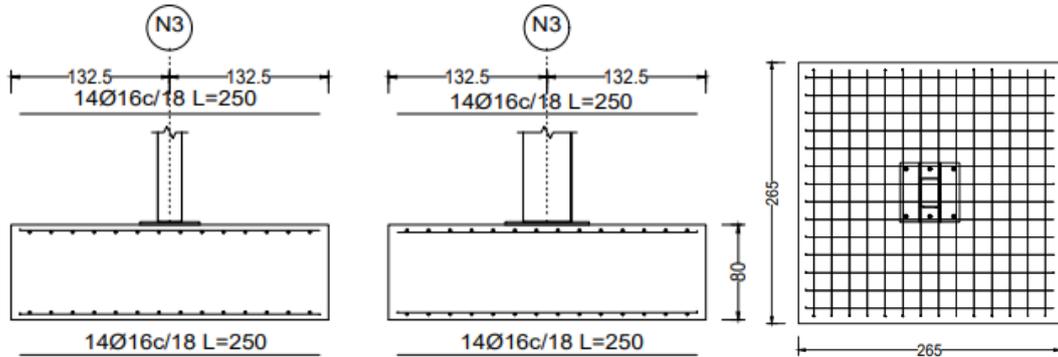


Figura 40. Geometría zapata Tipo 3. Producido por CYPE.

2.5.9.3.2 Comprobaciones Zapata Tipo 3

Referencia: N3		
Dimensiones: 265 x 265 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0308034 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0262908 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0567018 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 9.4 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 101.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 50.96 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 30.34 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 61.51 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 17.76 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 70.6 kN/m ²	Cumple

Referencia: N3		
Dimensiones: 265 x 265 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 15 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N3:	Mínimo: 50 cm Calculado: 73 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.1.1</i>	Mínimo: 0.0012	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.2.1</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Longitud de anclaje: 49.5		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 32 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 32 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 42 cm	Cumple

Referencia: N3		
Dimensiones: 265 x 265 x 80		
Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 32 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 32 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.07		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.04		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 645.69 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 645.69 kN		

2.5.9.4 Viga de Atado

2.5.9.4.1 Geometría Viga de Atado

La Figura 41 muestra la geometría de la Viga de Atado.

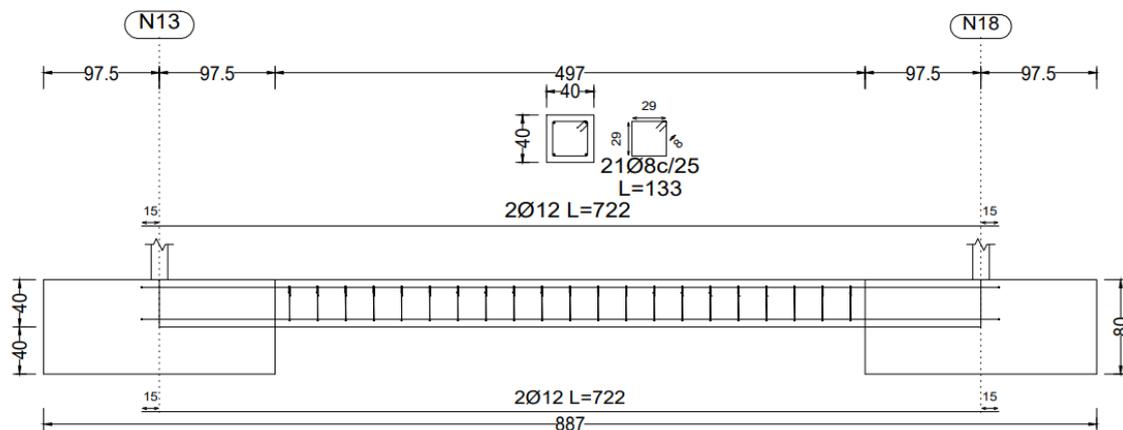


Figura 41. Geometría de la Viga de Atado. Producido por CYPE.

2.5.9.4.2 Comprobaciones Viga de Atado

Referencia: C.1.1 [N13-N18] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i>	Mínimo: 3.5 cm Calculado: 24.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.8.2 (2)</i>	Mínimo: 3.5 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos:		
- Sin cortantes: <i>Norma Código Estructural. Artículo A19.9.2.2 (6)</i>	Máximo: 25.2 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Criterio de CYPE</i>	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Norma Código Estructural. Artículo A19.9.8.3): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		

3 PRESUPUESTO



3.1 PARTIDAS

Para la redacción del presupuesto se ha consultado el *Generador de Precios de CYPE*³³ ya que contiene una gran variedad parámetros que permiten definir con exactitud las partidas deseadas que forman el presupuesto con el precio actualizado.

3.1.1 Capítulo 1. Acondicionamiento del Terreno.

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€/Ud)	Importe (€)
1.1	ADL005	m ²	Desbroce y limpieza del terreno.	4.987	1,13	5.635,31
	Desbroce y limpieza del terreno de topografía con desniveles mínimos, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm; y carga a camión. El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.					
1.2	ADE002	m ³	Excavación a cielo abierto, con medios mecánicos.	206,60	6,04	1.247,86
	Excavación a cielo abierto, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.					
1.3	ADT010	m ³	Transporte de tierras dentro de la obra.	206,60	2,40	495,84
	Transporte de tierras con dumper de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra, a una distancia menor de 0,5 km. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.					
Total						7.379,01

3.1.2 Capítulo 2. Cimentación.

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€/Ud)	Importe (€)
2.1	CRL010	m ²	Capa de hormigón de limpieza.	316,40	8,76	2.771,66
	Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/F/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.					
2.2	CSZ010	m ³	Zapata de cimentación de hormigón armado.	162	198,59	32.171,58
	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/m ³ . Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores.					
2.3	CAV010	m ³	Viga entre zapatas.	44,60	215,07	9.592,12
	Viga de atado 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 60 kg/m ³ . Incluso alambre de atar, y separadores.					
Total						44.535,37

³³ Generador de Precios de CYPE: <http://www.generadordeprecios.info/#gsc.tab=0>

3.1.3 Capítulo 3. Estructura.

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€/Ud)	Importe (€)
3.1	EAV010	kg	Acero en barras.	131.361	2,83	371.751,63
	Acero UNE-EN 10025 S275JR formadas por piezas simples de perfiles huecos de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.					
	Pilares de fachada.			8.147,37		
	Jácenas de fachada.			1.632,13		
	Cordones de los pórticos interiores.			53.700,07		
	Diagonales.			40.275,05		
	Montantes.			10.149,45		
	Tirantes Cruces de San Andrés.			1.030,09		
Bastidores.			16.426,84			
3.2	EAS006	Ud	Placa de anclaje Tipo 1.	10	336,01	3.360,10
	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigizadores y taladro central, de 650x650 mm y espesor 22 mm, y montaje sobre 6 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 32 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.					
3.3	EAS006	Ud	Placa de anclaje Tipo 2.	24	106,18	2.548,32
	Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con taladro central, de 350x350 mm y espesor 22 mm, y montaje sobre 4 pernos de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S de 16 mm de diámetro y 45 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.					
					Total	377.660,05

3.1.4 Capítulo 4. Cerramiento de Cubierta.

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€/Ud)	Importe (€)
4.1	QUO010	m ²	Cobertura de membrana de poliéster.	5.711	23,89	136.435,79
	Membrana de poliéster translúcida e ignífuga confeccionada de alta calidad, con gran resistencia al exterior, la tensión y el desgarro. Capacidad para soportar hasta 23kg/m ² de nieve o peso, lacado a dos caras 0,43 mm y un peso de 250 gr/m ² .					
					Total	136.435,79

3.1.5 Capítulo 5. Cerramientos de Fachadas y Particiones.

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€/Ud)	Importe (€)
5.1	FPP030	m ²	Fachada pesada de paneles alveolares prefabricados de hormigón pretensado.	1.351,70	23,08	31.197,236
	Cerramiento de fachada formado por paneles alveolares prefabricados de hormigón pretensado, de 16 cm de espesor, 1,2 m de anchura y 9 m de longitud máxima, acabado liso, de color gris, dispuestos en posición horizontal.					
5.2	FUD020	Ud	Partición acristalada fija, sin perfiles verticales.	105	773,97	81.266,85
	Partición acristalada fija, sin perfiles verticales, de 500 cm de anchura y 250 cm de altura total, formada por: perfiles de aluminio lacado color blanco y vidrio laminar de seguridad, 4+4 mm, incoloro, clasificación de prestaciones 2B2, según UNE-EN 12600.					
5.3	FFF010	m ²	Fachada de una hoja, de fábrica de ladrillo cerámico para revestir.	579,30	42	24.261,084
	Fachada de una hoja, de 11,5 cm de espesor, de fábrica de ladrillo cerámico perforado (panal), para revestir, 24x11,5x9 cm, con juntas horizontales y verticales de 10 mm de espesor, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel. Dintel de fábrica para revestir sobre perfil laminado. Revestimiento de los frentes de forjado con piezas cerámicas y de los frentes de pilares con ladrillos cortados, colocados con el mismo mortero utilizado en el recibido de la fábrica.					
5.4	RAC040	m ²	Revestimiento exterior con piezas de gres porcelánico esmaltado.	579,30	64,69 €	37.474,917
	Revestimiento exterior con piezas mecanizadas de gres porcelánico esmaltado, acabado pulido, de 300x300x10 mm, gama básica, capacidad de absorción de agua E<0,5%, grupo BIa, según UNE-EN 14411. SOPORTE: paramento de mortero de cemento, vertical. COLOCACIÓN: en capa fina mediante doble encolado con adhesivo cementoso mejorado, C2 TE S1, según UNE-EN 12004, deformable, con deslizamiento reducido y tiempo abierto ampliado y grapas de anclaje intermedias en forma de omega y en el arranque de 10 mm de anchura, de acero inoxidable AISI 316, acabado natural, para sistema de fijación oculta. REJUNTADO: con mortero de juntas cementoso mejorado, con absorción de agua reducida y resistencia elevada a la abrasión tipo CG 2 W A, color blanco, en juntas de 8 mm de espesor. Incluso crucetas de PVC.					
Total						174.200,09

