



Universidad de Valladolid



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Grado en Ingeniería Mecánica

**CALCULO DE ESTRUCTURA DE
POLIDEPORTIVO Y FRONTON ANEXO CON
PERFILES
TUBULARES DE ACERO**

Autor:
DE LA PEÑA REVILLA, NURIA

Tutor: ALONSO ÁLVAREZ, JOSÉ FRANCISCO
Departamento: Construcciones Arquitectónicas, IT y
MMC y Teoría de Estructuras / Mecánica de los
Medios Continuos y Teoría de Estructuras.

Valladolid, junio 2021

RESUMEN

El presente trabajo aborda el dimensionado y el cálculo estructural del cerramiento de una pista deportiva de baloncesto, y del cerramiento de un frontón contiguo, en un polideportivo. El cerramiento se construye mediante una estructura metálica situada en la localidad de Peñafiel (Valladolid).

Durante el desarrollo del proyecto se han realizado estudios en diferentes campos de interés teniendo en cuenta la legislación vigente para la toma de decisiones de diseño y de estimación de los cálculos.

Se realiza un predimensionado manual de la cercha del pórtico, y después se implementa en el programa comercial Cype 3D la estructura al completo, teniendo en cuenta las acciones a las que se encuentra sometida.

A partir de estos resultados obtenidos, se realiza una comparativa con el fin de verificar que los perfiles definidos por parte del programa de cálculo son los adecuados al tipo de estructura.

PALABRAS CLAVE

Estructura metálica, Cype 3D, polideportivo, cálculos, cerchas.

ABSTRACT

This project is about the measurement and structural calculation of the closure of a Basketball court, and the closure of an adjacent fronton court in a sports centre. The closure is built with a metal structure in the village Peñafiel, Valladolid.

During the project development, different studies in different interest fields have been done taking into account the current legislation to make the design decisions and to estimate the calculations.

A manual pre-dimensioning of the portico truss is carried out. After that, the complete structures is implemented in the trading program Cype 3D, considering the actions to which it is subjected.

On the basis of the results obtained, a comparison is made in order to verify that the profiles defined by the calculation program are the suitable for this type of structure.

KEY WORDS

Metal structure, Cype 3D, Sports centre, Calculations, Truss

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	11
1.2. OBJETIVOS	11
1.3. ESTRUCTURA DEL TRABAJO FIN DE GRADO	12
2. NORMATIVA APLICABLE	15
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	17
3.1. ANTECEDENTES DE LAS ESTRUCTURAS	17
3.2. ACCIONES APLICADAS SOBRE LAS ESTRUCTURAS.....	18
3.3. TIPOS DE ESTRUCTURAS Y CARACTERÍSTICAS	19
3.3.1. TIPOS DE MATERIALES.....	19
3.3.2. ELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA	20
3.4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA PROYECTADA	24
3.5. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	28
3.5.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO	30
3.6. MODELO COMPUTACIONAL.....	31
3.6.1. AUTOCAD	31
3.6.2. CYPE.....	32
3.6.3. ARQUÍMEDES	34
4. ACCIONES	35
4.1. DEFINICIÓN DE ACCIONES.....	35
4.1.1. ACCIONES PERMANENTES.....	35
4.1.2. ACCIONES VARIABLES.....	36
4.1.3. ACCIONES ACCIDENTALES	61
4.2. COMBINACIONES DE ACCIONES.....	64
4.2.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS	64
4.2.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	66
4.2.3. COMBINACIÓN DE LAS ACCIONES DE LA ESTRUCTURA	68
5. CONCLUSIONES	69
6. POSIBLES TRABAJOS FUTUROS.....	70
7. BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS	72
ANEXO A. CÁLCULOS MANUALES DE PRE-DIMENSIONADO	72

ANEXO A.1. DESCRIPCIÓN	72
ANEXO A.2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO	72
ANEXO A.3. PREDIMIENSIONADO	73
ANEXO B. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA	77
ANEXO B.1. GENERADOR DE PÓRTICOS EN CYPE 2021.	77
ANEXO B.2. DATOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN	78
ANEXO B.3. EDICIÓN DE CORREAS EN CUBIERTA Y LATERALES	80
ANEXO B.4. EXPORTACIÓN A CYPE 3D	83
ANEXO B.5. CONFIGURACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN CYPE 3D.....	84
ANEXO C. COMPROBACIÓN DE PERFILES DE LA CERCHA.....	116
ANEXO D. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	117
ANEXO D.1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES.....	117
ANEXO D.2. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE.....	120
ANEXO D.3. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE	120
ANEXO D.4. RIESGOS LABORALES ESPECIALES.....	126
ANEXO E. GESTIÓN DE RESIDUOS	127
ANEXO E.1. ANTECEDENTES	127
ANEXO E. 2. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS SEGÚN OMAM/304/2002.	127
ANEXO E.3. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADA.....	131
ANEXO E.4. MEDIDAS DE SEGRAGACIÓN IN SITU.	131
ANEXO E.5. PREVISION DE REUTILIZACIÓN.	131
ANEXO E.6. OPERACIONES DE VALORIZACIÓN IN SITU.....	132
ANEXO E.7. DESTINO PREVISTO PARA LOS RESIDUOS.	132
ANEXO E.8. INSTALACIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO U OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN.	132
ANEXO E.9. VALORACION DEL COSTE PREVISTO.....	132
ANEXO F. PLIEGO DE CONDICIONES.....	133
ANEXO F.1. DISPOSICIONES GENERALES.....	133
ANEXO F.2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVAS	137
ANEXO F.3. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICAS.....	139
ANEXO F.4. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL	140
ANEXO F.5. CONDICIONES ESPECÍFICAS.....	141
ANEXO G. DOCUMENTOS DEL GENERADOR DE PÓRTICOS.....	144
ANEXO H. PRESUPUESTO	162

ANEXO I. PLANOS 169

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen del material elegido.....	24
Tabla 2. Resumen de la estructura.....	28
Tabla 3. Resumen del Informe Geotécnico.....	31
Tabla 4. Tensión admisible del terreno.....	36
Tabla 5. Valor de C_e	42
Tabla 6. Resultados de los coeficientes.....	45
Tabla 7. Datos de coeficientes a 0°	46
Tabla 8. Resultados de la carga estática a 0°	46
Tabla 9. Resultado de coeficientes.....	47
Tabla 10. Datos de coeficientes a 90°	47
Tabla 11. Resultados de la carga estática a 90°	48
Tabla 12. Resultado de coeficientes.....	48
Tabla 13. Datos de coeficientes a 180°	49
Tabla 14. Resultados de la carga estática a 180°	49
Tabla 15. Resultado de coeficientes.....	50
Tabla 16. Datos de coeficients a 270°	50
Tabla 17. Resultados de la carga estática a 270°	50
Tabla 18. Resultados de coeficientes.....	52
Tabla 19. Tipo 1. Valores de coeficientes.....	54
Tabla 20. Tipo 2. Valores de coeficientes.....	54
Tabla 21. Tipo 1. Carga elástica de viento.....	54
Tabla 22. Tipo 2. Carga elastica de viento.....	55
Tabla 23. Resultados de coeficientes.....	56
Tabla 24. Valores de coeficientes.....	56
Tabla 25. Carga elástica de viento.....	57
Tabla 26. Resultados de coeficientes.....	57
Tabla 27. Tipo 1. Valores de coeficientes.....	58
Tabla 28. Tipo 2. Valores de coeficientes.....	58
Tabla 29. Tipo 1. Carga elástica de viento.....	58
Tabla 30. Tipo 2. Carga elástica de viento.....	59
Tabla 31. Resultados de coeficientes.....	59
Tabla 32. Valores de coeficientes.....	60
Tabla 33. Carga elástica de viento.....	60
Tabla 34. Coeficientes parciales de seguridad de la estructura.....	68
Tabla 35. Coeficientes parciales de simultaneidad de la estructura.....	68
Tabla 36. Coeficientes de mayoración.....	72
Tabla 37. Pandeos.....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de acero. (EAE).....	22
Figura 2. Clasificación de aceros no aleados laminados en caliente. (EAE)	23
Figura 3. Zonas del polideportivo.....	25
Figura 4. Disposición de Pórticos	25
Figura 5. Panel Sándwich Tapajuntas. [15]	26
Figura 6. Detalle de la unión entre paneles. [15].....	27
Figura 7. Características principales del panel sándwich. [15].....	27
Figura 8. Aislamiento térmico y peso del panel sándwich. [15]	27
Figura 9. Alzado acotado	28
Figura 10. Localización. Peñafiel (Valladolid). [19].....	29
Figura 11. Localización del polideportivo. [19]	29
Figura 12. Grado de agresividad del suelo. (Estudio geotécnico)	30
Figura 13. Nivel de agresividad del agua. (Estudio Geotécnico)	30
Figura 14. Pantalla modelo AUTOCAD	32
Figura 15. Menú principal CYPE	32
Figura 16. Menú del Generador de Pórticos	33
Figura 17. Características de los paneles de acero. (GRUPO PANEL SANDWICH)	35
Figura 18. Valores característicos de las sobrecargas de uso. [6].....	36
Figura 19. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia. [6].....	37
Figura 20. Sobrecarga de nieve en terreno horizontal. [6].	38
Figura 21. Ubicación de Peñafiel. Zonas climáticas de invierno.	38
Figura 22. Mapa Eólico de España. [6].	40
Figura 23. Ubicación de Peñafiel. Mapa Eólico de España.....	41
Figura 24. Valores del coeficiente de exposición c_e . [6].....	41
Figura 25. Coeficientes para el tipo de entorno. [6].	42
Figura 26. Presiones ejercidas por el viento en construcciones diáfnas. [6].	43
Figura 27. Posibles ángulos de incidencia del viento	43
Figura 28. Alzados Ejemplo (CTE). Figura 29. Planta Ejemplo (CTE).....	44
Figura 30. Detalle de la altura de coronación del edificio. [6].	44
Figura 31. Zonas a 0°. Paramentos verticales	45
Figura 32. Tabla de coeficientes, (CTE)	45
Figura 33. Zonas viento a 90°	47
Figura 34. Zonas viento a 180°.....	48
Figura 35. Zonas viento a 270°	49
Figura 36. Alzado de ejemplo. (CTE).....	51
Figura 37. Planta ejemplo a 0°. [6].	51
Figura 38. Planta ejemplo a 90°. [6]. Figura 39. Alzado de la edificación	52
Figura 40. Zonas viento a 0°	52
Figura 41. Datos de coeficientes. [6].....	53
Figura 42. Zonas viento a 90°	55
Figura 43. Zonas viento a 180°	57
Figura 44. Zonas viento a 270°	59
Figura 45. Peñafiel localizado en el mapa sísmico de España.....	62
Figura 46. Resistencia al fuego suficiente de elementos estructurales. [6].....	63

Figura 47. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales en zonas de riesgo. [6].	63
Figura 48. Coeficientes parciales de simultaneidad. [6].	65
Figura 49. Desplomes. [6].	67
Figura 50. Generación de pórticos	77
Figura 51. Datos generales en el Generador de Pórticos	78
Figura 52. Normativa de viento en el Generador de Pórticos	79
Figura 53. Sobrecarga de nieve en el Generador de Pórticos	79
Figura 54. Selección de correas,	80
Figura 55. Edición de correas	80
Figura 56. Disposición de las correas en planta	81
Figura 57. Dimensionado de perfiles	81
Figura 58. Comprobación de correas de cubierta	82
Figura 59. Selección del perfil	82
Figura 60. Propiedades del perfil. Z 200-2.5	83
Figura 61. Estructura final del Generador de Pórticos	83
Figura 62. Exportación a CYPE 3D	84
Figura 63. Estructura en CYPE 3D	85
Figura 64. Datos generales	85
Figura 65. Resistencia al fuego	86
Figura 66. Estados límite	86
Figura 67. Hipótesis adicionales	87
Figura 68. Pilarillos hastiales	88
Figura 69. Vigas de atado	88
Figura 70. Cruces de San Andrés	89
Figura 71. Nudos de pilares intermedios	90
Figura 72. Nudos de pilarillos hastiales	90
Figura 73. Perfil de los pilares de pórticos centrales	91
Figura 74. Perfil girado	92
Figura 75. Perfil de las vigas de atado	93
Figura 76. Propiedades del perfil	93
Figura 77. Planos de pandeo	94
Figura 78. Coeficientes de pandeo	95
Figura 79. Vista frontal de los coeficientes de pandeo	96
Figura 80. Flecha límite	97
Figura 81. Vista de la flecha límite	97
Figura 82. Flecha máxima relativa	98
Figura 83. Vista de la flecha máxima	98
Figura 84. Hipótesis adicionales	99
Figura 85. Escalas	100
Figura 86. Cargas permanentes	101
Figura 87. Cargas de nieve principales	102
Figura 88. RN1	103
Figura 89. RN2	103
Figura 90. Conjunto de cargas aplicadas	104

Figura 91. Opciones de cálculo.....	104
Figura 92. Resultado de cálculo.....	105
Figura 93. Perfiles dimensionados	106
Figura 94. Vista en 3D (1)	106
Figura 95. Vista en 3D (2)	107
Figura 96. Vista en 3D (3)	107
Figura 97. Envolvente.....	108
Figura 98. Flecha	108
Figura 99. Axiles	109
Figura 100. Axiles frontales.....	109
Figura 101. Cortantes.....	109
Figura 102. Cortantes frontales.....	110
Figura 103. Momentos	110
Figura 104. Desplazamientos y giros.....	111
Figura 105. Datos generales.....	112
Figura 106. Zapata de hormigón	112
Figura 107. Viga de atado.....	113
Figura 108. Detalles de cimentación (1).....	113
Figura 109. Detalles de cimentación (2).....	114
Figura 110. Detalles de cimentación (3).....	114
Figura 111. Vista general en 3D con cimentación.....	115
Figura 112. Comparación de Perfiles	116

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Carga de nieve.....	37
Ecuación 2. Resultado de la carga de nieve	39
Ecuación 3. Presión estática.....	39
Ecuación 4. Presión dinámica.....	40
Ecuación 5. Resultado de la Presión dinámica.....	40
Ecuación 6. Coeficiente de exposicion.....	42
Ecuación 7. Valor de F	42
Ecuación 8. Acciones interiores.....	43
Ecuación 9. Viento a 0°.....	45
Ecuación 10. Resultado ABC en zonas a 0°.....	46
Ecuación 11. Viento a 90°	47
Ecuación 12. Resultado ABC en zonas a 90°.....	47
Ecuación 13. Viento a 180°.....	48
Ecuación 14. Resultado ABC a 180°.....	48
Ecuación 15. Viento a 270°.....	50
Ecuación 16. Resultado ABC a 270°.....	50
Ecuación 17. Viento a 0°.....	52
Ecuación 18. Coeficientes por zonas.....	53
Ecuación 19. Viento a 90°.....	55
Ecuación 20. Viento a 180°.....	57

Ecuación 21. Viento a 270°	59
Ecuación 22. Capacidad portante.....	64
Ecuación 23. Capacidad resistente.....	64
Ecuación 24. Situación persistente o transitoria.....	65
Ecuación 25. Situación extraordinaria.....	65
Ecuación 26. Acción sísmica	66
Ecuación 27. Acciones irreversibles de corta duración.....	67
Ecuación 28. Acciones reversibles de corta duración	67
Ecuación 29. Acciones de larga duración	67
Ecuación 30. Cargas y sobrecargas.....	73
Ecuación 31. Canto de la celosía	73
Ecuación 32. Comprobación del ángulo óptimo	74
Ecuación 33. Esfuerzo axial en cordones	74
Ecuación 34. Esfuerzo axial en diagonales	74
Ecuación 35. Dimensionado cordón superior	75
Ecuación 36. Dimensionado cordón inferior.....	75
Ecuación 37. Dimensionado diagonales a compresión	76
Ecuación 38. Dimensionado diagonales a tracción	76
Ecuación 39. Flecha máxima	97
Ecuación 40. Cargas permanentes	100
Ecuación 41. Cargas de nieve	101
Ecuación 42. Cargas de nieve	101
Ecuación 43. Cargas de nieve	102

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto desarrolla el diseño y el cálculo de la estructura portante del cerramiento de un polideportivo y de una pista de frontón contigua. No se centra en el cálculo de las instalaciones con las que puede contar la edificación sino en el cálculo de la cimentación, y de la estructura metálica que conforma el cerramiento de la cubierta.