3.1.6 Capítulo 6. Solado.

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€/Ud)	Importe (€)
6.1	ANS010	m ²	Solera de hormigón.	4.500	17,29	77.805
	Solera de hormigón con adición de fibras de 10 cm de espesor, realizada con hormigón HM-20/B/20/X0 fabricado en central y vertido desde camión con un contenido de fibras sin función estructural, fibras de vidrio resistentes a los álcalis (AR) de 2 kg/m ³ , extendido y vibrado manual mediante regla vibrante, sin tratamiento de su superficie; con juntas de retracción de 5 mm de espesor, mediante corte con disco de diamante. Incluso panel de poliestireno expandido de 3 cm de espesor, para la ejecución de juntas de dilatación.					
6.2	UXS010	m ²	Pavimento de césped sintético.	1.600	23,07	36.912
	Césped sintético, compuesto de mechones rectos de 1/8" de fibra 100% polipropileno, prefibrilado, resistente a los rayos UV, 2200 decitex, tejidos sobre base de polipropileno drenante, con termofijado y sellado con caucho SBR, 7 mm de altura de pelo, 9 mm de altura total de moqueta, 1402 g/m ² y 88.200 mechones/m ² .					
Total						114.717,00

3.1.7 Capítulo 7. Carpintería, Cerrajería y Vidrios.

Nº	Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€/Ud)	Importe (€)
7.1	LBL020	Ud	Puerta corredera automática, de aluminio y vidrio.	3	2.255,25	6.765,75
	Puerta corredera automática, de aluminio y vidrio, para acceso peatonal, con sistema de apertura lateral, de una hoja deslizante de 100x210 cm y una hoja fija de 120x210 cm, compuesta por: cajón superior con mecanismos, equipo de motorización y batería de emergencia para apertura y cierre automático en caso de corte del suministro eléctrico, de aluminio lacado, color blanco, dos detectores de presencia por radiofrecuencia, célula fotoeléctrica de seguridad y panel de control con cuatro modos de funcionamiento seleccionables.					
7.2	LVP010	m ²	Luna de vidrio simple.	204	26,94	5.495,76
	Luna incolora, de 4 mm de espesor, fijada sobre carpintería con acañado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora (no acrílica), compatible con el material soporte.					
Total						12.261,51

3.2 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Resumen	Importe (€)
Capítulo 1. Acondicionamiento del Terreno.	7.379,01
1.1 Desbroce y limpieza del terreno.	5.635,31
1.2 Excavación a cielo abierto, con medios mecánicos.	1.247,86
1.3 Transporte de tierras dentro de la obra.	495,84
Capítulo 2. Cimentación.	44.535,36
2.1 Capa de hormigón de limpieza.	2.771,66
2.2 Zapata de cimentación de hormigón armado.	32.171,58
2.3 Viga entre zapatas.	9.592,12
Capítulo 3. Estructura.	377.660,05
3.1 Acero en barras.	371.751,63
3.2 Placa de anclaje Tipo 1.	3.360,10
3.3 Placa de anclaje Tipo 2.	2.548,32
Capítulo 4. Cerramiento de Cubierta.	136.435,79
4.1 Cobertura de membrana de poliéster.	136.435,79
Capítulo 5. Cerramientos de Fachadas y Particiones.	174.200,09
5.1 Fachada pesada de paneles alveolares prefabricados de hormigón pretensado.	31.197,23
5.2 Partición acristalada fija, sin perfiles verticales.	81.266,85
5.3 Fachada de una hoja, de fábrica de ladrillo cerámico para revestir.	24.261,08
5.4 Revestimiento exterior con piezas de gres porcelánico esmaltado.	37.474,91
Capítulo 6. Solado.	114.717
6.1 Solera de hormigón.	77.805
6.2 Pavimento de césped sintético.	36.912
Capítulo 7. Carpintería, Cerrajería y Vidrios.	12.261,51
7.1 Puerta corredera automática, de aluminio y vidrio.	6.765,75
7.2 Luna de vidrio simple.	5.495,76
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (P.E.M)	867.188,81
13% Gastos Generales.	112.734,54
6% Beneficio Industrial.	52.031,32
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (P.E.C)	1.031.954,69
21% IVA	216.710,48
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	1.248.665,17

- El Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M) asciende a **OCHOCIENTOS SESENTA Y SIETE MIL CIENTO OCHENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS.**
- El Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C) asciende a **UN MILLÓN TREINTA Y UN MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS.**
- El Presupuesto Base de Licitación asciende a **UN MILLÓN DOSCIENTOS CUARENTA Y OCHO MIL SEISCIENTOS SESENTA Y CINCO EUROS CON DIECISIETE CÉNTIMOS.**

La Figura 42 muestra la distribución del coste de los distintos capítulos que forman el Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M) del proyecto.

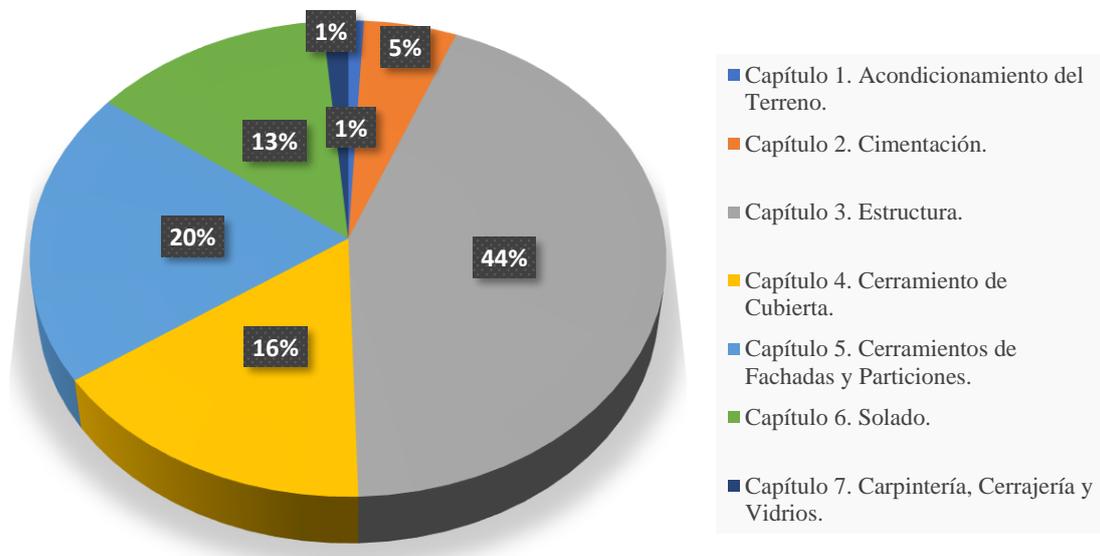


Figura 42. Distribución del coste de los Capítulos del P.E.M.

4 PLANOS



- 4.1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
- 4.2 REPLANTEO
- 4.3 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA
- 4.4 VISTA 3D DEL EDIFICIO
- 4.5 VISTAS DE LOS CERRAMIENTOS
- 4.6 MODELO 3D DE LA ESTRUCTURA
- 4.7 CIMENTACIÓN
- 4.8 DETALLES DE LA CIMENTACIÓN
- 4.9 PÓRTICO DE FACHADA (ALINEACIONES A Y N)
- 4.10 PÓRTICO INTERIOR (ALINEACIONES B-M)
- 4.11 FACHADA LATERAL (ALINEACIONES 1 Y 5)
- 4.12 PLANO INTERIOR (ALINEACIONES 2 Y 4)
- 4.13 NIVEL DE CUBIERTA



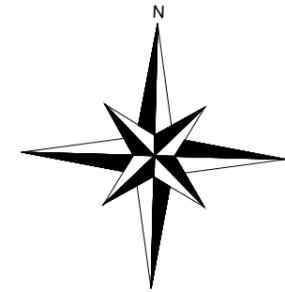


Manises (Valencia)