El edificio está situado en la localidad de Peñafiel, en Valladolid. Se utilizan como datos de partida para la ejecución del proyecto los datos del estudio geotécnico de la zona, el cual ha sido realizado por una empresa acreditada para poder obtener los datos necesarios de una forma más realista.

1.1. JUSTIFICACIÓN

La elección de este tema para el trabajo final nace por el interés por profundizar en el ámbito del cálculo de estructuras, de forma que se pueda aplicar el proyecto ejecutado a un caso real, para ello se utilizan herramientas que bien podrían ser utilizadas para la realización de un proyecto de edificación real en una ubicación concreta. En el caso de este proyecto, su ejecución se realiza desde un nivel plenamente académico.

La justificación del proyecto es el diseño de un cerramiento para unas pistas deportivas existentes previamente en la localidad de Peñafiel, en Valladolid. De manera que las instalaciones deportivas queden resguardadas de las climatologías adversas a las que está sometida la zona y pueda darse un uso de las mismas durante cualquier época del año.

1.2. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es poder reflejar los conocimientos académicos que adquiridos por a lo largo del grado de Ingeniería Mecánica, principalmente de las asignaturas relacionadas con el cálculo de estructuras, como son Resistencia de Materiales, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, Estructuras de Hormigón, y Estructuras y Construcciones Industriales. También reflejar los conocimientos adquiridos durante los meses de prácticas de empresa en el departamento de edificación en una empresa de ingeniería y control de calidad, en la que se analizan proyectos de obra reales y se trabaja con documentación de manera profesional.

Realizar una comparativa de cálculo de perfiles tubulares, que verifique los cálculos realizados para un dimensionado previo manual, acorde con el dimensionado generado por el programa de cálculo.

1.3. ESTRUCTURA DEL TRABAJO FIN DE GRADO

La estructura que se ha seguido para la realización de este Trabajo Fin de Grado ha sido la siguiente:

Se ha querido comenzar con una breve introducción, en la que se describen tanto la justificación personal de la autora como los objetivos que se persiguen mediante este Trabajo.

Posteriormente se incluye los documentos normativos vigentes para la realización del proyecto en el lugar indicado. En este caso, en Peñafiel, Valladolid, Castilla y León.

La parte más importante del trabajo es el desarrollo, ya que es donde se va a poder hablar de todo lo necesario para poder llevar a cabo el proyecto que podría ser real y es en el que está basado el Trabajo Fin de Grado.

En el desarrollo se incluye una parte inicial descriptiva de la estructura, así como de los elementos que la componen, las acciones que trabajan sobre ellas y de las características óptimas para el dimensionado del edificio.

Una vez se ha descrito la estructura, se analiza cómo debe ser esta en el proyecto que se describe, en el que se van a utilizar cálculos realizados mediante programas de software específico como CYPE. Con estos cálculos, la estructura quedará completamente dimensionada para poder ser construida.

Otros programas utilizados para la realización del Trabajo Fin de Grado han sido: AUTOCAD, para la elaboración de los planos, CYPE 3D para el cálculo de la estructura y ARQUÍMEDES para la realización del presupuesto.

El lugar elegido, Peñafiel, ha sido seleccionado por las características geotécnicas y de localización. Otra razón para su elección ha sido que no dispone de un centro deportivo de estas características cerca de la población.

Se ha solicitado el estudio geotécnico a una empresa especializada en control de calidad y ha sido validado por sus técnicos.

Durante el desarrollo se han tenido en cuenta las acciones que actúan sobre la estructura en base al CTE, realizando los cálculos necesarios para el posterior dimensionado. Las acciones que se han tenido en cuenta son:

- Viento
- Nieve
- Sobrecarga de uso y peso propio

En las conclusiones se puede observar que la construcción del centro deportivo es posible siguiendo las instrucciones redactadas a lo largo de este proyecto.

Para terminar, se deja abierta la opción de completar la construcción del centro deportivo, tomando como punto de partida este proyecto.

En los anexos, se describen los cálculos manuales que se han realizado, así como la comparativa de estos cálculos con los obtenidos del software.

Se adjunta un informe de seguridad en el que se detallan los posibles riesgos que se pueden desarrollar a la hora de la construcción, así como la forma de minimizarlos.

También se adjunta un informe de los posibles residuos generados durante la construcción de la estructura y también cómo se debe proceder para su eliminación.

El pliego de condiciones adjunto detalla las cláusulas que especifican los detalles que hay que tener en cuenta a la hora de realizar la obra y regula las obligaciones y responsabilidades de todas las partes implicadas.

Se incluyen los documentos que se obtienen en el generador de pórticos, estos documentos indican los detalles más relevantes de las decisiones tomadas a la hora de dimensionar el pórtico en este módulo del programa CYPE.

Se adjunta el documento del presupuesto, creado a través del módulo Arquímedes, de CYPE. Este documento detalla los gastos que implica la realización de este proyecto.

Finalmente, se adjuntan los planos para poder llevar a cabo la construcción de la estructura.

2. NORMATIVA APLICABLE

El diseño para este proyecto se ha llevado a cabo conforme a la normativa vigente en la Comunidad de Castilla y León. A continuación, se muestran los documentos en los que se ha basado la realización del proyecto:

- Código Técnico de la Edificación [6]
 - DB SE: Documento Básico de Seguridad Estructural.
 - DB SE-AE: Acciones en la edificación.
 - DB SE-A: Estructura de acero.
 - DB SI: Documento de Seguridad en caso de incendio.
 - DB SUA: Documento de Seguridad de utilización y accesibilidad.
- EAE 2012: Instrucción del Acero Estructural. Establece las exigencias que deben cumplir las estructuras para satisfacer los requisitos de seguridad durante las fases de proyecto, construcción y mantenimiento. [7]
- Eurocódigos Estructurales: son un conjunto de normas europeas con carácter voluntario, que pueden ser utilizadas en los países europeos en sustitución de las normativas nacionales cuando exista el Documento Nacional de Aplicación. [18]
 - Eurocódigo 0: Bases de Diseño Estructural.
 - Eurocódigo 1: Acciones sobre Estructuras.
 - Eurocódigo 3: Diseño de Estructuras de Acero.
 - Eurocódigo 8: Diseño Sísmico de Estructuras.
- Gestión de residuos: Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

Lo primero que se debe hacer antes de comenzar con el propio desarrollo del proyecto es describir lo que es una estructura, así como los elementos que la componen y las acciones que actúan sobre ellas.

3.1. ANTECEDENTES DE LAS ESTRUCTURAS

La definición concreta de estructura según la RAE es: “Armadura, generalmente de acero u hormigón armado, que fija al suelo, sirve de sustentación a un edificio” (Real Academia Española, s.f., definición 4). [16] Más detalladamente y en relación con este proyecto, una estructura se define como un conjunto de elementos resistentes unidos entre sí, que son capaces de resistir y soportar los efectos de las acciones que actúan sobre la edificación transmitiendo estas cargas a los apoyos y garantizando que se mantiene la forma inicial sin sufrir daños de ningún tipo.

Los materiales que se utilizan para construir estructuras son muy diversos, desde materiales que se pueden encontrar en la naturaleza como la piedra o la madera, hasta materiales complejos elaborados por el ser humano, como pueden ser materiales reforzados con fibras o de aleaciones metálicas.

En función de las características finales que se quieran conseguir con la estructura, se debe utilizar un material u otro, y se deben tener en cuenta ciertos condicionantes:

- **RESISTENCIA:** se debe dimensionar los elementos que componen la estructura de manera que sean capaces de soportar las cargas a las que están sometidos sin romperse ni deformarse.
- **RIGIDEZ:** al aplicar una carga sobre la estructura, esta no debe deformarse.
- **ESTABILIDAD:** la estructura debe mantenerse en su posición al aplicarle una carga, sin volcar.
- **DURABILIDAD:** se debe garantizar que la estructura tenga una vida útil adecuada, teniendo en cuenta que es la parte resistente dentro de una construcción. Debe tener una durabilidad mayor que el resto de los componentes que conformen esta estructura.
- **ECONÓMICO:** en la realización de un proyecto, se debe optimizar al máximo la ejecución de la estructura para reducir costes innecesarios que supongan un sobrecoste, por lo que se trata de no sobredimensionarla. [8].

Una construcción se compone de diferentes elementos estructurales, que sirven para aportar la resistencia y la rigidez para que la estructura soporte las acciones a las que está sometida. A continuación, se enumeran los principales tipos de elementos estructurales:

- **Cimientos:** elemento encargado de soportar y transmitir al terreno todo el peso de la estructura, evitando que esta sufra movimientos importantes. Los esfuerzos que soporta son de compresión y los materiales utilizados son hormigón y acero.
- **Pilares y columnas:** elementos verticales cuya función es soportar el peso de toda la estructura. Los principales esfuerzos que soporta son de compresión y de pandeo. Los

materiales usados para su construcción son muy diversos, como madera, hormigón armado, acero o ladrillos. Su forma suele ser cuadrada o rectangular.

- Vigas y viguetas: elementos horizontales que generalmente apoyan en los pilares formando parte de los forjados, y soportan esfuerzos de flexión.
- Forjados: elementos horizontales de gran superficie, formados por el conjunto de diversos elementos estructurales, que forman el techo y el suelo de las plantas de un edificio. Una de sus funciones es aligerar el peso propio de la estructura. Existen diversos tipos en función de las características de la edificación (unidireccional, bidireccional, losas).
- Tirantes: elemento constructivo que se coloca entre vigas y pilares que está sometido principalmente a tracción, tiene la función de dar rigidez a la estructura. Los materiales con los que se fabrican son cuerdas, cables de acero o cadenas. Si el tirante es un cable se le llama tensor.
- Cerchas: son vigas formadas por un conjunto de barras unidas entre sí, que forman una estructura triangular.
- Otro elemento muy empleado es el arco, sirve para salvar distancias en las estructuras y aporta solidez.

3.2. ACCIONES APLICADAS SOBRE LAS ESTRUCTURAS

Las estructuras se diseñan para realizar una cierta función, como mantener en posición cerramientos de una edificación o transmitir movimientos en un elemento de maquinaria. La funcionalidad de la estructura requiere que se apliquen unas acciones sobre ella, pero además de las acciones que tiene que soportar por su uso, se deben contemplar otras eventuales de origen climático, o menos probables que pueden suponer daños a lo largo de la vida útil de la estructura. Cuando las estructuras son de edificaciones convencionales, las acciones que se deben considerar están reguladas por la normativa del Código Técnico de la Edificación [6], en el punto 4 “Método de Coeficientes Parciales”, en función del uso que se vaya a hacer de esa estructura, la localización o la ubicación geográfica. La normativa divide las acciones en tres categorías:

- Acciones permanentes: son las acciones que actúan de forma continua sobre la estructura.
 - Peso propio: es el peso de todos los elementos fijos, tanto estructurales como de cerramientos.
 - Acciones del terreno: son las acciones producidas por el empuje del terreno.
- Acciones variables: son las acciones que en un instante determinado pueden actuar o no, y pueden cambiar de posición.
 - Sobrecargas de uso: es el peso de todo lo que pueda encontrarse en el interior o sobre el edificio debido al uso de este.
 - Nieve: la acumulación de nieve en la cubierta del edificio supone unas cargas importantes a la hora de realizar los cálculos estructurales.
 - Viento: en función de la localización geográfica, el CTE dictamina unas velocidades del viento que ejercen una presión en las superficies verticales y en la cubierta.

- Acciones térmicas: son las acciones producidas por las variaciones de temperatura a la que están sometidas las estructuras, que provocan en estas deformaciones y cambios geométricos.
- Acciones accidentales: son aquellas acciones cuya probabilidad de ocurrir no es muy grande, pero que, si ocurren, podrían suponer daños considerables en la estructura.
 - Terremotos: son acciones producidas por las sacudidas sísmicas.
 - Fuego: producidas por un posible incendio que pueda afectar a la estructura.
 - Impactos y explosiones: elementos externos que puedan chocar con la estructura y provocar una explosión.

3.3. TIPOS DE ESTRUCTURAS Y CARACTERÍSTICAS

3.3.1. TIPOS DE MATERIALES

En el caso que compete a este proyecto, un polideportivo necesita un espacio diáfano que albergue las pistas de juego, por lo que la estructura debe salvar grandes luces. Para ello se utilizan pórticos combinados con cerchas que nos garanticen la estabilidad de la estructura. Esta puede ser de hormigón, metálica o mixta en función del resultado que se busque, por lo que se debe realizar un estudio para valorar las ventajas y los inconvenientes que aporta cada material y así poder elegir el que mejor se adapte a las necesidades de la edificación.

HORMIGÓN

Consiste en una mezcla de cemento con áridos, como arena o grava, y agua, normalmente se le añaden aditivos. [10].

Este material adquiere sus propiedades de resistencia tras un cierto tiempo de fraguado y endurecimiento (normalmente 28 días). Los elementos estructurales como las vigas y los pilares de hormigón se ejecutan con barras de acero en su interior, de manera que sirva de refuerzo para el hormigón, ya que este por sí mismo no es capaz de resistir tracciones.

- VENTAJAS
 - El hormigón tiene buena resistencia a compresión, y esta se incrementa con el paso del tiempo. Además, tiene buen comportamiento frente a las acciones climáticas a las que pueda estar sometido.
 - Es un material que se ejecuta in situ, es decir, que fragua en la obra, por lo que se puede adaptar y moldear con la posibilidad de crear todo tipo de formas.
 - Es un material que no requiere demasiado mantenimiento, por lo tanto, los costes son muy bajos comparados con el metal o la madera.
 - Coste de producción bajo.
- INCONVENIENTES
 - Presenta un mayor peso propio que el acero en comparación con su resistencia.
 - Precisa un mayor tiempo de ejecución y puesta en obra, ya que se requiere de un tiempo de fraguado y endurecimiento y esto hace que la obra avance de forma más lenta.