Escala 1:5000



Escala 1:2000



Nota: Cotas en metros

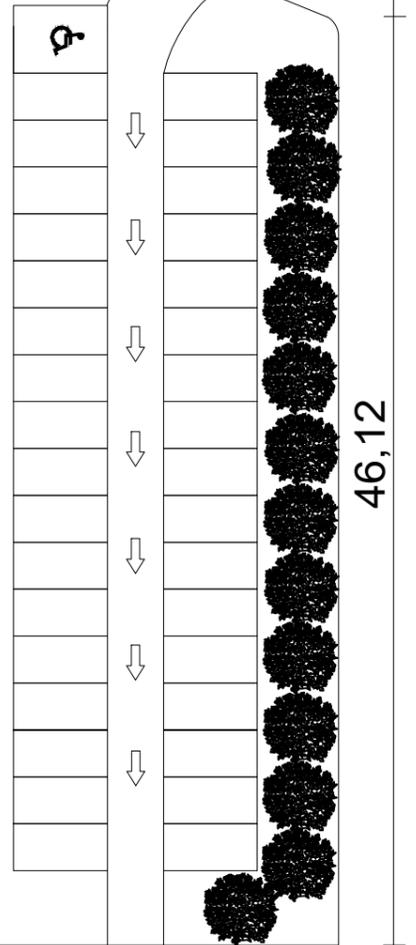
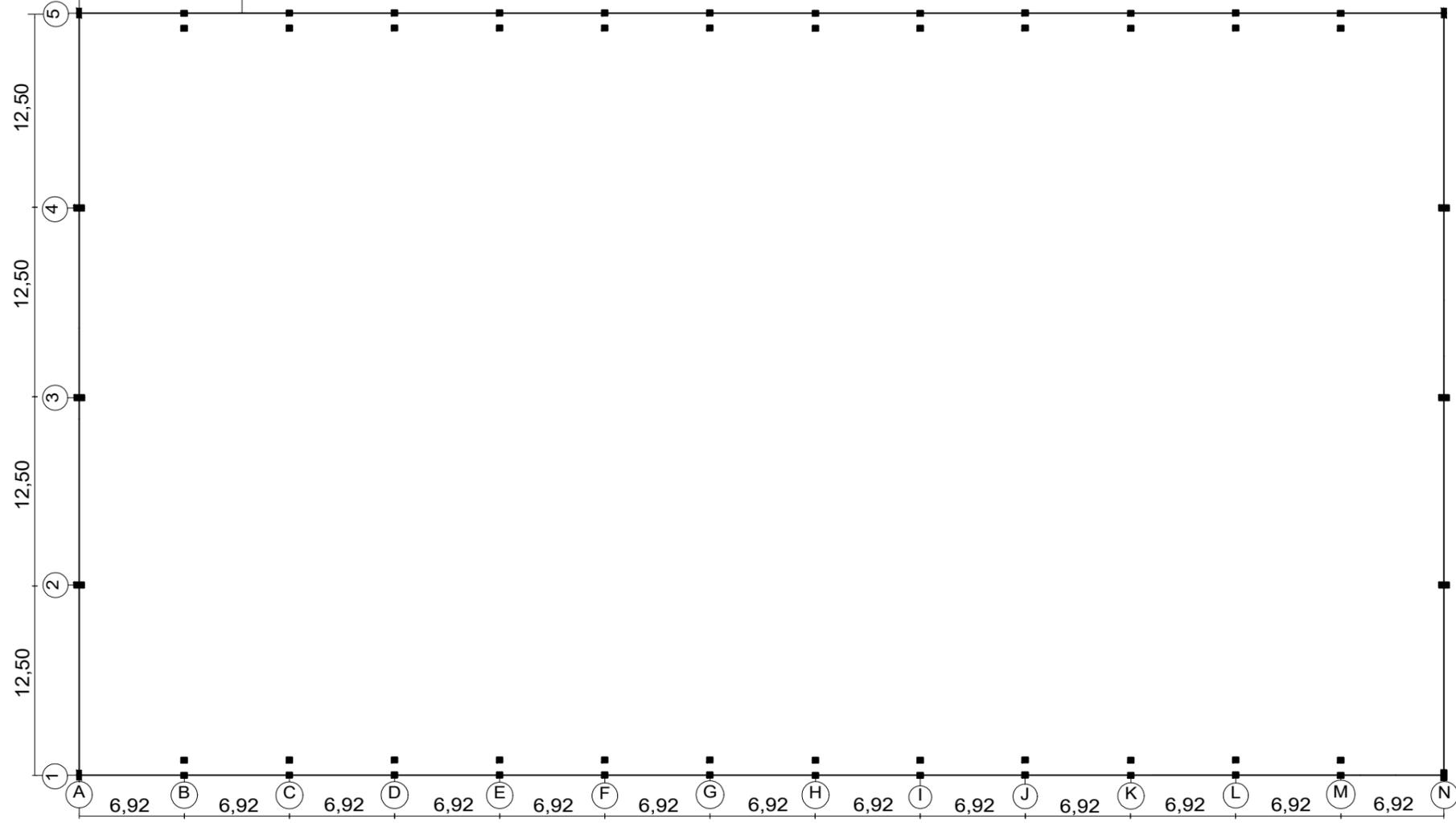
120,02

17,25

9,70

14,75

16,71



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN RECINTO DEPORTIVO DE PÁDEL DE 4.500 m² DE SUPERFICIE SITUADO EN MANISES

Plano: REPLANTEO

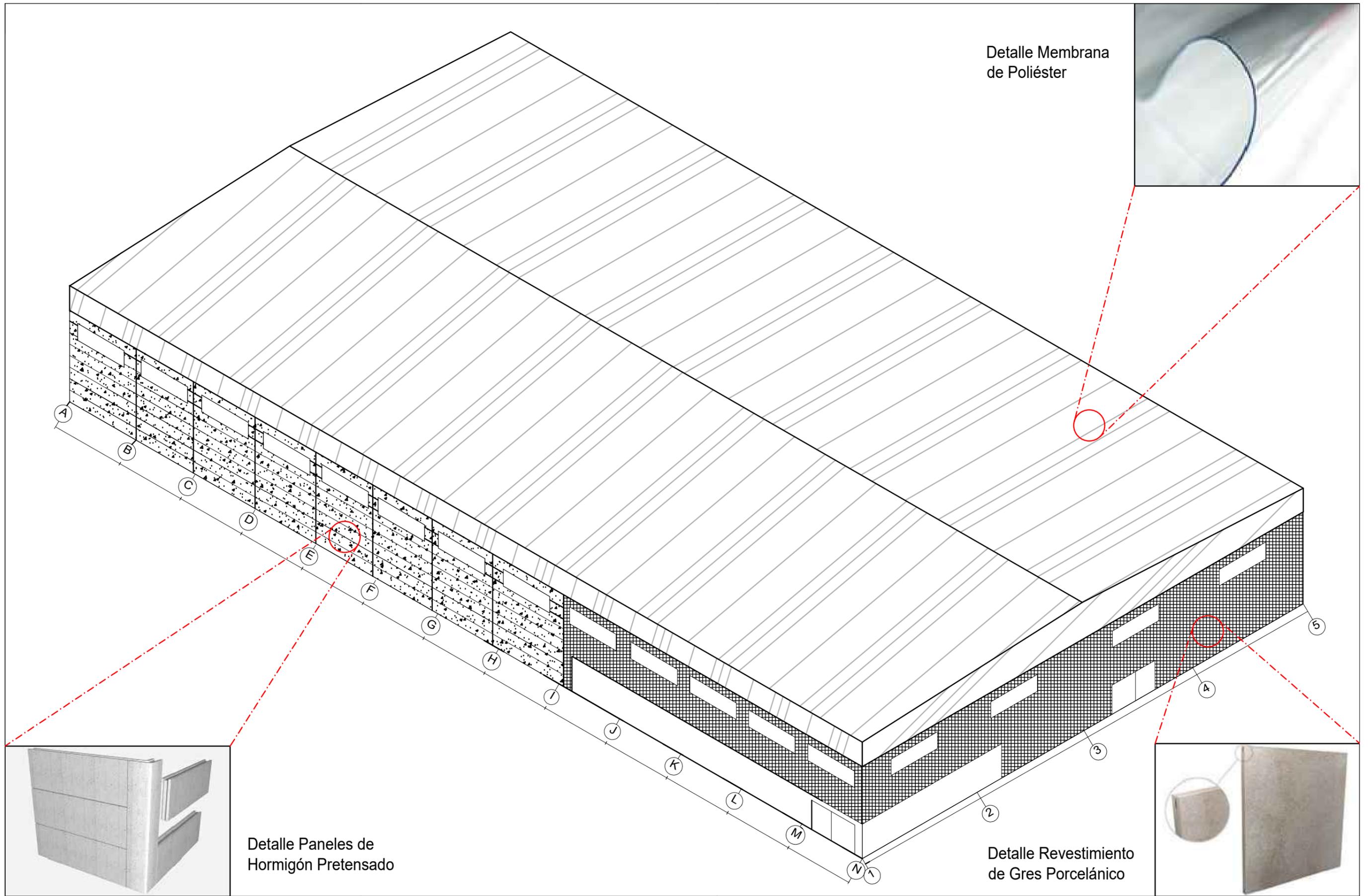
Autor: José Antonio Gómez Fernández

Fecha: Septiembre 2023

Escala: 1:500

Nº Plano:

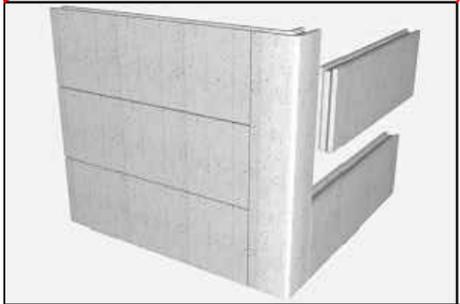
02



Detalle Membrana de Poliéster



Detalle Paneles de Hormigón Pretensado

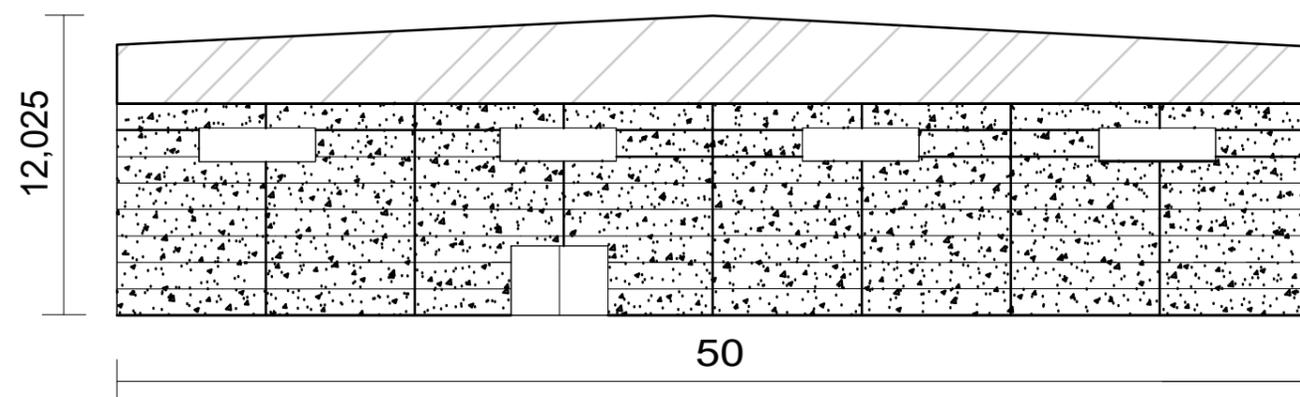


Detalle Revestimiento de Gres Porcelánico

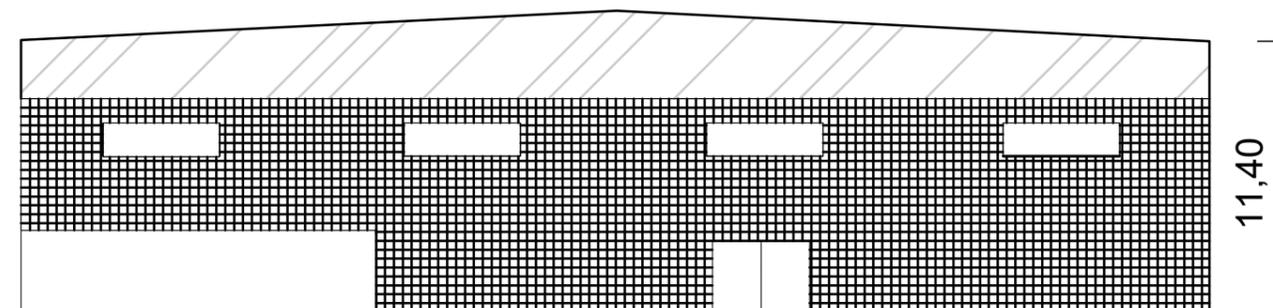


Nota: Cotas en metros

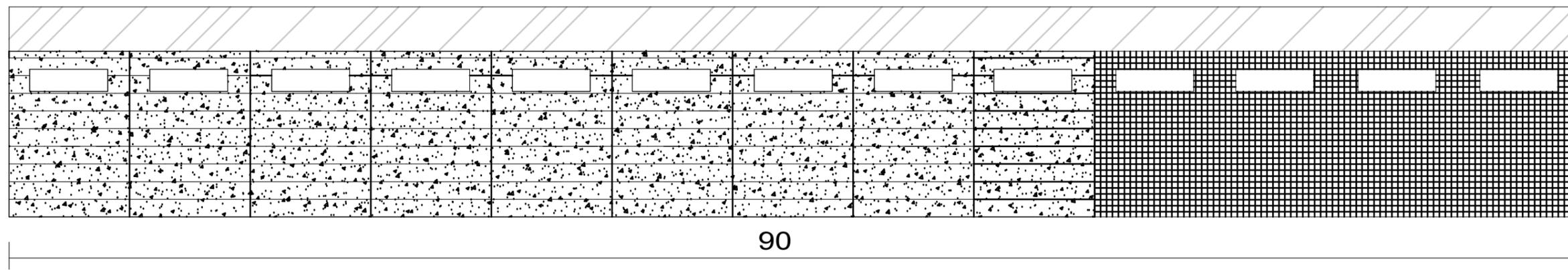
Fachada - Alineación A



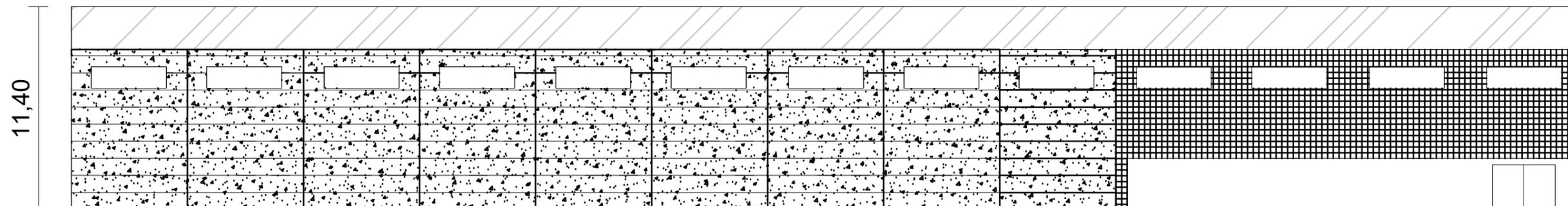
Fachada - Alineación N



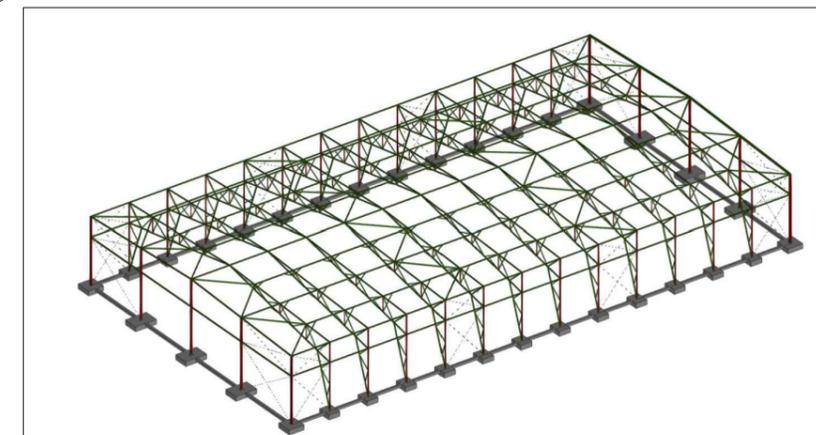
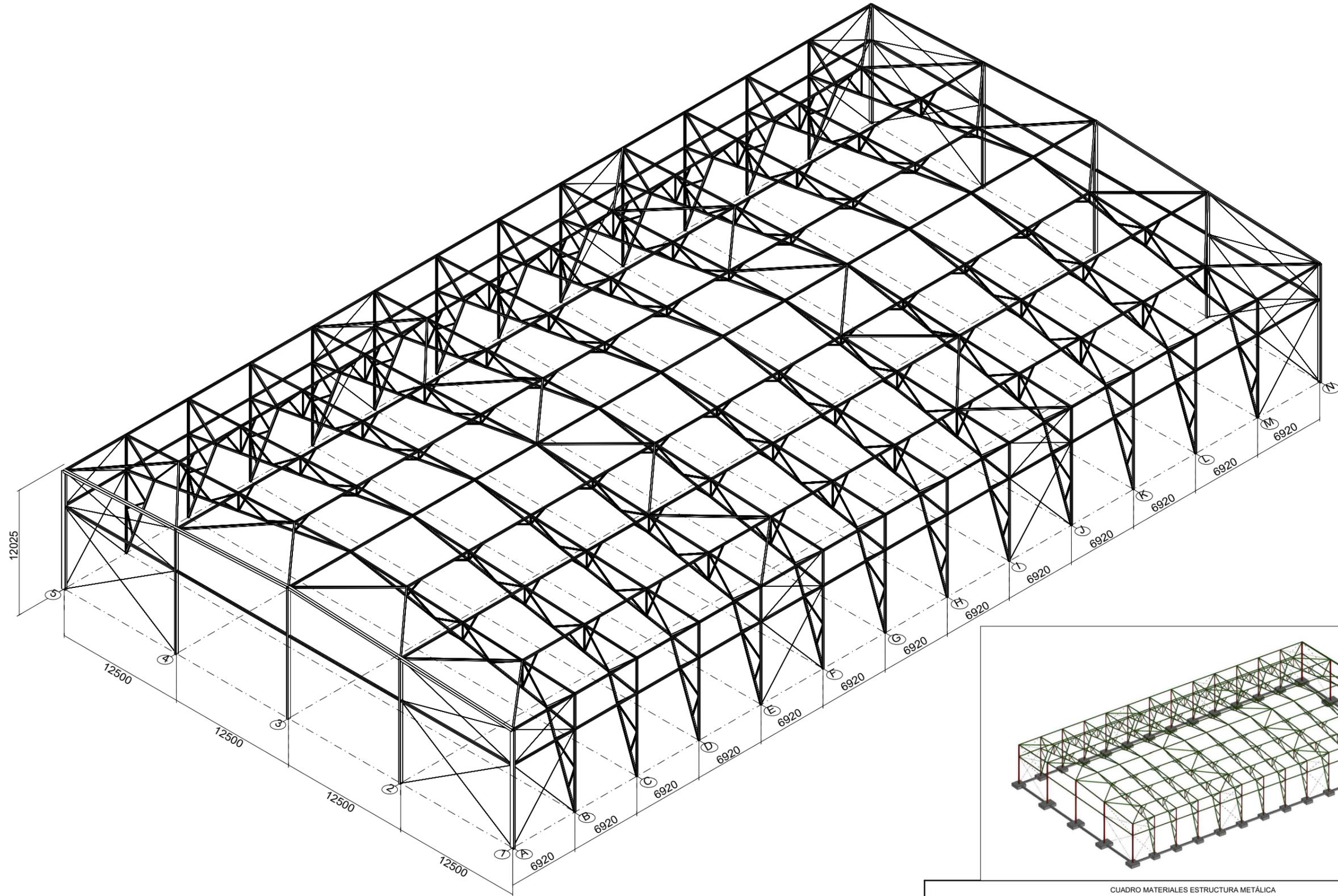
Fachada Lateral - Alineación 5



Fachada Lateral - Alineación 1



Nota: Cotas en milímetros



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA			
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)	γ_{M0}	γ_{M1}	
Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$	

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN RECINTO DEPORTIVO DE PÁDEL DE 4.500 m² DE SUPERFICIE SITUADO EN MANISES