ACERO

Se obtiene a partir del mineral de hierro, a través de diversos procesos de extracción y refinado en altos hornos. El acero es una aleación de hierro con una proporción de carbono menor del 2% (entre el 0,05% y el 2%). Si en la aleación se incorporan otros materiales como el níquel, el cromo o el manganeso, se consiguen determinadas propiedades y se conocen como aceros aleados. [9].

El “Código Técnico de la Edificación” es la normativa vigente en España, y en ella se contemplan diversos tipos de aceros para estructuras, con los que se trabaja en función del resultado que se busque.

- **VENTAJAS**
 - El acero es un material homogéneo y con un comportamiento definido, sus propiedades no sufren cambios destacables a lo largo de su vida útil.
 - Tiene alta resistencia respecto a su peso, lo que permite ejecutar construcciones más ligeras y esbeltas.
 - Su ejecución en obra es rápida y fácil de modificar, tiene la posibilidad de prefabricar los elementos de la estructura en fabrica y después trasladarlos a obra.
 - Si el mantenimiento realizado sobre la estructura es el correcto, la vida útil puede ser alta.
 - Es un material reciclable, se puede reciclar infinidad de veces sin perder sus propiedades mecánicas.
- **INCONVENIENTES**
 - Los costes de mantenimiento son elevados, ya que el acero es un material muy susceptible a la corrosión cuando se encuentra expuesto al aire y al agua. Será necesario tratar los elementos para evitar esta corrosión.
 - Los elementos de acero son susceptibles a las cargas de compresión cuando son largos y esbeltos, y puede producirse pandeo.
 - El acero es un material que tiene mala resistencia al fuego, sus propiedades a altas temperaturas se reducen de forma notable.
 - En algunas condiciones, el acero puede perder su ductilidad y la fractura frágil puede suceder en puntos de concentración de esfuerzos, provocando fallos catastróficos en la estructura.

3.3.2. ELECCIÓN DEL TIPO DE ESTRUCTURA

En vista de lo enunciado, las ventajas que ofrece el acero frente al resto de materiales analizados, teniendo en cuenta las necesidades específicas que conlleva la ejecución del polideportivo son claras, por lo que la edificación se realizará mediante estructura metálica. [9].

ESTRUCTURAS METÁLICAS

Una estructura metálica es aquella que se construye a partir de elementos resistentes metálicos. El material metálico más utilizado a lo largo de la historia ha sido el hierro, sin embargo, en la actualidad, el acero es su sustituto debido al desarrollo de las diferentes técnicas y procesos de

fabricación. El origen del acero se remonta a la Edad Media, centrando su uso en adornos, aperos agrícolas, utensilios o armas. Posteriormente (siglos XVIII-XIX), se desarrollaron diversas técnicas que aumentaron considerablemente su producción y se realizaron las primeras construcciones de puentes y edificios.

- VENTAJAS
 - Ligereza: las estructuras metálicas son relativamente ligeras en comparación con otras estructuras de otro material. Las luces que se pueden conseguir son grandes con cantos reducidos. Esto hace que las cimentaciones puedan verse reducidas, que influye notablemente en el coste final de la edificación.
 - Elasticidad: son estructuras con un comportamiento lineal-elástico, que solo se comportan como plásticas cuando alcanzan un determinado límite de tensión. Además, tienen una gran capacidad para absorber energía.
 - Los elementos que conforman una estructura metálica son prefabricados. Habitualmente a pie de obra se realiza el montaje y atornillado, por lo que el tiempo de ejecución se reduce.
- INCONVENIENTES
 - Mal comportamiento ante agentes químicos, que pueden dañar la estructura portante, así como mala resistencia al fuego.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En una estructura metálica se pueden encontrar elementos de diversas características, elegidas en función del propósito que se busque con la edificación. A continuación, se enumeran los elementos más relevantes que son utilizados para diseñar correctamente una nave industrial. [8].

- VIGAS

Las vigas son elementos lineales que se caracterizan porque una de las dimensiones predomina sobre las otras dos. Su trabajo es casi en exclusiva a flexión, y los perfiles empleados buscan la máxima inercia y el mayor módulo resistente, para así mejorar el rendimiento. Se encargan de la sustentación horizontal, y transmiten las cargas verticales a los pilares y apoyos de la estructura.

- PILARES

Los pilares son los elementos encargados de transmitir las cargas que soporta la estructura hacia la cimentación, son verticales y trabajan a compresión. Al igual que en las vigas, los perfiles pueden ser de diversos tipos en función de las características que se persigan con la edificación.

- CORREAS

Las correas son las encargadas de soportar el peso de la cubierta, que se apoya directa o indirectamente sobre ellas. A la hora de diseñar una cubierta, se busca que sea lo más ligera posible para evitar sobrecargas innecesarias en las correas. Además del peso de la cubierta, se encargan de transmitir las cargas de viento y nieve que actúan sobre la estructura.

- ARRIOSTRAMIENTOS

Los arriostramientos son los elementos encargados de asegurar la forma proyectada del edificio, y evitan que se produzca el colapso ante las acciones que soporta. Una de las principales acciones que producen fallo estructural es el viento, por lo que es habitual introducir Cruces de San Andrés como arriostramiento vertical entre los pilares extremos que ofrecen estabilidad y evitan el posible vuelco de los pórticos de la estructura, o en el plano de la estructura de cubierta para que los elementos no se desplacen.

- CERRAMIENTOS DE CUBIERTA

El cerramiento de cubierta constituye la envolvente del edificio en la parte superior del mismo, se encarga de aislar el interior de las inclemencias meteorológicas y proporcionan una estabilidad al edificio, soportando las acciones del viento y las sobrecargas.

Los cerramientos de cubierta pueden ser inclinados o planos, en función de las necesidades de la edificación y de la localización geográfica.

- CERRAMIENTOS DE FACHADA

Los cerramientos de fachada constituyen la envolvente del edificio en los laterales, también se encargan de aislar el interior de las inclemencias meteorológicas y dan una mayor estabilidad al edificio. En función de las necesidades se pueden colocar cerramientos de diversos tipos, los de chapa metálica son los más rápidos y sencillos de colocar, así como los paneles prefabricados de hormigón.

TIPOS DE ACEROS Y CARACTERÍSTICAS

La designación de los aceros se regula mediante la Norma Europea EN-10025, en concordancia con la normativa recogida en el EUROCÓDIGO 3 (Diseño de Estructuras de Acero) y en el CTE. La principal clasificación de los aceros, según el EAE [7] diferencia entre aceros no aleados y aceros especiales, en la siguiente tabla se especifica el tipo de acero y la normativa UNE EN mediante la que está regulada:

TIPO DE ACERO	NORMA UNE EN
Aceros no aleados laminados en caliente.	UNE EN 10025-2
Aceros soldables de grano fino, en la condición de normalizado.	UNE EN 10025-3
Aceros soldables de grano fino, laminados termomecánicamente.	UNE EN 10025-4
Aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica (aceros patinables).	UNE EN 10025-5
Aceros de alto límite elástico, en la condición de templado y revenido.	UNE EN 10025-6:2007+A1
Aceros con resistencia mejorada a la deformación en la dirección perpendicular a la superficie del producto.	UNE EN 10164 UNE EN 10025-1

Figura 1. Tipos de acero. (EAE)

En base a esta norma, los aceros se designan mediante la letra S (Steel), seguida de una cifra que indica el valor del límite elástico mínimo f_y (en MPa).

S235 S275 S355 S450

Una designación más completa en base a la normativa implica hacer referencia a otras características mecánicas. Mediante el ensayo de resiliencia a determinadas temperaturas, se clasifican los aceros en distintos grados:

Grado \ Tipo	S 235	S 275	S 355
JR	S 235 JR	S 275 JR	S 355 JR
J0	S 235 J0	S 275 J0	S 355 J0
J2	S 235 J2	S 275 J2	S 355 J2
K2	—	—	S 355 K2

Figura 2. Clasificación de aceros no aleados laminados en caliente. (EAE)

Grado JR: se utiliza en construcciones soldadas ordinarias.

Grado J0: se utiliza en construcciones soldadas que tienen exigencias de alta soldabilidad.

Grado J2: se utiliza en construcciones soldadas que tienen exigencias especiales de resistencia, resiliencia y soldabilidad.

Grado K2: se aplica en exigencias especiales de soldabilidad.

Analizando cada tipo de acero y las características mecánicas que se buscan con la estructura a realizar, se ha elegido un acero S275 JR, ya que no tiene altas exigencias de resistencia ni de soldabilidad, se puede considerar ordinaria, y esto implicará una reducción considerable de los costes totales de edificación.

En la siguiente tabla se recogen las características generales que tendrá el acero elegido para la realización de la estructura:

Tabla 1. Resumen del material elegido

ACERO	S275 JR				
Límite Elástico (f_y)	275 MPa				
TENSIÓN DE ROTURA (f_u)	410 N/mm ²				
MÓDULO DE ELASTICIDAD (E)	210.000 N/mm ²				
MÓDULO DE RIGIDEZ (G)	81.000 N/mm ²				
COEFICIENTE DE POISSON	0,3				
COEFICIENTE DE DILATACIÓN TÉRMICA (α)	1,2·10 ⁻⁵ (°C) ⁻¹				
DENSIDAD	7.850 kg/m ³				
COMPOSICIÓN QUÍMICA	C<0,18%	Si<0,03%	Mn<1,50%	P<0,035%	S<0,035%
DUREZA BRINELL	120-170				

En este apartado se describen las características de la edificación, en función de las solicitaciones a las que está sometida la estructura y a las necesidades de la construcción.

3.4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA PROYECTADA

Se ha realizado un estudio de viabilidad de la zona que alberga la construcción. En este estudio se analizan las condiciones y necesidades de la población en esta zona rural, para poder adaptarlo a los requerimientos y encontrar una solución que sea lo más acorde a lo que se busca.

La estructura se compone de dos secciones, una primera zona (zona 1) que alberga la pista deportiva de frontón y otra zona (zona 2) que alberga la pista de baloncesto y minibasket.

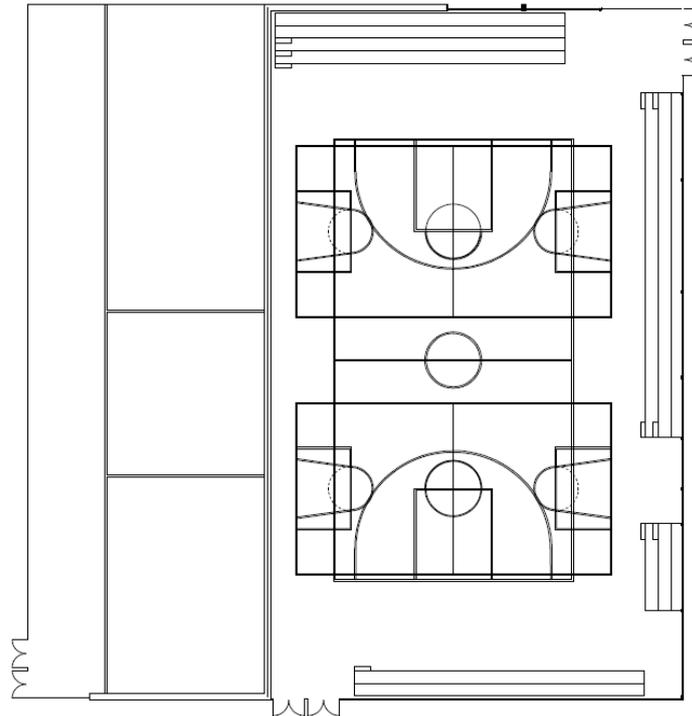


Figura 3. Zonas del polideportivo

La cubierta de ambas zonas se ejecuta mediante pórticos a dos aguas con una separación aproximada de 5,5 metros entre cada pórtico. Los pórticos se encuentran empotrados de manera que se mejore el comportamiento frente a las cargas horizontales y se reduzca el peso del acero de la estructura. Se colocan pilarillos hastiales en el primer pórtico de cada frente, para que la estructura conforme una adecuada resistencia al viento frontal.

No es necesaria la introducción de una junta de dilatación, ya que la longitud de la estructura es mucho menor del valor considerado para colocar estos elementos.

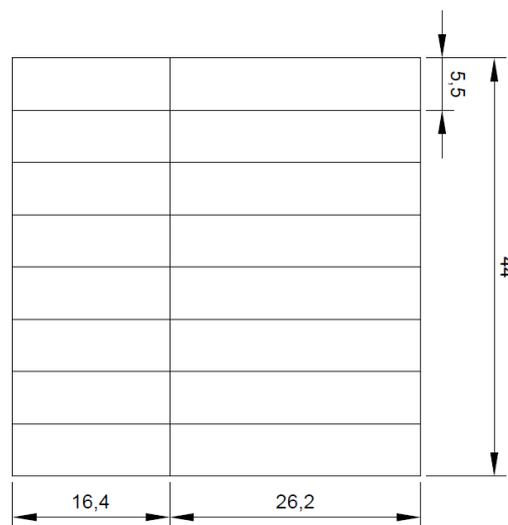


Figura 4. Disposición de Pórticos

Los pórticos se proyectan mediante celosía, esta solución permite salvar grandes luces y es más económica. La tipología estructural es diáfana y ligera y permite integrar las instalaciones necesarias en la estructura, además, los elementos de una celosía trabajan únicamente a tracción o a compresión.

El perfil estructural que se ha elegido para proyectar la estructura es el tubular. Ya que su resistencia al pandeo es mayor que otros perfiles y permite usar elementos más largos en las celosías. El número de uniones necesarias se reduce notablemente, además de ser directas. La estabilidad que adquiere la celosía con este tipo de perfil facilita su manipulación y el transporte de los elementos a la obra.

Para la realización de un proyecto se buscan materiales que sean capaces de soportar las acciones a las que se va a someter la estructura, teniendo en cuenta el coste que conlleva, por lo tanto, se busca una celosía económica que preste el servicio que se busca y que cumpla con las consideraciones necesarias, en este caso, se ha elegido una cercha Warren.

CUBIERTA

La cubierta se proyecta mediante dos planos a dos aguas, cada lado de la estructura cubre una zona de la instalación, por lo que la cubierta tendrá dos aguas de diferentes dimensiones. La pendiente que cubre la zona del frontón tiene un valor de 12,19%, y la que cubre la zona del campo de baloncesto tienen una pendiente de 7,63%. Se emplearán paneles tipo Panel Sándwich Tapajuntas del GRUPO PANEL SÁNWICH, de 40 mm de espesor, color blanco exterior y blanco interior. Estos paneles se colocan sobre los canales en perpendicular a las correas y en el sentido de caída del agua. Las características más importantes de este panel son la alta resistencia al viento y el buen comportamiento ante situaciones climatológicas adversas como lluvias, humedades y frío. Incorpora un remate de acero sobre las juntas que le aporta a la cubierta un extra de seguridad ante filtraciones de agua, obteniendo un acabado homogéneo en la zona de las juntas. El peso de este tipo de cubierta es de 11 kg/m², como puede verse en la ficha de características del panel.