Plano: MODELO 3D DE LA ESTRUCTURA

Autor: José Antonio Gómez Fernández

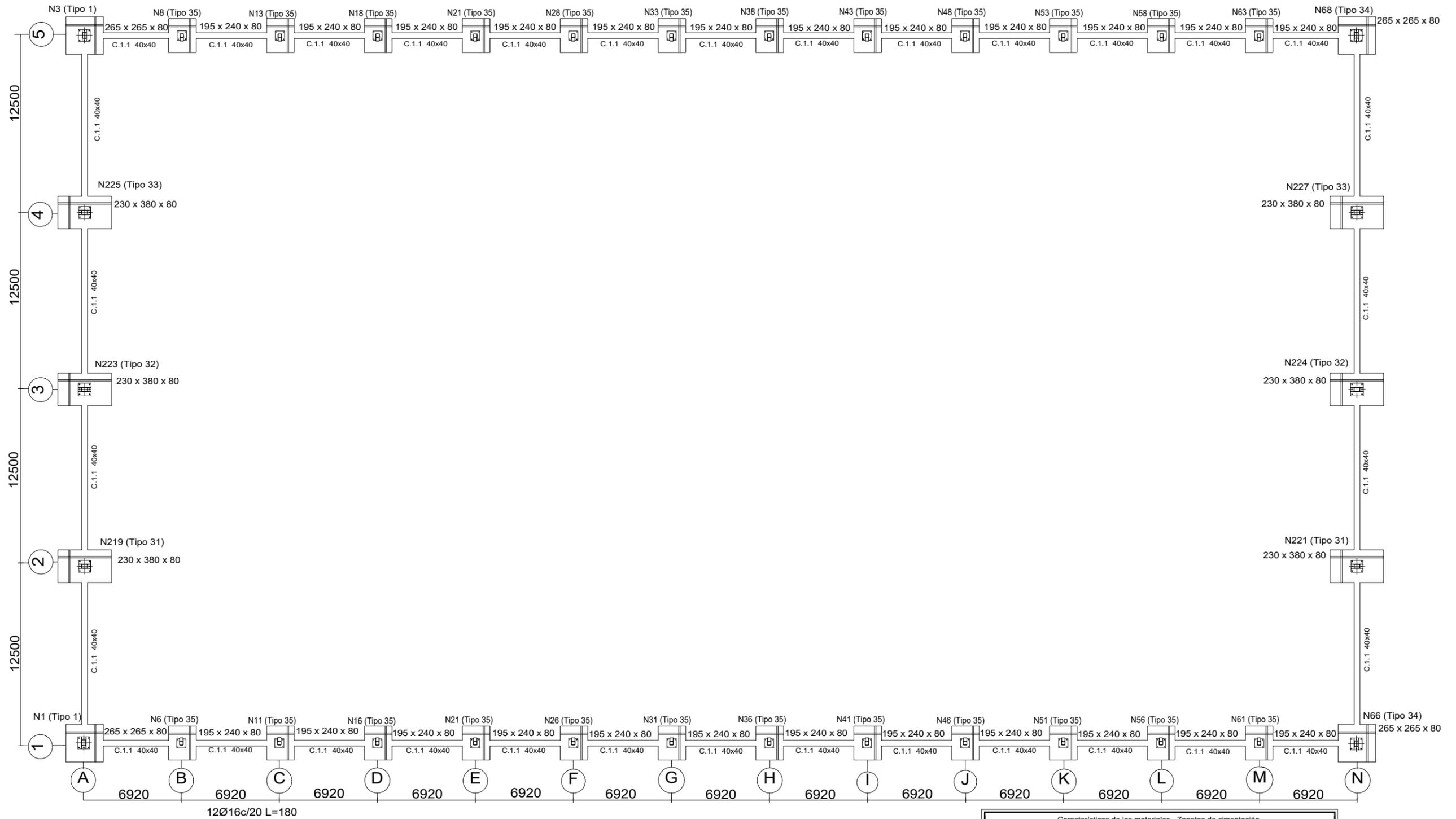
Fecha: Septiembre 2023

Escala: Sin escala

Nº Plano:

06

Nota: Cotas en milímetros



CUADRO DE ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN						
Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y	Armado sup. X	Armado sup. Y
N1, N3, N66 y N68	265x265	80	14Ø16c/18	14Ø16c/18	14Ø16c/18	14Ø16c/18
N6, N8, N11, N13, N16, N18, N21, N23, N26, N28, N31, N33, N36, N38, N41, N43, N46, N48, N51, N53, N56, N58, N61 y N63	195x240	80	12Ø16c/20	10Ø16c/18	12Ø16c/20	10Ø16c/18
N219, N221, N223, N224, N225 y N227	230x380	80	19Ø16c/19	12Ø16c/19	19Ø16c/19	12Ø16c/19

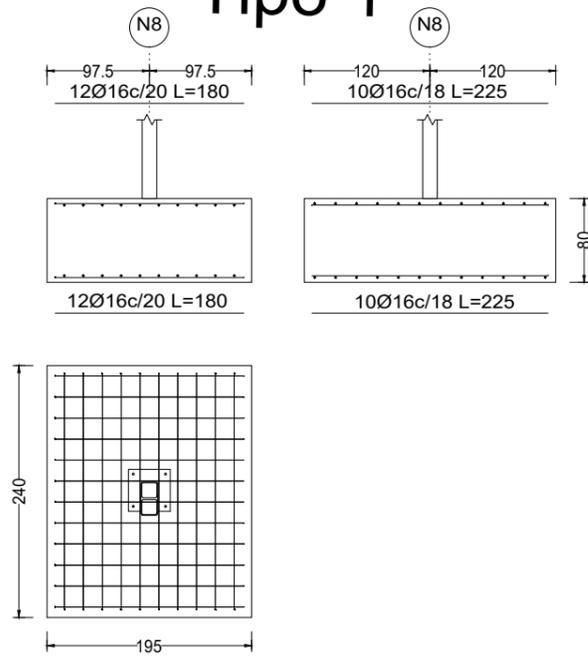
Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N3 y N1	6 Pernos Ø 32	Placa base (500x700x25)
N8, N13, N18, N23, N28, N33, N38, N43, N48, N53, N58, N63, N61, N56, N51, N46, N41, N36, N31, N26, N21, N16, N11 y N6	4 Pernos Ø 16	Placa base (350x350x22)
N68 y N66	4 Pernos Ø 25	Placa base (450x550x22)
N225, N219, N227 y N221	6 Pernos Ø 25	Placa base (600x600x22)
N223 y N224	6 Pernos Ø 32	Placa base (650x650x22)



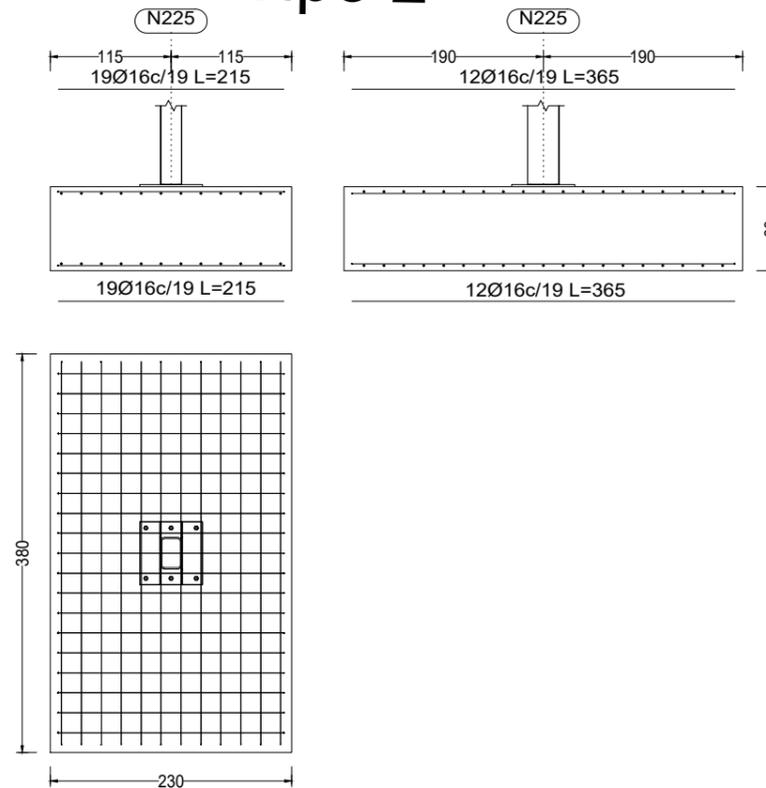
Características de los materiales - Zapatas de cimentación									
Materiales	Hormigón					Acero			
	Control		Características			Control		Características	
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	
Zapatas	Estático	γ = 1.50	HA-25/F/20/XC2	Plástica a blandura (9-15 cm)	2000 mm	Normal	γ = 1.15	B500S	
Vigas de atado	Estático	γ = 1.50	HA-25/F/20/XC2	Plástica a blandura (9-15 cm)	2000 mm	Normal	γ = 1.15	B500S	
Ejecución (Acciones)	Normal	γ = 1.35 γ = 1.50	Adaptado a la Instrucción CTE DB-Cimentes						
Exposición/ambiente	Terreno	Terreno protegido u hormigón de limpieza			X0	XC1	XC2	XC3	
Recubrimientos nominales (mm)	80	Ver Exposición/Ambiente			30	35	35	35	