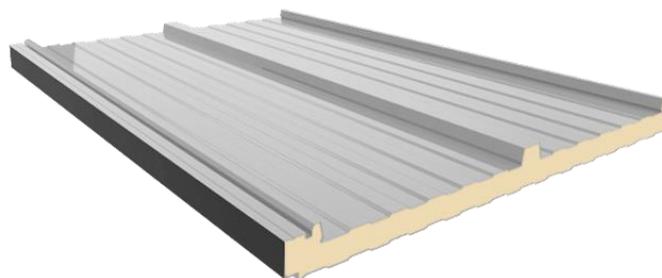
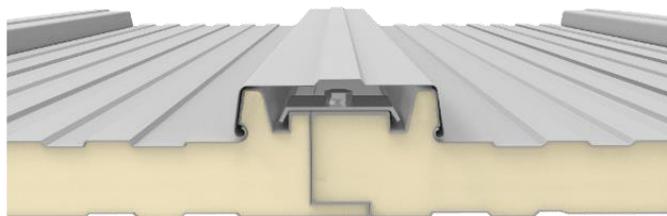


Figura 5. Panel Sándwich Tapajuntas. [15]



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PANEL SANDWICH TAPAJUNTAS

Espesor del panel	30 / 40 / 50 / 60 / 80 / 100 / 120 mm (± 2 mm)
Densidad media de la espuma	40 kg/m ³ (± 2 kg/m ³)
Ancho útil	1 000 mm (± 2 mm)
Falta de escuadrado	0 mm (0.006*w ancho nominal)
Rectitud	0 mm (1 mm/m max. 5 mm)
Contracción - Combadó longitudinal	0 mm (2 mm/m max. 10 mm)
Longitud mínima	1 000 mm (± 5 mm)
Longitud máxima	16 000 mm (± 19 mm) según transporte
Reacción al fuego PUR-UNE 13501-1	= 30 mm B-S3-D0 / > 30 mm C-S3-D0

Figura 7. Características principales del panel sándwich. [15]

AISLAMIENTO TÉRMICO Y PESO

PANEL SANDWICH	TRANSMISIÓN TÉRMICA	PESO
Espesor medio	Coficiente K en W/m ² k	Kg/m ²
30 mm	0'68	10'60 Kg/m ²
40 mm	0'53	11'00 Kg/m ²
50 mm	0'43	11'40 Kg/m ²
60 mm	0'36	11'80 Kg/m ²
80 mm	0'27	12'60 Kg/m ²
100 mm	0'21	13'40 Kg/m ²
120 mm	0'17	14'20 Kg/m ²

Figura 8. Aislamiento térmico y peso del panel sándwich. [15]

FACHADAS

Los cerramientos de fachada se componen de paneles de hormigón prefabricados de acabado liso. Estos elementos proporcionan una elevada resistencia y permeabilidad, son fáciles de montar y tienen unas cualidades acústicas y de resistencia al fuego muy favorables. Se han seleccionado paneles macizos de 20 cm de espesor con un peso de 295 kg/m², con una resistencia al juego de R90. Estas placas se instalan en posición horizontal ya que los paneles presentan así mayor capacidad de carga, y se apoyan sobre la superficie de la cimentación hasta

llegar a las vigas de atado. Estos cerramientos apoyan directamente sobre la cimentación por lo que no se tienen en cuenta a la hora de realizar el cálculo estructural.

Tabla 2. Resumen de la estructura

ZONA 1. FRONTÓN	
ALTURA DE CUBIERTA (máxima/mínima)	15,5 metros /13,5 metros
DIMENSIONES (anchura/profundidad)	16,4 metros/ 44 metros
PENDIENTE DE LA CUBIERTA	12,19%
ZONA 2. PISTA DE BALONCESTO	
ALTURA DE LA CUBIERTA	15,5 metros /13,5 metros
DIMENSIONES (anchura/altura)	26,20 metros / 44 metros
PENDIENTE DE LA CUBIERTA	7,63%

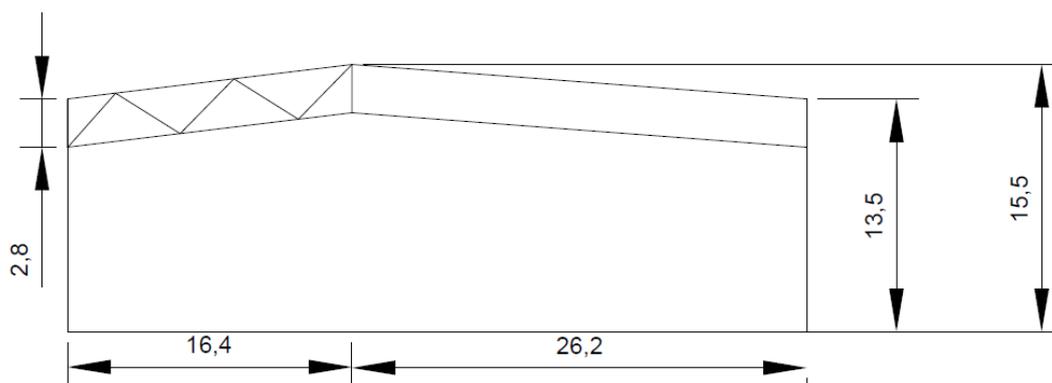


Figura 9. Alzado acotado

3.5. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

El polideportivo realizado se encuentra en la Avenida del Polideportivo nº28, en la localidad de Peñafiel, provincia de Valladolid. En la zona se dispone de red de saneamiento, suministro de energía y abastecimiento de agua potable proporcionado por las redes municipales.

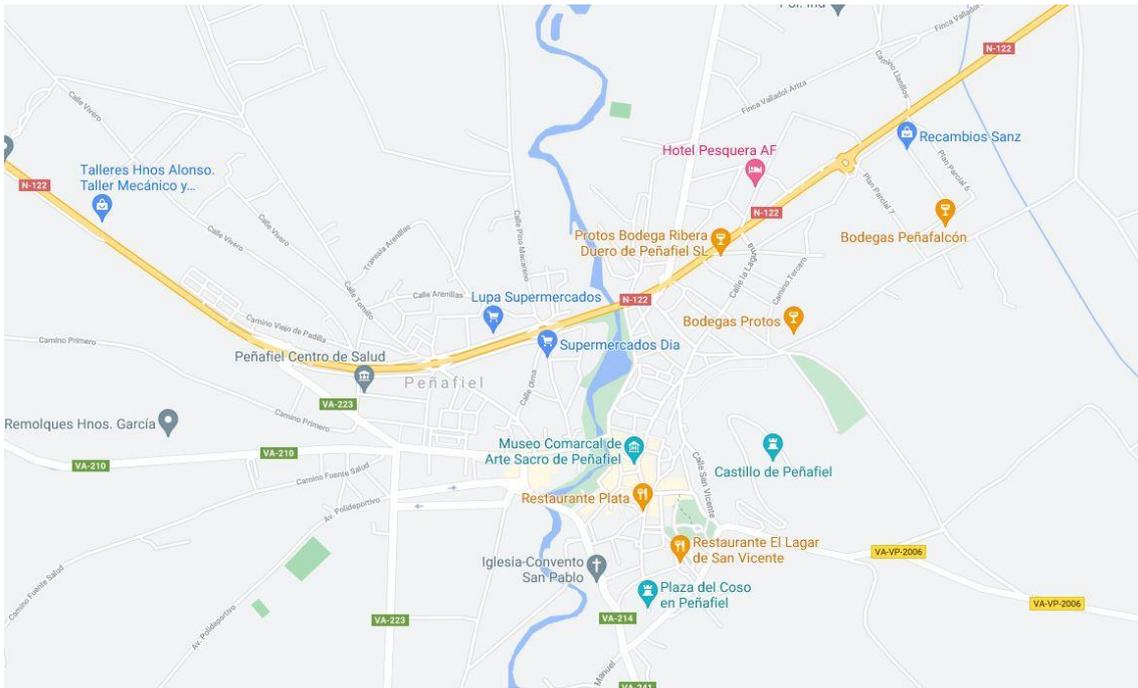


Figura 10. Localización. Peñafiel (Valladolid). [19]



Figura 11. Localización del polideportivo. [19]

3.5.1. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Se ha realizado un estudio geotécnico por la necesidad de determinar la tipología y las condiciones del suelo sobre el que se realiza la construcción de la estructura. Para este estudio se han realizado ciertos trabajos de campo por parte de una empresa especializada, que han determinado las características para la edificación de esta zona en concreto.

El solar de estudio se única en el suroeste de la localidad de Peñafiel, en la Avenida del Polideportivo nº 28.

Se trata de un solar rectangular de topografía llana, se considera pendiente menor del 5%, con espacio suficiente para albergar el polideportivo proyectado.

En base al estudio geotécnico, se diferencia la siguiente secuencia estratigráfica, en la imagen se indica la agresividad del suelo:

- UG1, de 0,00 – 0,70 m: suelo vegetal y rellenos antrópicos arenosos de tonos marrones. Este material se caracteriza por presentar un irregular y bajo nivel de compacidad, por ello, no se considera apto para cimentar sobre él directamente.
- UG2, de 0,70 – 2,00 m: gravas silíceas subredondeadas de tonos marrón-crema.
- UG3, más de 2,00 m: arcillas y arcillas limosas de tonos marrones y verdosos.

Unidad Geotécnica	Definición	Tipo de exposición
UG.1	Suelo vegetal y rellenos antrópicos arenoso	-
UG.2	Gravas silíceas subredondeadas de tonos marrón crema	No agresivo
UG.3	Arcillas y arcillas limosas de tonos marrones y verdosos	No agresivo

Figura 12. Grado de agresividad del suelo. (Estudio geotécnico)

El nivel freático se ha detectado a través de calicatas a una profundidad de 2,40 metros. Este nivel freático puede oscilar en función del régimen climático y estacional, pero en el caso de la construcción del polideportivo, no influye ya que no es necesaria una cimentación enterrada.

En el informe geotécnico se analiza una muestra de agua con los siguientes resultados:

PARÁMETROS	NORMA	RESULTADO
VALOR DEL pH	UNE 83952:2008	7,1
CO ₂ AGRESIVO (mg CO ₂ /l)	UNE EN 13577:2008	NO CONTIENE
IÓN AMONIO (mg NH ₄ ⁺ /l)	UNE 83954:2008	0
IÓN MAGNESIO (mg Mg ²⁺ /l)	UNE 83955:2008	72
IÓN SULFATO (mg SO ₄ ²⁻ /l)	UNE 83956:2008	411
RESIDUO SECO (mg/l)	UNE 83957:2008	1.529
EVALUACIÓN DE LA AGRESIVIDAD:		AGRESIVIDAD DÉBIL

Figura 13. Nivel de agresividad del agua. (Estudio Geotécnico)

Se ha planteado en proyecto que el apoyo de la estructura se realice sobre zapatas aisladas de hormigón armado al nivel UG.2. definido como gravas síliceas de tonos marrón crema, a partir de 0,70 metros de profundidad.

Tabla 3. Resumen del Informe Geotécnico

SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA	
UG1 (0,00-0,70m)	Suelo vegetal y rellenos antrópicos arenosos
UG2 (0,70-2,00m)	Gravas síliceas subredondeadas
UG3 (+2,00m)	Arcillas y arcillas limosas
COTA DE CIMENTACIÓN	0,70 metros
ESTADO PREVISTO DE CIMENTACIÓN	Gravas síliceas
CIMENTACIÓN PROYECTADA	Zapatas aisladas de hormigón armado
TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO	0,20 N/mm ²
PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO	2,4 metros

3.6. MODELO COMPUTACIONAL

3.6.1. AUTOCAD

Autocad es un software de diseño asistido por ordenador que pertenece a la empresa AUTODESK. Se utiliza para dibujo en 2D y modelado en 3D y tiene una amplia capacidad de edición que permite dibujar planos de edificios y recrearlos en 3D.

Para la realización del proyecto, se ha utilizado este programa para diseñar los planos del edificio.

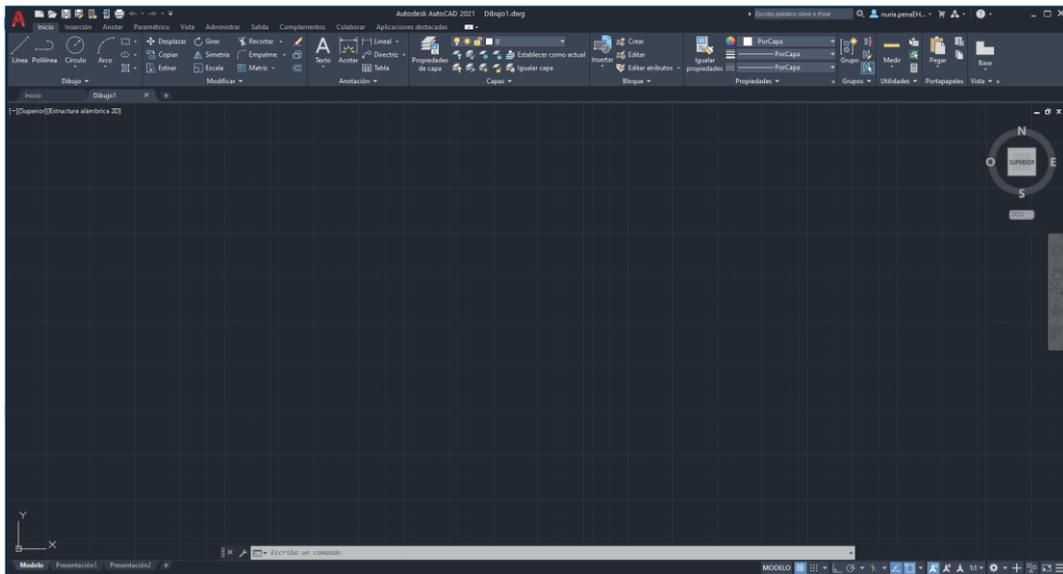


Figura 14. Pantalla modelo AUTOCAD

3.6.2. CYPE

El software informático CYPE es un paquete de programas finitos que permite modelar, dimensionar y analizar infinidad de problemas relacionados con la ingeniería. Se ha elegido este software debido a su gran versatilidad, pudiendo modelar estructuras en 3D y en 2D.

En el caso de este proyecto, el programa se utiliza para el cálculo de la estructura ejecutada, a través de los esfuerzos y momentos generados por las acciones aplicadas a las barras.

Se utilizan diferentes secciones de este programa para la realización del cálculo de la estructura, en primer lugar, se modela la estructura portante mediante el Generador de Pórticos, para después exportarla a la sección de CYPE 3D.

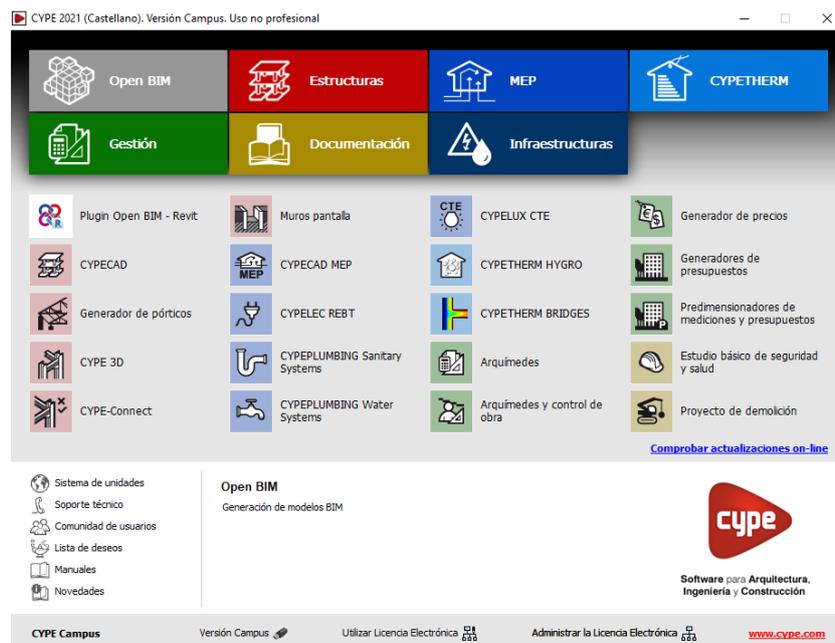


Figura 15. Menú principal CYPE

El generador de pórticos es un módulo de cálculo de gran sencillez y facilidad de uso. Se puede crear de forma rápida la geometría en 2D, junto a las cargas de peso propio, sobrecarga de uso, cargas de viento y nieve que actúan sobre el pórtico de nudos rígidos, celosías o cerchas en función de lo que requiera la edificación. Permite también realizar el dimensionado de las correas de cubierta y correas laterales de fachada de manera optimizada. Este módulo de trabajo permite exportar a CYPE el pórtico junto a los parámetros introducidos. Una vez finalizado el cálculo, se puede extraer una memoria con los datos generales que se han introducido en el programa y los resultados que se han obtenido.

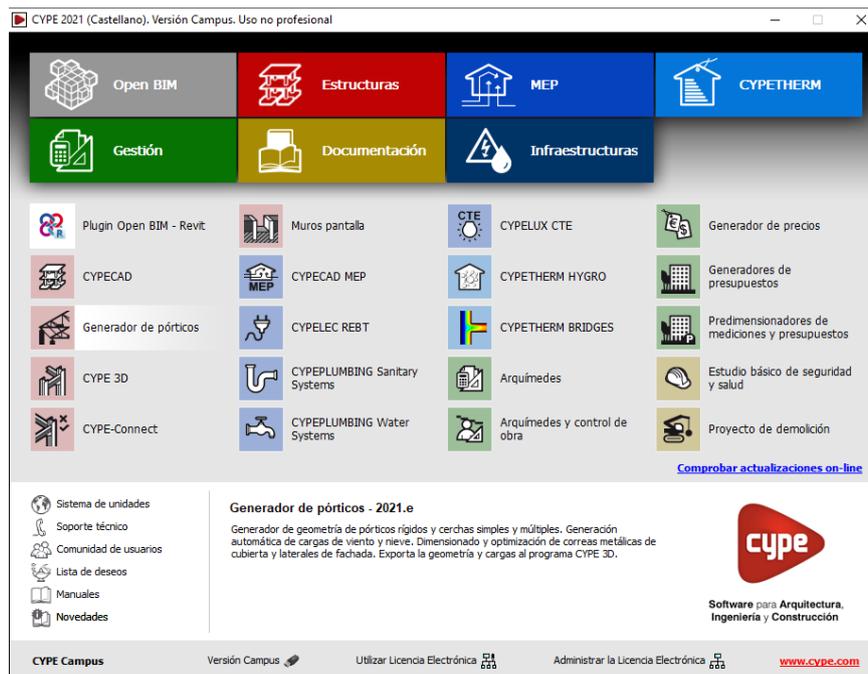


Figura 16. Menú del Generador de Pórticos

El módulo CYPE 3D es un módulo ágil y eficaz que permite realizar el cálculo de cualquier tipo de estructura que esté formada por barras de diferentes materiales, como hormigón, acero o aluminio entre otros. Para la realización de este proyecto se usan diferentes funcionalidades disponibles en el software, de forma que se crea una geometría completa introduciendo los diferentes elementos con sus modificaciones acordes a la estructura proyectada, se describen de manera funcional los nudos y las agrupaciones de barras, dimensionando su sección hasta lograr una máxima optimización. Una vez dimensionados todos los elementos, se procede a la introducción de los coeficientes de pandeo β , a través de la longitud de pandeo y el coeficiente de momentos para realizar una comprobación de pandeo lateral en cada barra. También existe la posibilidad de dimensionar los perfiles y limitar la flecha de las barras imponiendo una flecha máxima y relativa. A partir de esta introducción de datos, el programa efectúa el cálculo y la optimización de la estructura, y proporciona los resultados en forma de memoria justificativa, con los listados detallados de las comprobaciones realizadas según la normativa aplicable, y también proporciona una memoria de planos de la estructura.

A partir de este módulo de CYPE 3D se puede realizar la cimentación de la estructura y calcularla de forma conjunta con la edificación. Obteniendo a partir de aquí todos los datos y cálculos necesarios.

3.6.3. ARQUÍMEDES

Para la realización del presupuesto se utiliza el módulo de CYPE Arquímedes, se trata de un programa muy versátil para la gestión de proyectos, es muy completa en el ámbito de la realización de mediciones, presupuestos, pliegos y manuales.

El modo de trabajo de este programa es en base a bancos de precios paramétricos con precios múltiples en función de la localización de la obra.

4. ACCIONES

Es necesario conocer las cargas a las que está sometida la estructura para poder así determinar los esfuerzos que esta tiene que soportar, y dimensionar los elementos que componen la estructura metálica de manera que sean capaces de sostenerlo, pero sin sobredimensionarla, para no encarecer la estructura.

En este apartado se definen las acciones a las que se puede someter la estructura, y la implementación de estas acciones en el modelo del software utilizado.

4.1. DEFINICIÓN DE ACCIONES

Las acciones se dividen en tres grupos, como se ha indicado anteriormente. A continuación, se describe detalladamente cada grupo, relacionándolo con la estructura proyectada.

4.1.1. ACCIONES PERMANENTES

Las acciones permanentes son las que actúan de forma continua sobre la estructura. En este caso, son las relativas al peso propio del edificio y a las acciones del terreno sobre el que se edifica.

PESO PROPIO

Peso de todos los elementos fijos de estructura y cerramientos que componen la edificación.

El peso propio de la estructura depende de los elementos de construcción que se utilicen, que será detallado por el programa de cálculo una vez introducidos los datos.

Para la cubierta se utilizan paneles de acero tipo PANEL SANDWICH TAPAJUNTAS del GRUPO PANEL SÁNDWICH de color blanco en exterior e interior, de 40 mm de espesor, en base a la ficha técnica proporcionada por el fabricante. El peso de la cubierta es **11,00 kg/m²**.

AISLAMIENTO TÉRMICO Y PESO

PANEL SANDWICH	TRANSMISIÓN TÉRMICA	PESO
Espesor medio	Coefficiente K en W/m ² k	Kg/m ²
30 mm	0'68	10'60 Kg/m ²
40 mm	0'53	11'00 Kg/m ²
50 mm	0'43	11'40 Kg/m ²
60 mm	0'36	11'80 Kg/m ²
80 mm	0'27	12'60 Kg/m ²
100 mm	0'21	13'40 Kg/m ²
120 mm	0'17	14'20 Kg/m ²

Figura 17. Características de los paneles de acero. (GRUPO PANEL SANDWICH)

ACCIONES DEL TERRENO

Acciones producidas por el empuje del terreno sobre el que se construye la edificación. En este apartado se debe tener en cuenta la tensión admisible del terreno que nos indica el Estudio Geotécnico.

Tabla 4. Tensión admisible del terreno

TENSIÓN ADMISIBLE DEL TERRENO	0,20 N/mm ²
-------------------------------	------------------------

4.1.2. ACCIONES VARIABLES

Son las acciones que en un instante determinado pueden o no actuar sobre la estructura, y pueden cambiar de posición a lo largo de la vida útil de la misma. En el caso de la estructura del polideportivo, las acciones a las que se puede ver sometido son la sobrecarga de uso, las cargas de nieve y viento y las acciones térmicas.

SOBRECARGAS DE USO

Se trata de todas aquellas cargas que se puedan aplicar en el interior o sobre el edificio debido al uso que se da del mismo. Según el CTE-SE-AE en la tabla 3.1. que se muestra a continuación, las cargas que se deben considerar son las aplicadas únicamente sobre la cubierta. La cubierta es continua y no transitable, solo accesible para su conservación, con una inclinación menor al 20%. En base al CTE, se considera cubierta ligera aquella cuya carga permanente debido a su cerramiento de cubierta no supera 1 kN/m², cosa que ocurre en este caso, por lo que la sobrecarga es de 1 kN/m².

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Figura 18. Valores característicos de las sobrecargas de uso. [6].

NIEVE

En base al CTE, la distribución de la carga de nieve sobre la cubierta de un edificio depende del clima del lugar en el que se localiza la edificación, del tipo de precipitación, el relieve del entorno y de la forma de la cubierta principalmente. Según el apartado 3.5. del CTE, la carga de nieve por unidad de superficie (q_n) puede calcularse a través de la siguiente ecuación:

$$q_n = \mu * S_k$$

Ecuación 1. Carga de nieve

Siendo:

- μ el coeficiente de forma de la cubierta en base al apartado 3.5.3. del CTE.
- S_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal en base al apartado 3.5.2. del CTE.

Sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal

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

Figura 19. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia. [6].

En el caso del polideportivo, se encuentra en una localidad y no en una capital de provincia, por lo que para calcular el valor de la sobrecarga de nieve se utiliza el ANEJO E del CTE, mediante el cual se deduce la sobrecarga en función de la altitud y de la zona.

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Figura 20. Sobrecarga de nieve en terreno horizontal. [6].

La altitud de Peñafiel es de 754 metros, y la zona climática en la que se ubica es la ZONA 3. Por lo que realizando la interpolación lineal de los valores se obtiene un valor de la Sobrecarga de nieve es $S_k = 0,454 \text{ kN/m}^2$.



Figura 21. Ubicación de Peñafiel. Zonas climáticas de invierno.

Coeficiente de forma

En base al CTE se indica que para cubiertas con una inclinación menor o igual a 30°, se toma un coeficiente de forma $\mu=1$.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos, la carga de nieve por unidad de superficie tiene un valor de:

$$q_n = \mu * S_k = 1 * 0,454 = 0,454 \frac{kN}{m^2}$$

Ecuación 2. Resultado de la carga de nieve

Según el apartado 3.5.3. del CTE-DB-SE-AE, las nevadas pueden producirse acompañadas de viento, y esto puede originar depósitos irregulares de nieve acumulada en las cubiertas. Esto se tiene en cuenta reduciendo a la mitad el coeficiente de forma en las partes en las que el viento es favorable, en el caso de esta edificación, se considera que la exposición al viento es normal.

VIENTO

El valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio depende de la forma y de las dimensiones de la construcción, de sus características y de los materiales que conforman los elementos del edificio. También se debe tener en cuenta la localización geográfica de la estructura, el CTE dictamina la velocidad del viento en función de la ubicación, que ejerce la presión sobre los elementos verticales y la cubierta de la estructura.

Para la aplicación de la presión del viento sobre la estructura, se supone esta como una fuerza perpendicular a la superficie de incidencia, y se expresa en base al CTE mediante la siguiente expresión:

$$q_e = q_b * C_e * C_p$$

Ecuación 3. Presión estática

q_e : Presión estática del viento sobre el edificio.

q_b : Presión dinámica del viento en kN/m^2 .

C_e = Coeficiente de exposición.

C_p = Coeficiente eólico o de presión.

Los edificios se comprueban ante la acción del viento en todas las direcciones, sin que influya las posibles construcciones contiguas. Para cada dirección se consideran las acciones en los dos sentidos.

A continuación, se detalla la elección de los valores de los coeficientes para poder resolver la de la presión estática.

Presión dinámica del viento (q_b)

De forma simplificada se podría adoptar $0,5 \text{ kN/m}^2$, pero se puede obtener un valor más preciso en base al Anejo E del CTE, que establece el valor de la presión dinámica del viento en función de la localización de la estructura en el mapa, y de la altitud de la zona.

El valor de la presión dinámica se obtiene a partir de la expresión:

$$q_b = 0,5 * \delta * V_b^2$$

Ecuación 4. Presión dinámica

δ : Densidad del aire. Depende de la localización de la estructura y de la temperatura.

V_b : Valor básico de la velocidad del viento. Corresponde al valor de la velocidad media del viento a lo largo de un periodo de 10 minutos, realizando la medida en una zona plana y desprotegida a una altura de 10 metros sobre el suelo, conocido con el grado de aspereza.

A través del CTE se puede obtener el valor de la presión dinámica sin realizar la ecuación anterior, a través del mapa eólico de España. La zona eólica en la que se encuentra la localidad de Peñafiel es la ZONA A, al que le corresponde una velocidad de 26 m/s . El valor general que se toma para la densidad del aire es $1,25 \text{ kg/m}^3$. Por lo que la ecuación anterior resulta:

$$q_b = 0,5 * \delta * V_b^2 = 0,5 * 1,25 * 26^2 = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

Ecuación 5. Resultado de la Presión dinámica

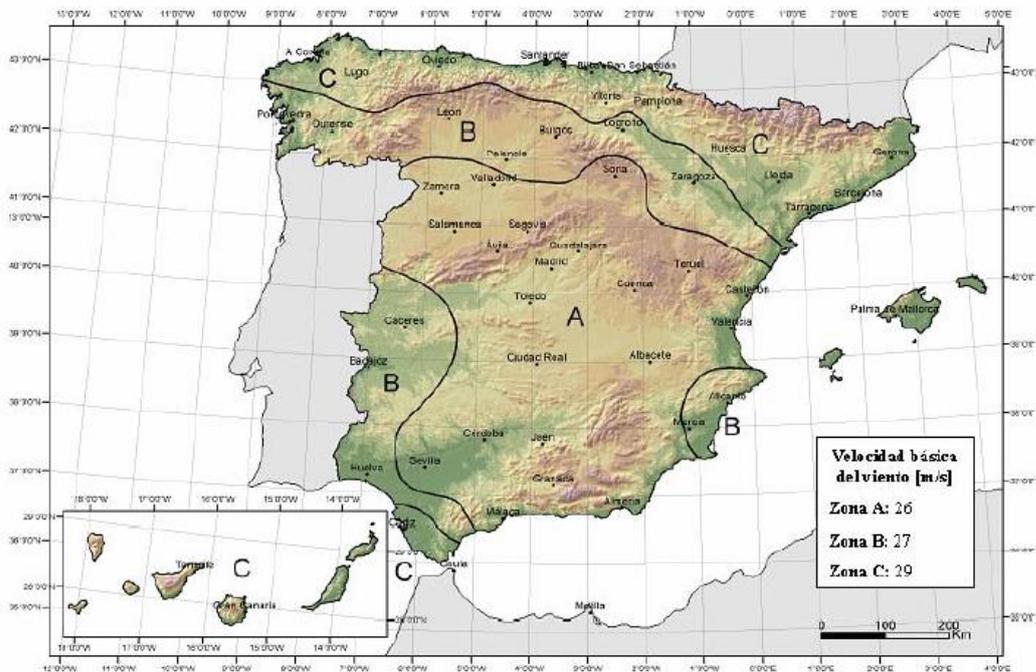


Figura 22. Mapa Eólico de España. [6].