Nota: Cotas en milímetros

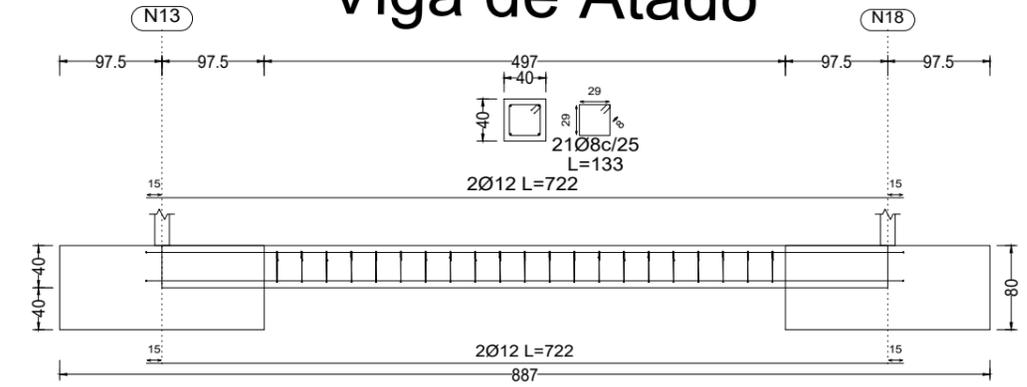
Tipo 1



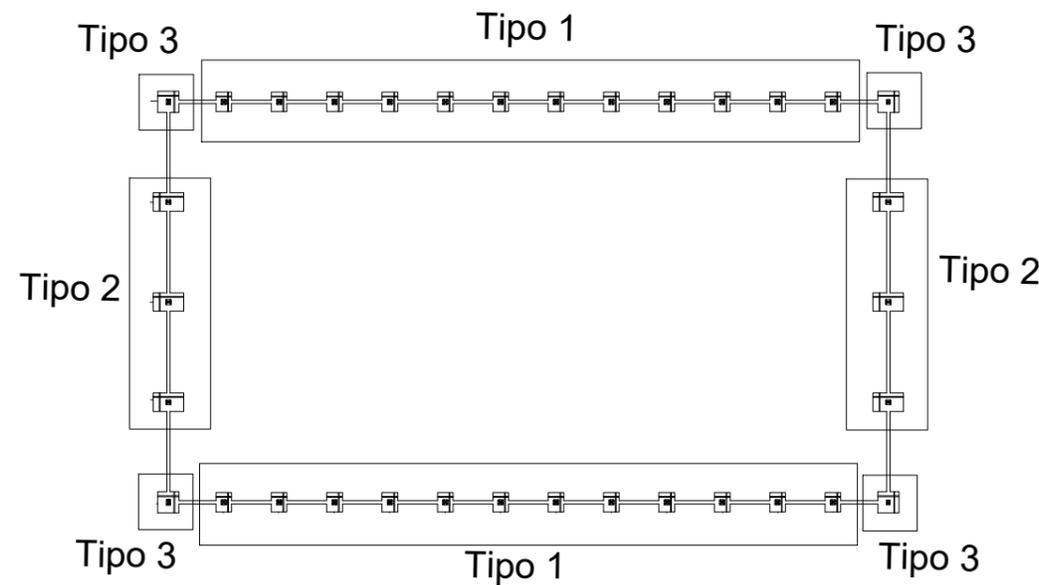
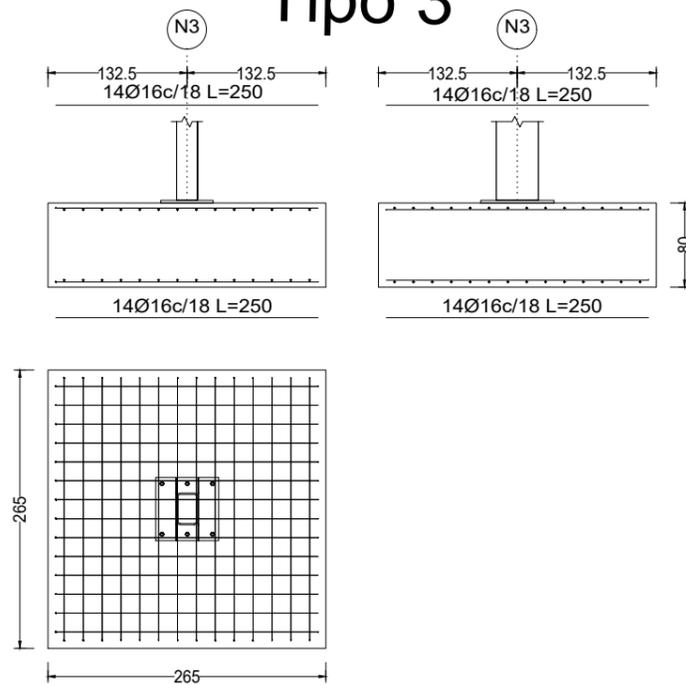
Tipo 2



Viga de Atado



Tipo 3



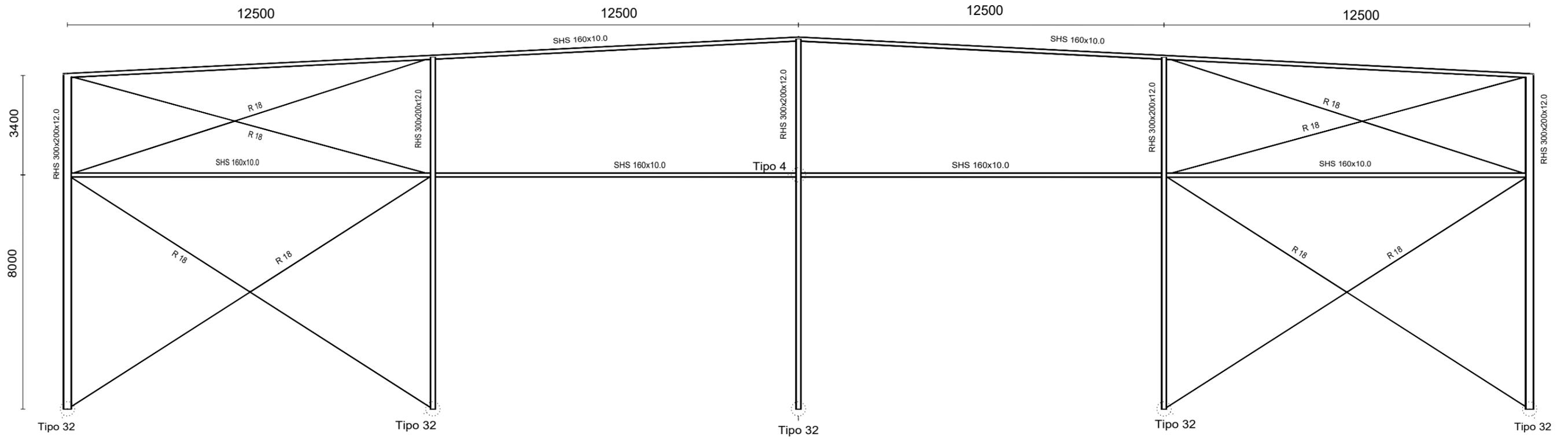
Características de los materiales - Zapatas de cimentación								
Materiales	Hormigón				Acero			
	Control		Características		Control		Características	
Elemento Zona/Planta	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. árido	Nivel Control	Coef. Ponde.	Tipo
Zapatas	Estadístico	$\gamma_c=1.50$	HA-25/F/20/XC2	Plástica a blanda (9-15 cm)	20/30 mm	Normal	$\gamma_s=1.15$	B500S
Vigas de atado	Estadístico	$\gamma_c=1.50$	HA-25/F/20/XC2	Plástica a blanda (9-15 cm)	20/30 mm	Normal	$\gamma_s=1.15$	B500S
Ejecución (Acciones)	Normal	$\gamma_G=1.35$ $\gamma_Q=1.50$	Adaptado a la Instrucción CTE DB-Cimientos					
Exposición/ambiente	Terreno	Terreno protegido u hormigón de limpieza			X0	XC1	XC2	XC3
Recubrimientos nominales (mm)	80	Ver Exposición/Ambiente			30	35	35	35

Notas

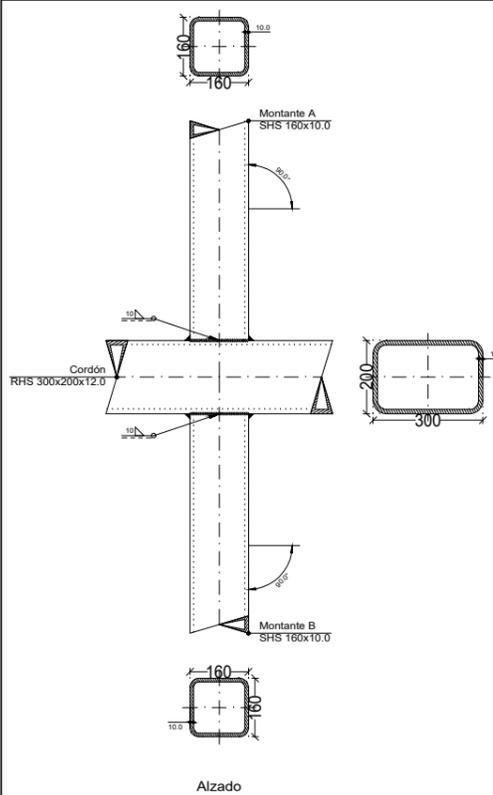
- Control Estadístico en Código Estructural (CodE21)
- Solapes según CodE21
- El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido: Sello CIETSID, CC-EHE, ...

Datos geotécnicos	Recubrimientos nominales
- Tensión admisible del terreno considerada = 0.20 MPa (2.00 Kg/cm ²)	

Nota: Cotas en milímetros



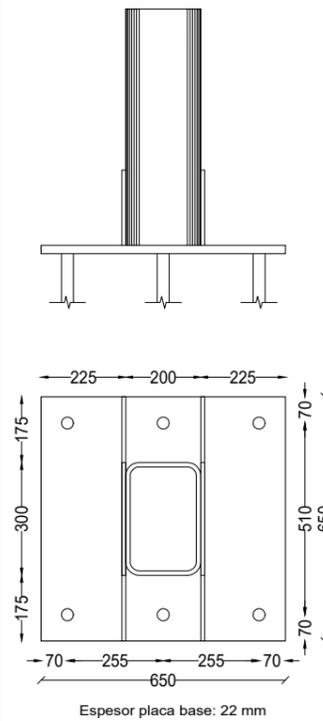
Tipo 4



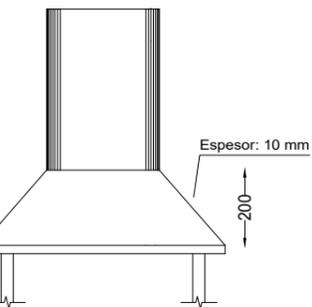
Alzado

Tipo 32
Dimensiones Placa = 650x650x22 mm (S275 (UNE-EN 10025-2))
Pernos = 6Ø32 mm, B 500 S, Ys = 1.15

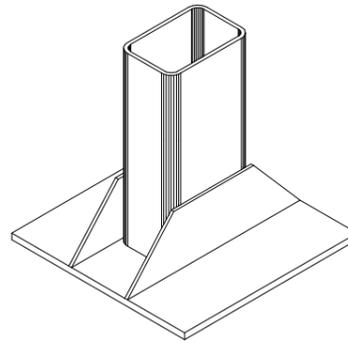
Escala 1 : 20



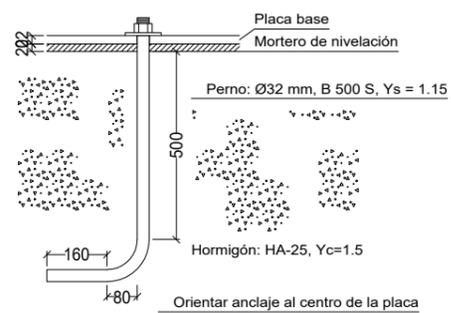
Esesor placa base: 22 mm



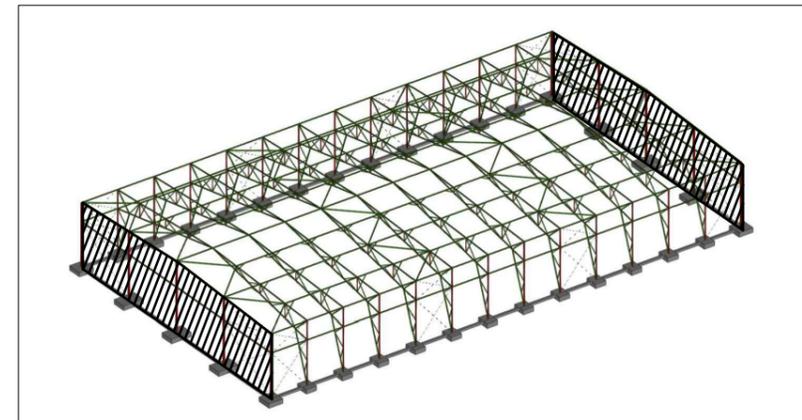
Esesor: 10 mm



Detalle Anclaje Perno



Orientar anclaje al centro de la placa



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN RECINTO DEPORTIVO DE PÁDEL DE 4.500 m² DE SUPERFICIE SITUADO EN MANISES