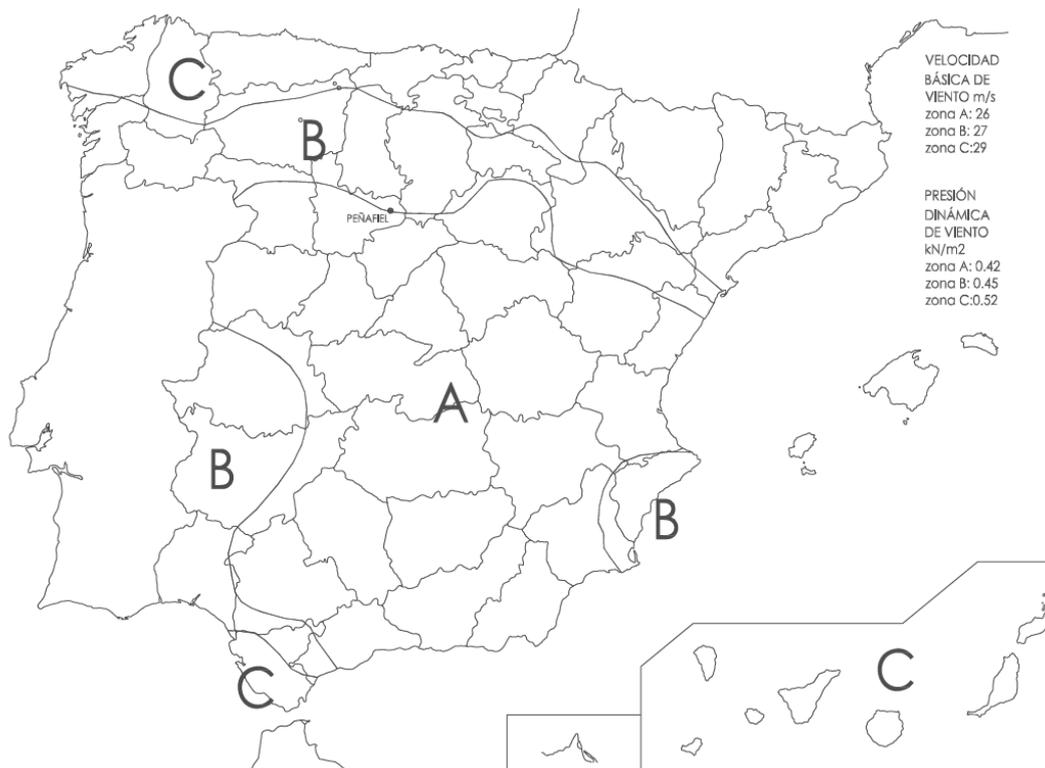


Figura 23. Ubicación de Peñafiel. Mapa Eólico de España.

Coefficiente de exposición. (C_e)

Es un coeficiente que tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno, varía con la altura del punto considerado y con el grado de aspereza del entorno en el que se ubica la edificación. Se determina en base a lo establecido en el apartado 3.3.3. del CTE. La altura del punto considerado es la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

Tabla 3.3 Valores del coeficiente de exposición c_e

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	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
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	1,8	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

Figura 24. Valores del coeficiente de exposición c_e . [6].

En el caso de la estructura del polideportivo, la altura de coronación de la estructura es 15,50 metros y la altura del faldón es 13,50 metros, el grado de aspereza del entorno es IV (zona urbana en general, industrial o forestal), por lo que el valor del coeficiente de exposición se calcula interpolando los valores, y se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Valor de C_e

Altura de coronación. 15,50 metros	Altura del faldón de cubierta. 13,50 metros
$C_e = 2,12$	$C_e = 2$

Para un cálculo más preciso se pueden emplear las fórmulas recogidas en el Anejo D del CTE que se describen a continuación:

$$C_e = F * (F + 7 * k)$$

Ecuación 6. Coeficiente de exposicion

$$F = k * \ln \left(\max \frac{(z, Z)}{L} \right)$$

Ecuación 7. Valor de F

Siendo k, L y Z parámetros característicos del entorno recogidos en la figura siguiente. En este caso el grado de aspereza es el IV, por lo que los valores de los parámetros son:

- $k = 0,22$
- $L = 0,3 \text{ m}$
- $Z = 5,0 \text{ m}$

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
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	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Figura 25. Coeficientes para el tipo de entorno. [6].

En el caso del polideportivo, se utilizan los valores del coeficiente de exposición que se describen en la tabla de Valor de C_e .

Coeficiente eólico o de presión. (C_p)

Es un coeficiente que depende de la forma y la orientación de la superficie respecto al viento. Su valor se establece en base a los apartados 3.3.4. y 3.3.5. del CTE.

El valor del coeficiente eólico depende del tipo de edificación, para pisos con forjados que conectan las fachadas (con huecos), se deben considerar los coeficientes eólicos globales a

barlovento recogidos en la tabla 3.4. del CTE, en función de la superficie de proyección del volumen del edificio.

En el caso de este proyecto, la construcción es una estructura diáfana, sin forjados que conectan las fachadas, por lo que la acción del viento se debe individualizar en cada elemento de la superficie exterior. En el caso de que la edificación presente huecos de grandes dimensiones se debe estudiar la acción del viento en el interior de la estructura, en este caso, la edificación no presenta huecos de grandes dimensiones, salvo las puertas de acceso a las diferentes zonas, por lo que no es necesario en este caso tener en cuenta la acción interior del viento.

$$c_{p,int} = 0$$

Ecuación 8. Acciones interiores

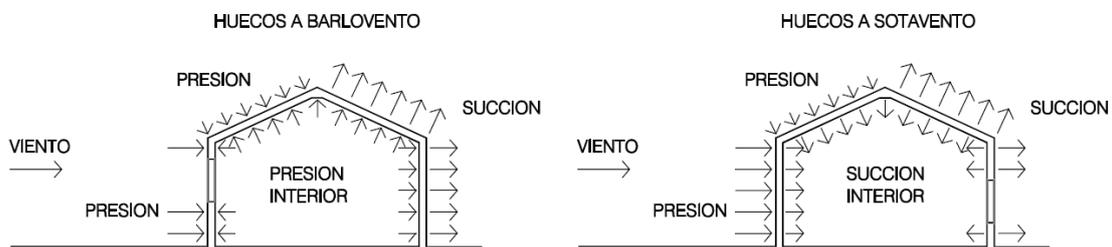


Figura 26. Presiones ejercidas por el viento en construcciones diáfnas. [6].

Por lo tanto, para este proyecto se centran los estudios en el coeficiente eólico de presión exterior, que depende de la dirección relativa del viento y de la forma y dimensiones del edificio. Para ello se utilizan los epígrafes del CTE comprendidos entre el D.3. y el D.13.

Los coeficientes de presión exterior (c_p) dependen de la dirección del viento, la forma del edificio, de la posición de los elementos considerados y del área de influencia. A través de las tablas del Anejo D del CTE, se detallan diversos coeficientes de presión para distintas construcciones.

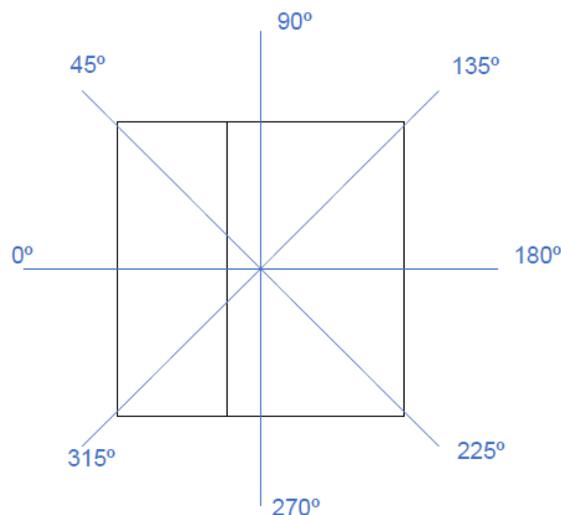


Figura 27. Posibles ángulos de incidencia del viento

Las hipótesis a estudiar son 4 para paramentos verticales y para cubiertas:

- Viento incidente a 0°
- Viento incidente a 90°
- Viento incidente a 180°
- Viento incidente a 270°

Paramentos verticales

En este caso, la zona D corresponde con la cara incidente del viento, y la zona E a la cara opuesta. Las zonas A, B y C se encuentran en la cara al rebufo del viento en función de la incidencia de este. Se analiza a continuación cada hipótesis detallada en el CTE que se adapte a las características de la construcción. Debido a la incidencia del viento por los cuatro alzados de la edificación, se rota la nave en cada dirección de forma que se pueda analizar la incidencia del viento.

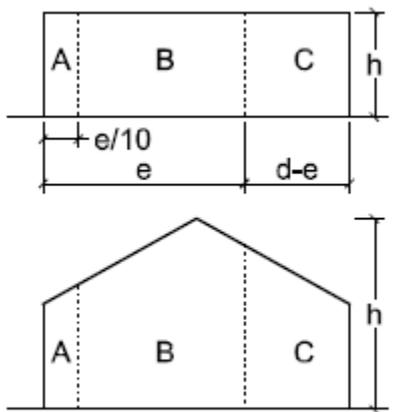


Figura 28. Alzados Ejemplo (CTE).

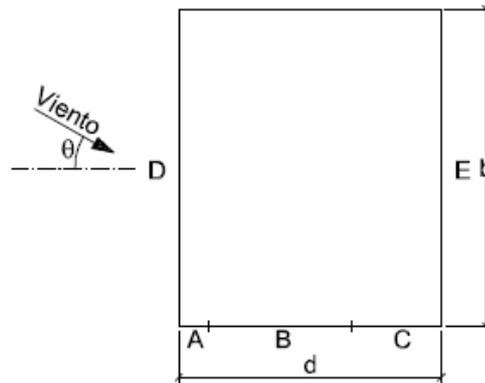


Figura 29. Planta Ejemplo (CTE)



Figura 30. Detalle de la altura de coronación del edificio. [6].

VIENTO A 0°

La primera hipótesis analizada es en la que el viento incide en un rango de ángulos comprendidos entre 315° y 45° . En este caso las zonas D y E corresponden a los laterales del polideportivo, y las zonas A, B y C con uno de los frontales. Las anchuras se calculan a través de la tabla D.1. del Anejo D del CTE DBS SE-AE.

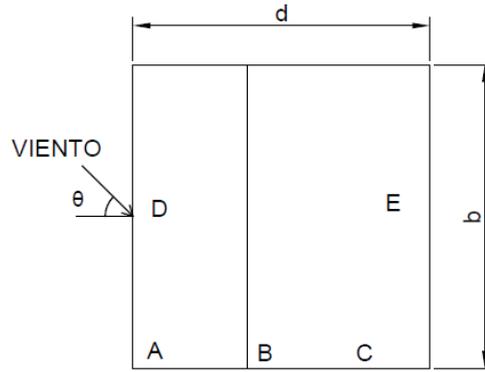


Figura 31. Zonas a 0°. Paramentos verticales

$$h = 15,5 \text{ m} \quad b = 44 \text{ m} \quad d = 42,6 \text{ m}$$

$$e = \min(b, 2h) = \min(44, 2 * 15,5) = 31 \text{ m}$$

$$A = \frac{e}{10} = 3,1 \text{ m} \quad B = e - \frac{e}{10} = 27,9 \text{ m} \quad C = d - e = 11,6 \text{ m}$$

$$D = 44 \text{ m} \quad E = 44 \text{ m}$$

Ecuación 9. Viento a 0°

$h/d = 0,364$, pero se aproxima a un valor $\leq 0,25$ por simplicidad de cálculo a la hora de tomar los valores de la tabla.

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Figura 32. Tabla de coeficientes, (CTE)

Tabla 6. Resultados de los coeficientes

A(m ²)	h/d	A	B	C	D	E
≥ 10	≤ 0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

El objetivo será conseguir un solo coeficiente por cara, por lo que se simplifica de esta forma el proceso y se crea un error que puede considerarse despreciable. Se calcula un valor promedio para la cara de rebufo, denominado ABC, que se reduce al siguiente valor:

$$ABC = \frac{A * \frac{e}{10} + B * \frac{9 * e}{10} + C * (d - e)}{d} = -0,7474$$

Ecuación 10. Resultado ABC en zonas a 0°.

A continuación, se recogen los datos de los cálculos en una tabla resumen:

Tabla 7. Datos de coeficientes a 0°

	A	B	C	D	E
$C_{p,ext}$	-0,74			0,7	-0,3
Ancho (m)	3,1	27,9	11,6	44	44

A partir de estos valores se pueden calcular los términos de la presión exterior, que se necesitan para poder calcular la carga estática de viento que se buscaba desde el inicio.

Tabla 8. Resultados de la carga estática a 0°.

	ABC	D	E
$C_{e,ext}$	2,00	2,00	2,00
$C_{p,ext}$	-0,74	0,7	-0,3
q_b	0,42	0,42	0,42
$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	0,622	0,588	-0,252

VIENTO A 90°

Esta hipótesis analizada describe la incidencia del viento en un rango de ángulos comprendidos entre 45° y 135°. En este caso las zonas D y E corresponden a los frontales del polideportivo, y las zonas A, B y C con uno de los laterales. Las anchuras se calculan a través de la tabla D.1. del Anejo D del CTE DBS SE-AE.

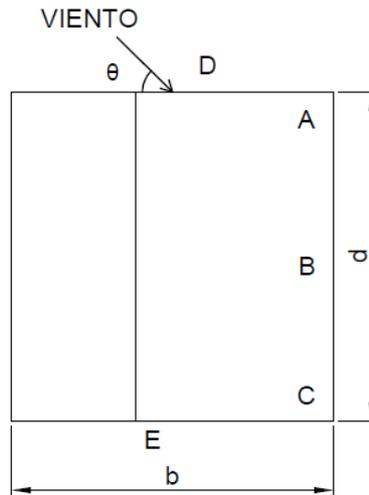


Figura 33. Zonas viento a 90°

$$h = 15,5 \text{ m} \quad b = 42,6 \text{ m} \quad d = 44 \text{ m} \quad e = \min(b, 2h) = \min(42,6; 2 * 15,5) = 31 \text{ m}$$

$$A = 3,1 \text{ m} \quad B = 27,9 \text{ m} \quad C = 13 \text{ m} \quad D = 42,6 \text{ m} \quad E = 42,6 \text{ m}$$

Ecuación 11. Viento a 90°

$h/d = 0,364$, pero se aproxima a un valor $\leq 0,25$ por simplicidad de cálculo a la hora de tomar los valores de la tabla.

Tabla 9. Resultado de coeficientes

A(m ²)	h/d	A	B	C	D	E
≥ 10	$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

$$ABC = \frac{A * \frac{e}{10} + B * \frac{9 * e}{10} + C * (d - e)}{d} = -0,7395$$

Ecuación 12. Resultado ABC en zonas a 90°

Tabla 10. Datos de coeficientes a 90°

	A	B	C	D	E
C _{p,ext}	-0,739			0,7	-0,3
Ancho (m)	3,1	27,9	13	42,6	42,6

A partir de estos valores se pueden calcular los términos de la presión exterior, que se necesitan para poder calcular la carga estática de viento que se buscaba desde el inicio.

Tabla 11. Resultados de la carga estática a 90°

	ABC	D	E
$C_{e,ext}$	2,00	2,00	2,00
$C_{p,ext}$	-0,74	0,7	-0,3
q_b	0,42	0,42	0,42
$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	0,620	0,588	-0,252

VIENTO A 180°

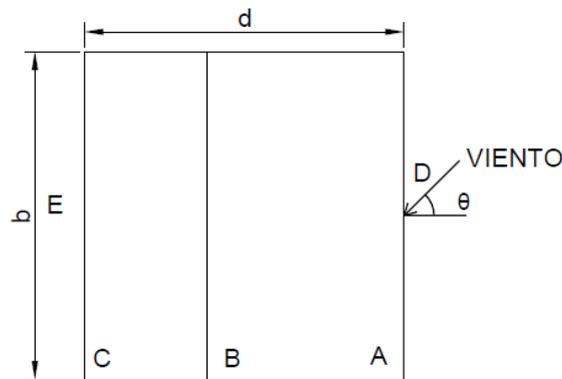


Figura 34. Zonas viento a 180°

$$h = 15,5 \text{ m} \quad b = 44 \text{ m} \quad d = 42,6 \text{ m} \quad e = \min(b, 2h) = \min(44, 2 * 15,5) = 31 \text{ m}$$

$$A = 3,1 \text{ m} \quad B = 27,9 \text{ m} \quad C = 11,6 \text{ m} \quad D = 44 \text{ m} \quad E = 44 \text{ m}$$

Ecuación 13. Viento a 180°

$h/d = 0,364$, pero se aproxima a un valor $\leq 0,25$ por simplicidad de cálculo a la hora de tomar los valores de la tabla.

Tabla 12. Resultado de coeficientes

A(m²)	h/d	A	B	C	D	E
≥ 10	$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

$$ABC = \frac{A * \frac{e}{10} + B * \frac{9 * e}{10} + C * (d - e)}{d} = -0,7474$$

Ecuación 14. Resultado ABC a 180°

Tabla 13. Datos de coeficientes a 180°

	A	B	C	D	E
$C_{p,ext}$		-0,74		0,7	-0,3
Ancho (m)	3,1	27,9	11,6	44	44

A partir de estos valores se pueden calcular los términos de la presión exterior, que se necesitan para poder calcular la carga estática de viento que se buscaba desde el inicio.

Tabla 14. Resultados de la carga estática a 180°

	ABC	D	E
$C_{e,ext}$	2,00	2,00	2,00
$C_{p,ext}$	-0,74	0,7	-0,3
q_b	0,42	0,42	0,42
$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	0,622	0,588	-0,252

Se puede observar que los valores son los mismos que los calculados en viento a 0°, ya que la nave es simétrica.

VIENTO A 270°

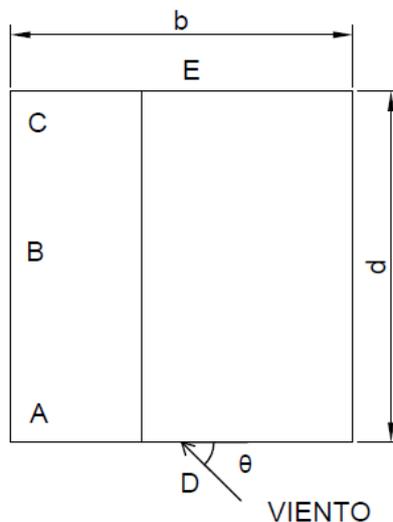


Figura 35. Zonas viento a 270°

$$h = 15,5 \text{ m} \quad b = 42,6 \text{ m} \quad d = 44 \text{ m} \quad e = \min(b, 2h) = \min(42,6; 2 * 15,5) = 31 \text{ m}$$

$$A = 3,1 \text{ m} \quad B = 27,9 \text{ m} \quad C = 13 \text{ m} \quad D = 42,6 \text{ m} \quad E = 42,6 \text{ m}$$

Ecuación 15. Viento a 270°

$h/d = 0,35$, pero se aproxima a un valor $\leq 0,25$ por simplicidad de cálculo a la hora de tomar los valores de la tabla.

Tabla 15. Resultado de coeficientes

A(m ²)	h/d	A	B	C	D	E
≥ 10	≤ 0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

$$ABC = \frac{A * \frac{e}{10} + B * \frac{9 * e}{10} + C * (d - e)}{d} = -0,7395$$

Ecuación 16. Resultado ABC a 270°

Tabla 16. Datos de coeficients a 270°

	A	B	C	D	E
C _{p,ext}	-0,739			0,7	-0,3
Ancho (m)	3,1	27,9	13	42,6	42,6

A partir de estos valores se pueden calcular los términos de la presión exterior, que se necesitan para poder calcular la carga estática de viento que se buscaba desde el inicio.

Tabla 17. Resultados de la carga estática a 270°

	ABC	D	E
C _{e,ext}	2,00	2,00	2,00
C _{p,ext}	-0,74	0,7	-0,3
q _b	0,42	0,42	0,42
q _e = q _b * C _{e,ext} * C _{p,ext}	0,620	0,588	-0,252

En este caso, los valores también coinciden con los calculados a 180° debido a la simetría.

Cubiertas a dos aguas

En este apartado se calculan los coeficientes de presión exterior relativos a los aleros de la cubierta. Para ello se emplean las tablas del Anejo D.4. del CTE DB SE-AE, relativas en este caso a cubiertas inclinadas a dos aguas.

Igual que en los paramentos verticales, la cubierta cuenta con distintas zonas de carga, por lo que se estudian diferentes hipótesis de viento incidente.

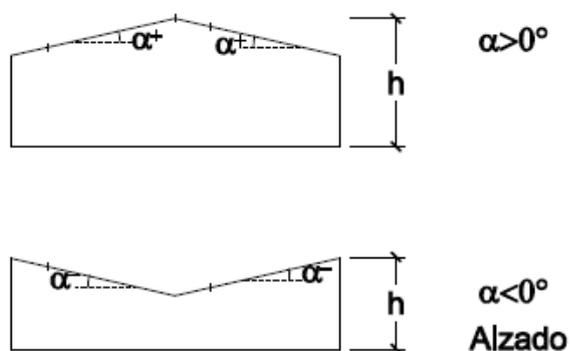


Figura 36. Alzado de ejemplo. (CTE)

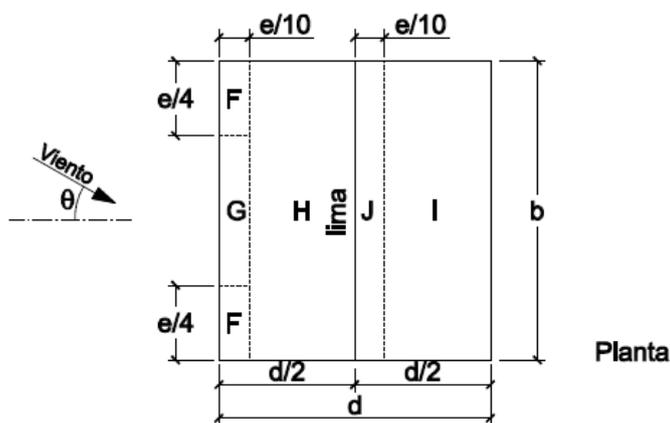


Figura 37. Planta ejemplo a 0°. [6].

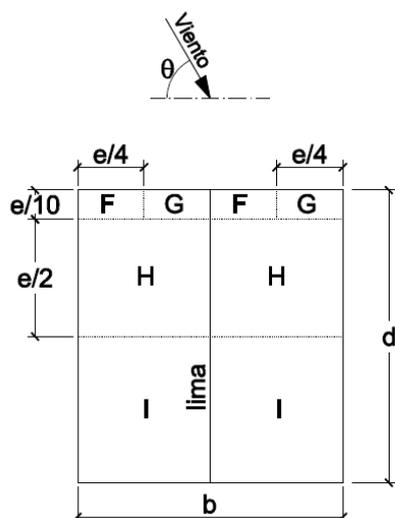


Figura 38. Planta ejemplo a 90°. [6].

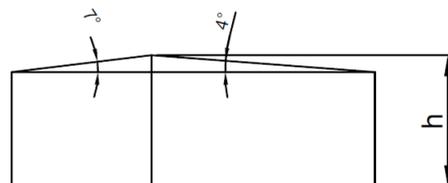


Figura 39. Alzado de la edificación

VIENTO A 0°

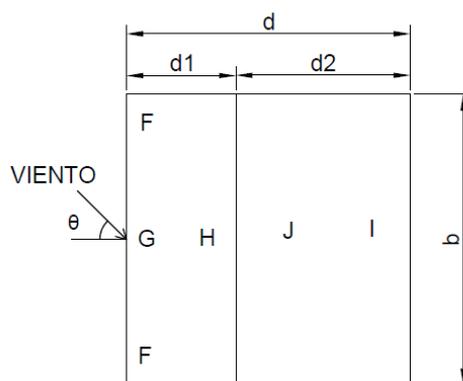


Figura 40. Zonas viento a 0°

$$h = 15,5 \text{ m} \quad b = 44 \text{ m} \quad d = 42,6 \text{ m} \quad e = \min(b, 2h) = \min(44, 2 * 15,5) = 31 \text{ m}$$

$$d1 = 16,4 \text{ m} \quad d2 = 26,2 \text{ m}$$

Ecuación 17. Viento a 0°

Con estos parámetros se pueden deducir las zonas de carga:

Tabla 18. Resultados de coeficientes

	F	G	H	I	J
Dimensión 1 (m)	7,75	28,5	44	44	44
Dimensión 2 (m)	3,1	3,1	13,3	23,1	3,1
Área (m ²)	24,025	88,35	585,2	1016,4	136,4

Para obtener los coeficientes, se debe tener en cuenta que la cubierta se compone de dos aguas de diferente inclinación, ya que cubren zonas de diferentes dimensiones. Por lo que se debe analizar cada zona de la cubierta. Por otro lado, se puede ver en la tabla que el viento solicita a la nave de dos modos distintos ya que aparecen dos valores diferentes, por lo que se obtienen dos valores de coeficiente de presión exterior, y contemplando las dos pendientes de cubierta, se obtienen en total 4 valores del coeficiente.

En la tabla del CTE no aparecen todos los valores de la inclinación, por lo que se debe realizar una interpolación lineal para obtener los valores acordes a la inclinación de las dos zonas.

Los valores de las pendientes en las cubiertas son de aproximadamente 7° y 4,36° (el cual aproximaremos a 5° para simplificar las cuentas).

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	0,2	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
30°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
60°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
90°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
105°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
120°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
135°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

Figura 41. Datos de coeficientes. [6].

$$C_{p,ext\ FG H} = \frac{[F * S_F + G * S_G + H * S_H]}{S_{Atero}}$$

$$C_{p,ext\ IJ} = \frac{[I * S_I + J * S_J]}{S_{Atero}}$$

Ecuación 18. Coeficientes por zonas

Tabla 19. Tipo 1. Valores de coeficientes

TIPO 1	F	G	H	I	J
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
$C_{p,ext}(\alpha=15^\circ)$	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ (Tabla)	-1,54	-1,12	-0,54	-0,56	-0,04
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	-0.648		-0.498		
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	-0.714		-0.505		

Tabla 20. Tipo 2. Valores de coeficientes

TIPO 2	F	G	H	I	J
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$	0	0	0	-0,6	-0,6
$C_{p,ext}(\alpha=15^\circ)$	0,2	0,2	0,2	0	0
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ (Tabla)	0,04	0,04	0,04	-0,48	-0,48
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	0,04		-0,48		
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	0		-0,6		

Con estos coeficientes calculados, se puede obtener el valor de la carga estática de viento.

Tabla 21. Tipo 1. Carga elástica de viento

	TIPO 1	FGH	IJ
	$C_{e,ext}$	2,12	2,12
ZONA 1	$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	-0,648	-0,498
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	-0,577	-0,443
ZONA 2	$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	-0.714	-0.505
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	-0,636	-0,45

Tabla 22. Tipo 2. Carga elastica de viento

	TIPO 2	FGH	IJ
	$C_{e,ext}$	2,12	2,12
ZONA 1	$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	0,04	-0,48
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	0,036	-0,427
ZONA 2	$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	0	-0,6
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	0	-0,534

VIENTO A 90°

Las cargas de viento en la cubierta inciden sobre una de las frontales.

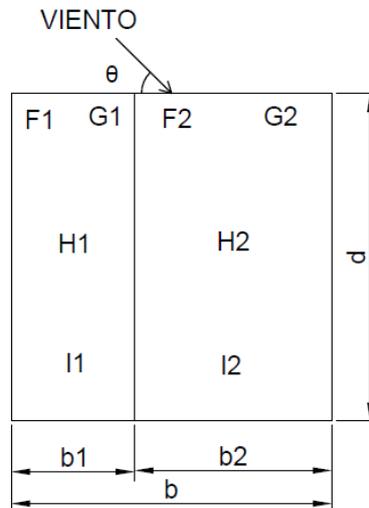


Figura 42. Zonas viento a 90°

$$h = 15,5 \text{ m} \quad b = 42,6 \text{ m} \quad d = 44 \text{ m} \quad e = \min(b, 2h) = \min(44, 2 * 15,5) = 31 \text{ m}$$

$$b_1 = 16,4 \text{ m} \quad b_2 = 26,2 \text{ m}$$

Ecuación 19. Viento a 90°

Tabla 23. Resultados de coeficientes

	F1	G1	H1	I1	F2	G2	H2	I2
Dimensión 1 (m)	3,1	3,1	15,5	25,4	3,1	3,1	15,5	25,4
Dimensión 2 (m)	7,75	8,65	16,4	16,4	18,45	7,75	26,2	26,2
Área (m ²)	24,025	26,82	254,2	416,56	57,195	24,025	406,1	665,48

En este caso, se puede ver en la tabla que el viento solicita de una única forma la cubierta, por lo que solo se centra el cálculo en distinguir las dos zonas de inclinación, se tendrán 4 valores de coeficiente, ya que las zonas de carga no serán simétricas en la nave debido a las dimensiones de cada zona.