Plano: PÓRTICO DE FACHADA (ALINEACIONES A Y N)

Autor: José Antonio Gómez Fernández

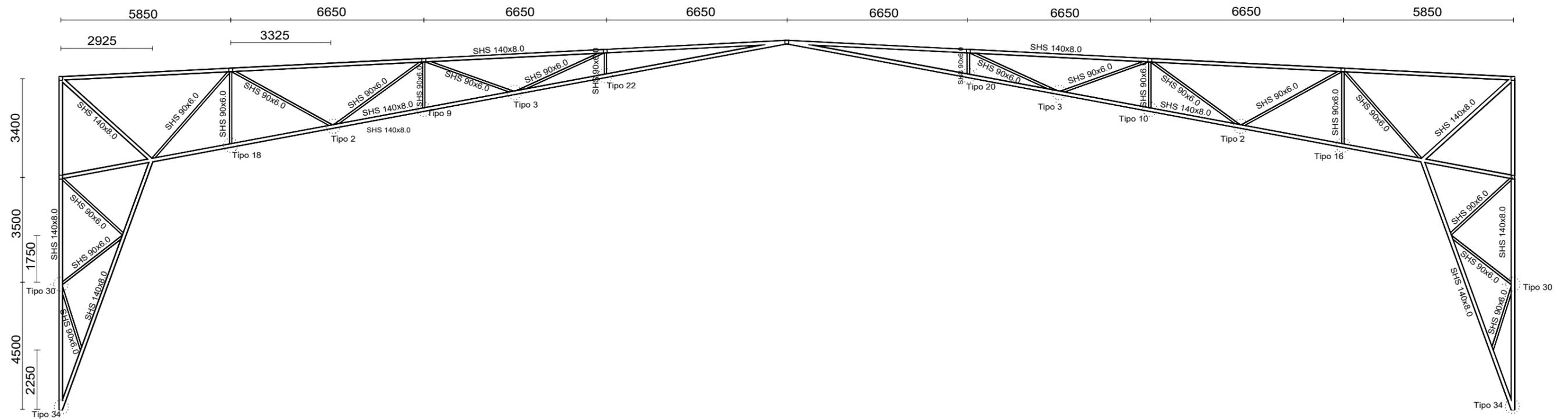
Fecha: Septiembre 2023

Escala: 1:200

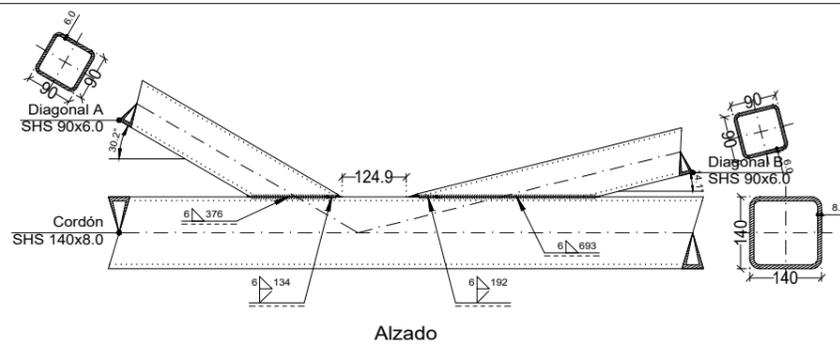
Nº Plano:

09

Nota: Cotas en milímetros

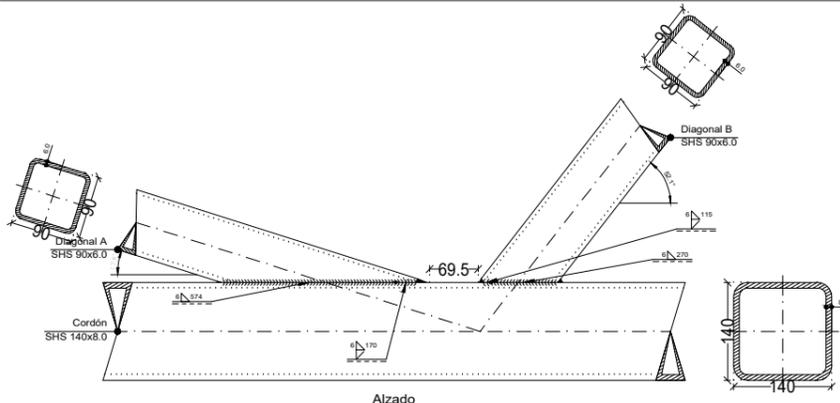


Tipo 3



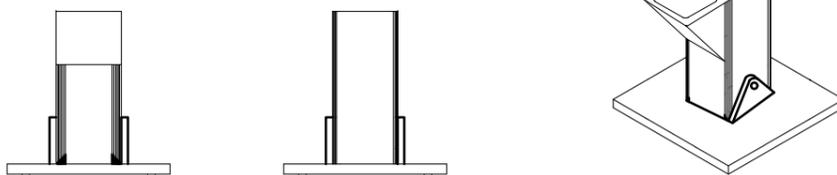
Alzado

Tipo 30

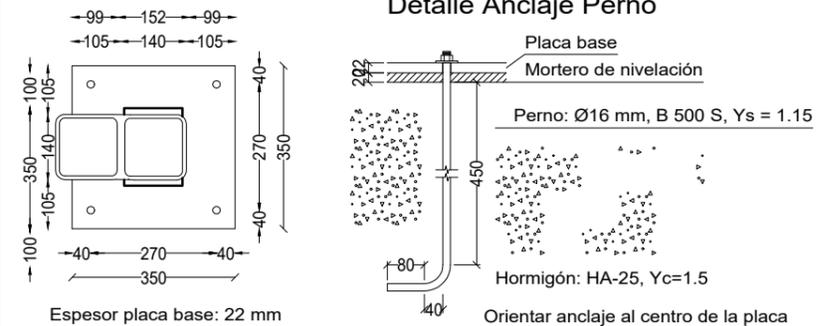


Alzado

Tipo 34
Dimensiones Placa = 350x350x22 mm (S275 (UNE-EN 10025-2))
Pernos = 4Ø16 mm, B 500 S, Ys = 1.15
Escala 1 : 20

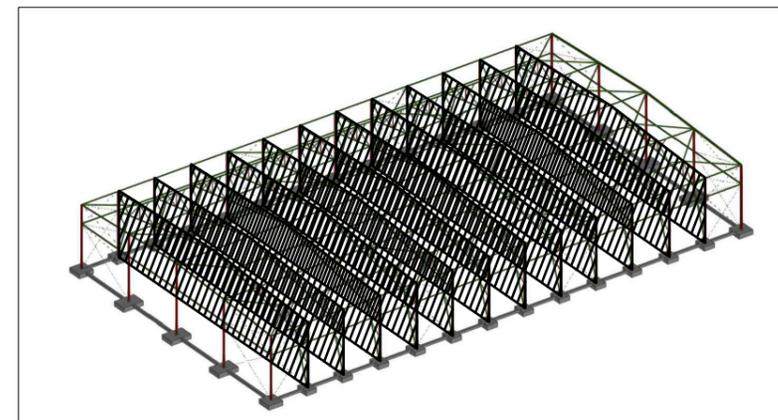


Detalle Anclaje Perno



Espesor placa base: 22 mm

Orientar anclaje al centro de la placa



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)	γ _{M0}	γ _{M1}
Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ²	γ _{M0} =1,05	γ _{M1} =1,05

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN RECINTO DEPORTIVO DE PÁDEL DE 4.500 m² DE SUPERFICIE SITUADO EN MANISES

Plano: PÓRTICO INTERIOR (ALINEACIONES B-M)

Autor: José Antonio Gómez Fernández

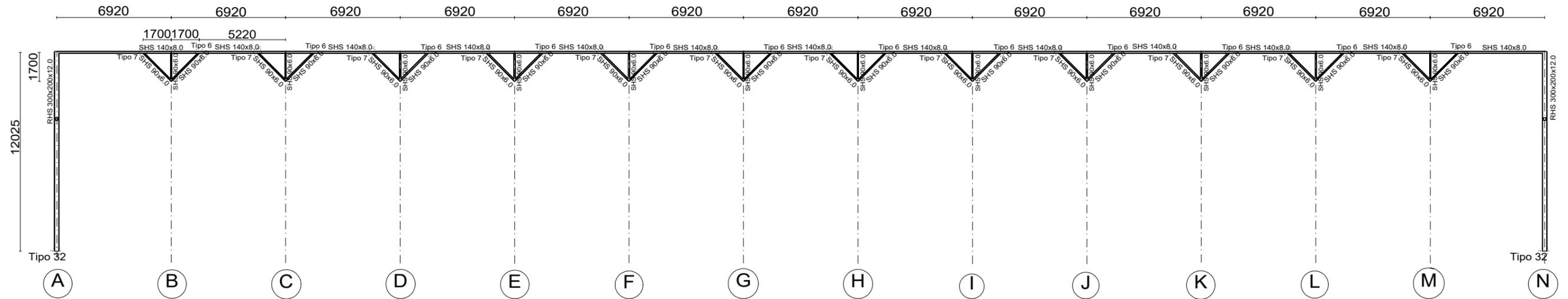
Fecha: Septiembre 2023

Escala: 1:200

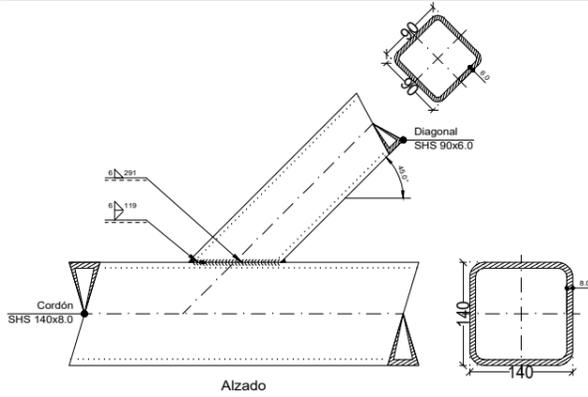
Nº Plano:

10

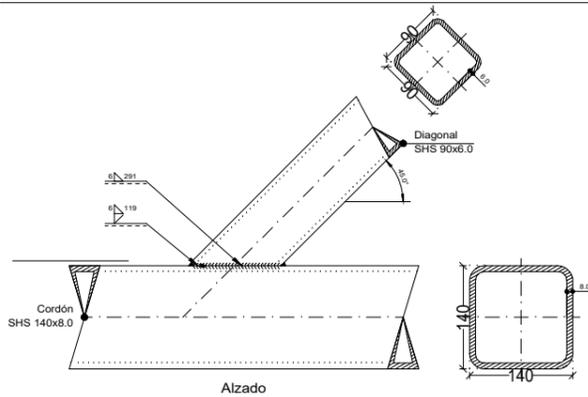
Nota: Cotas en milímetros



Tipo 7

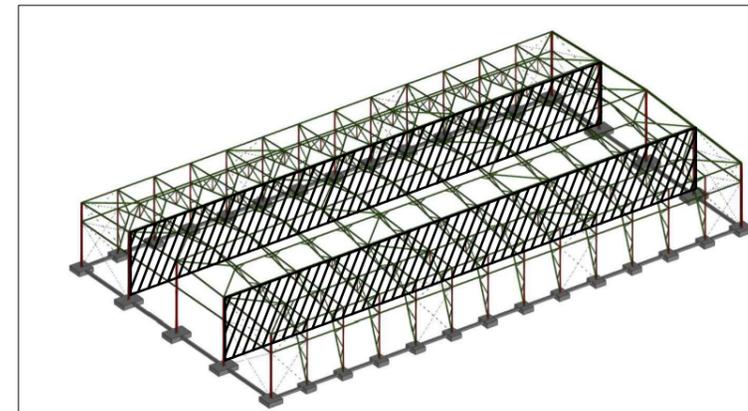
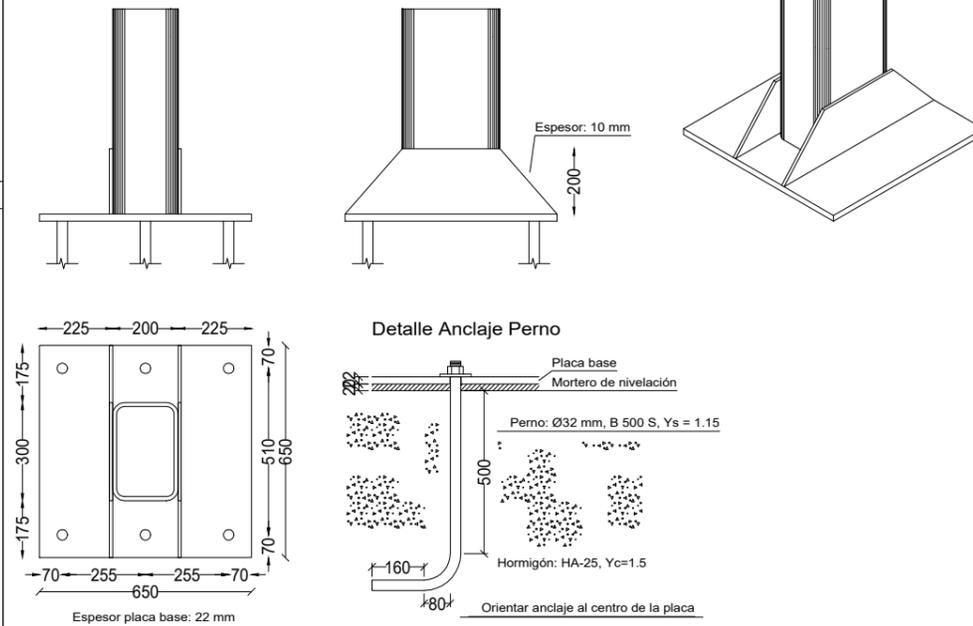


Tipo 6



Tipo 32
Dimensiones Placa = 650x650x22 mm (S275 (UNE-EN 10025-2))
Pernos = 6Ø32 mm, B 500 S, Ys = 1.15

Escala 1 : 20



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA

ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (CE Capítulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN RECINTO DEPORTIVO DE PÁDEL DE 4.500 m² DE SUPERFICIE SITUADO EN MANISES**

Plano: **PLANO INTERIOR (ALINEACIONES 2 Y 4)**

Autor: **José Antonio Gómez Fernández**

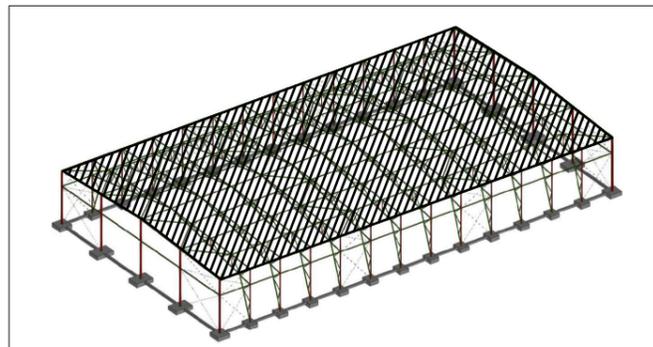
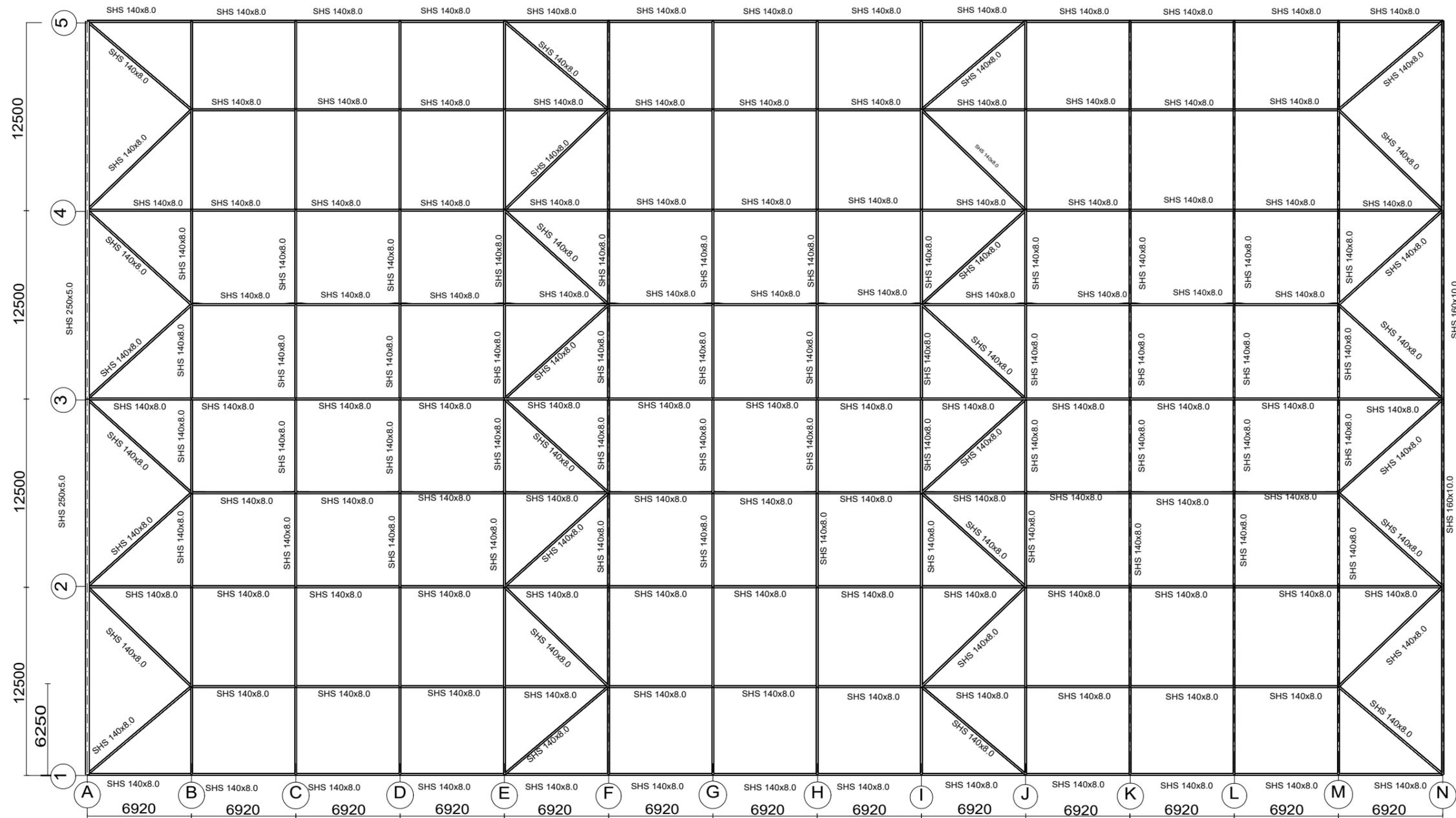
Fecha: **Septiembre 2023**

Escala: **1:250**

Nº Plano:

12

Nota: Cotas en milímetros



CUADRO MATERIALES ESTRUCTURA METÁLICA		
ACERO EN ESTRUCTURA METÁLICA (CE Capitulo 18, Artículo 83,Tabla 83.1.d)	γ_{M0}	γ_{M1}
Perfiles laminados en caliente S 275 - L.E. 275 N/mm ²	$\gamma_{M0}=1,05$	$\gamma_{M1}=1,05$