Tabla 24. Valores de coeficientes

	F1	G1	H1	I1	F2	G2	H2	I2
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
$C_{p,ext}(\alpha=15^\circ)$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ (Tabla)	-1,54	-1,3	-0,68	-0,58	-1,54	-1,3	-0,68	-0,58
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	-0,674				-0,678			
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	-0,695				-0,699			

Tabla 25. Carga elástica de viento

		F1G1H1I1	F2G2H2I2
	$C_{e,ext}$	2,12	2,12
ZONA 1	$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	-0,695	-0,699
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	-0,695	-0,699
ZONA 2	$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	-0,674	-0,678
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	-0,600	-0,604

VIENTO A 180°

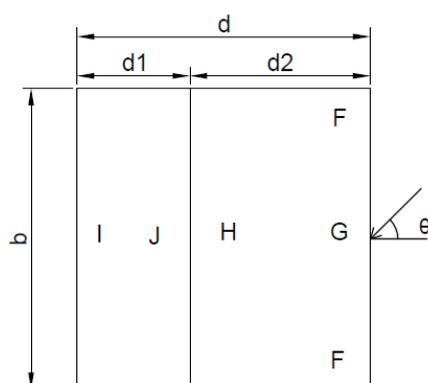


Figura 43. Zonas viento a 1800°

$$h = 15,5 \text{ m} \quad b = 44 \text{ m} \quad d = 42,6 \text{ m} \quad e = \min(b, 2h) = \min(44, 2 * 15,5) = 31 \text{ m}$$

$$d1 = 16,4 \text{ m} \quad d2 = 26,2 \text{ m}$$

Ecuación 20. Viento a 180°

Tabla 26. Resultados de coeficientes

	F	G	H	I	J
Dimensión 1 (m)	7,75	28,5	44	44	44
Dimensión 2 (m)	3,1	3,1	23,1	13,3	3,1
Área (m ²)	24,025	88,35	1016,4	585,2	136,4

Tabla 27. Tipo 1. Valores de coeficientes

TIPO 1	F	G	H	I	J
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
$C_{p,ext}(\alpha=15^\circ)$	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ (Tabla)	-1,54	-1,12	-0,54	-0,56	-0,04
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	-0,607		-0,462		
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	-0,670		-0,449		

Tabla 28. Tipo 2. Valores de coeficientes

TIPO 2	F	G	H	I	J
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$	0	0	0	-0,6	-0,6
$C_{p,ext}(\alpha=15^\circ)$	0,2	0,2	0,2	0	0
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ (Tabla)	0,04	0,04	0,04	-0,48	-0,48
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	0,04		-0,48		
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	0		-0,6		

Con estos coeficientes calculados, se puede obtener el valor de la carga estática de viento.

Tabla 29. Tipo 1. Carga elástica de viento

	TIPO 1	FGH	IJ
	$C_{e,ext}$	2,12	2,12
ZONA 1	$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	-0,607	-0,462
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	-0,540	-0,411
ZONA 2	$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	-0,670	-0,449
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	-0,597	-0,40

Tabla 30. Tipo 2. Carga elástica de viento

	TIPO 2	FGH	IJ
	$C_{e,ext}$	2,12	2,12
ZONA 1	$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	0,04	-0,48
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	0,036	-0,427
ZONA 2	$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	0	-0,6
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	0	-0,534

VIENTO A 270°

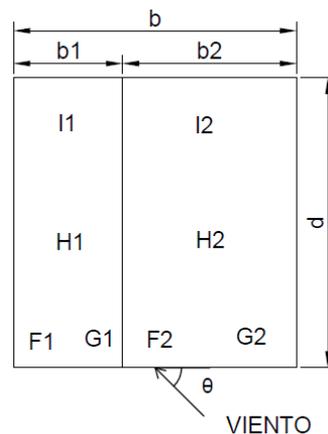


Figura 44. Zonas viento a 270°

$$h = 15,5 \text{ m} \quad b = 42,6 \text{ m} \quad d = 44 \text{ m} \quad e = \min(b, 2h) = \min(42,6, 2 * 15,5) = 31 \text{ m}$$

$$b1 = 16,4 \text{ m} \quad b2 = 26,2 \text{ m}$$

Ecuación 21. Viento a 270°

Tabla 31. Resultados de coeficientes

	F1	G1	H1	I1	F2	G2	H2	I2
Dimensión 1 (m)	3,1	3,1	15,5	25,4	3,1	3,1	15,5	25,4
Dimensión 2 (m)	7,75	8,65	16,4	16,4	18,45	7,75	26,2	26,2
Área (m ²)	24,025	26,82	254,2	416,56	57,195	24,025	406,1	665,48

En este caso, se puede ver en la tabla que el viento solicita de una única forma la cubierta, por lo que solo se centra el cálculo en distinguir las dos zonas de inclinación, se tendrán 4 valores de coeficiente, ya que las zonas de carga no serán simétricas en la nave debido a las dimensiones de cada zona. El procedimiento es el mismo que para el viento a 90°, ya que las cargas de viento son simétricas.

Tabla 32. Valores de coeficientes.

	F1	G1	H1	I1	F2	G2	H2	I2
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
$C_{p,ext}(\alpha=15^\circ)$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ (Tabla)	-1,54	-1,3	-0,68	-0,58	-1,54	-1,3	-0,68	-0,58
$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	-0,674				-0,678			
$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	-0,695				-0,699			

Tabla 33. Carga elástica de viento

		F1G1H1I1	F2G2H2I2
	$C_{e,ext}$	2,12	2,12
ZONA 1	$C_{p,ext}(\alpha=7^\circ)$ ZONA 1	-0,695	-0,699
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	-0,695	-0,699
ZONA 2	$C_{p,ext}(\alpha=5^\circ)$ ZONA 2	-0,674	-0,678
	q_b	0,42	0,42
	$q_e = q_b * C_{e,ext} * C_{p,ext}$	-0,600	-0,604

Presión estática del viento (q_e)

En las tablas anteriores se recogen todos los cálculos realizados para la obtención del valor de la presión estática del viento, para cada una de la hipótesis estudiada en cada caso.

ACCIONES TÉRMICAS

Son las acciones producidas por las variaciones de temperatura a las que se someten las estructuras, que provocan deformaciones y cambios geométricos en ellas. En base al CTE, la magnitud de las deformaciones depende de las condiciones climáticas del lugar, la orientación y la exposición del edificio, así como las características y las propiedades de los materiales utilizados en la construcción. Estas deformaciones producen unas tensiones en los elementos estructurales que pueden ser fatales con el paso del tiempo, para disminuir estas tensiones se utilizan juntas de dilatación en la estructura. Cuando un edificio dispone de estas juntas, de forma que no existan elementos continuos de más de 40 metros de longitud, podrán no considerarse las acciones térmicas, como es el caso de la estructura del polideportivo construida.

4.1.3. ACCIONES ACCIDENTALES

Son las acciones cuya probabilidad de ocurrir no es muy grande, pero que si ocurren podrían suponer unos daños considerables o fatales en la estructura.

ACCIONES SÍSMICAS

Las acciones sísmicas se basan en la Norma de Construcción Sismorresistente (NSCE-02). Esta norma es de obligado cumplimiento para edificios de nueva construcción, salvo que se trate de construcciones de importancia moderada, de importancia especial cuya aceleración sísmica básica sea inferior a 0,04g (siendo g la aceleración de la gravedad) o construcciones de importancia normal que no superen las siete plantas construidas mediante pórticos arriostrados en todas las direcciones, y cuya aceleración sea menor de 0,08g.

A través del mapa sísmico de España, se puede ver que la localidad de Peñafiel se encuentra en una zona con una aceleración sísmica básica menor a 0,04g, coincidiendo con el dato que ofrece el estudio geotécnico del terreno. Por ello, no se consideran las acciones sísmicas en la realización del proyecto.

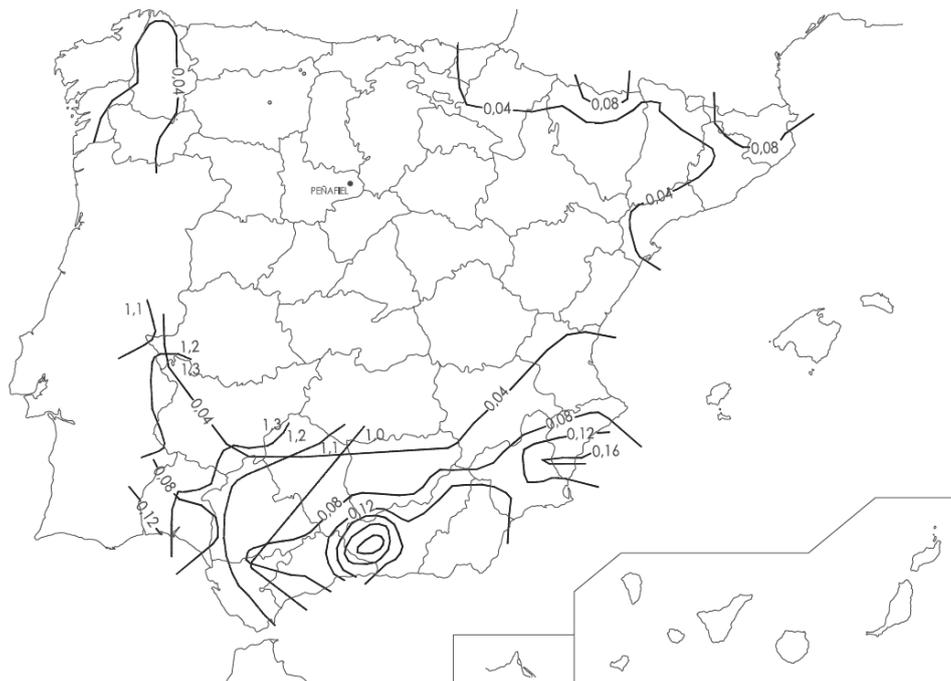


Figura 45. Peñafiel localizado en el mapa sísmico de España.

FUEGO

Estas acciones se producen por un incendio que pueda afectar a la estructura portante, y por ello provocar el colapso de esta. Estas acciones se basan en el Documento Básico del Código Técnico de la Edificación – Seguridad en caso de incendio, en el que se recogen las exigencias básicas de seguridad que deben seguirse en caso de que se produzca un incendio. El principal objetivo que persigue es reducir el aceptablemente el riesgo de sufrir daños al que se encuentran sometidos los usuarios de las instalaciones deportivas derivados de un incendio que se produce de manera accidental. Entre estas exigencias básicas se encuentra el estudio de la propagación del fuego en el interior y el exterior del edificio, la evacuación de los ocupantes, la intervención de los bomberos en su extinción, las instalaciones de protección y detección de incendios y la resistencia al fuego que se exige a la estructura durante su construcción.

En el desarrollo de este proyecto no se detallan aspectos concretos de propagación, evacuación o instalaciones de las que debe disponer un polideportivo para reducir el riesgo de incendio, ya que no entran dentro del cálculo estructural, objetivo principal de este trabajo. Por lo que únicamente se tiene en cuenta la sección que trata sobre la resistencia al fuego que debe garantizar la estructura portante para ofrecer un buen resultado durante su vida útil.

En base al CTE – Seguridad en caso de incendio, un elemento estructural tiene suficiente resistencia al fuego si durante un incendio el valor del cálculo del efecto de las acciones en cada instante de tiempo no supera el valor de la resistencia de ese elemento. En las tablas 3.1. y 3.2. (Imagen 9 y 10) del CTE se representa el tiempo en minutos de resistencia ante la acción representada por la curva normalizada tiempo-temperatura en función de la clase a la que pertenece la edificación.

Uso del sector de incendio considerado ⁽¹⁾	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		altura de evacuación del edificio		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar ⁽²⁾	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 ⁽³⁾	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 ⁽⁴⁾		

⁽¹⁾ La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa sectores de incendio es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un sector de incendios, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la resistencia al fuego suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

⁽²⁾ En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

⁽³⁾ R 180 si la altura de evacuación del edificio excede de 28 m.

⁽⁴⁾ R 180 cuando se trate de aparcamientos robotizados.

Figura 46. Resistencia al fuego suficiente de elementos estructurales. [6].

Riesgo especial bajo	R 90
Riesgo especial medio	R 120
Riesgo especial alto	R 180

⁽¹⁾ No será inferior al de la estructura portante de la planta del edificio excepto cuando la zona se encuentre bajo una cubierta no prevista para evacuación y cuyo fallo no suponga riesgo para la estabilidad de otras plantas ni para la compartimentación contra incendios, en cuyo caso puede ser R 30.

La resistencia al fuego suficiente R de los elementos estructurales de un suelo de una zona de riesgo especial es función del uso del espacio existente bajo dicho suelo

Figura 47. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales en zonas de riesgo. [6].

En el caso del polideportivo, se utiliza únicamente la tabla 3.1. ya que se tienen en cuenta los elementos estructurales, pero ninguno de ellos es de riesgo especial. El uso del sector de incendio se considera de pública concurrencia, la estructura es metálica y la altura de evacuación del edificio se establece en menor o igual a 15 metros, por lo que se considera una resistencia **R90**.

IMPACTOS Y EXPLOSIONES

Se trata de las acciones producidas por el choque de elementos externos contra la estructura. Dependen de la masa, la geometría y la velocidad del cuerpo que impacta, y de la deformación y el amortiguamiento del cuerpo y de la estructura. En el Documento Básico se consideran solo las acciones que son debidas a impactos accidentales. Respecto a los impactos que se pueden producir en la estructura que se detalla en este proyecto, no se prevé la circulación interna de ningún vehículo, así como tampoco se dispone de acceso de vehículos en la parte exterior. Por ende, no se tienen en cuenta las acciones por posibles impactos en la estructura del polideportivo.

4.2. COMBINACIONES DE ACCIONES

A partir de las acciones determinadas en el apartado anterior, se deben combinar entre sí, de forma que se pueda comprobar que la estructura portante cumple una serie de requisitos mínimos en la situación más desfavorable que pueda ocurrir. Para realizar esa combinación de acciones, se ha establecido como base el apartado 3 del CTE-DB-SE, que describe los estados límite como “aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido”.

4.2.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Son los estados de carga que, al ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque produce un estado de fuera de servicio del edificio o el posible colapso total o parcial de este. Se consideran estados límite últimos los casos siguientes:

- La pérdida de equilibrio del edificio o de una parte independiente de ella que se considere un cuerpo rígido.
- El fallo por deformación excesiva, cuando la estructura o parte de ella se convierte en un mecanismo.
- La rotura de los elementos estructurales que la componen, como el fallo por agotamiento de resistencia de las uniones o el fallo por la actuación de cargas repetidas a lo largo del tiempo.

VERIFICACIONES DE LA CAPACIDAD PORTANTE

Se considera que la zona del edificio a calcular tiene suficiente estabilidad si para todas las situaciones de dimensionado se cumple la siguiente condición:

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

Ecuación 22. Capacidad portante

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

Se considera que hay suficiente resistencia de la estructura portante si al aplicar las distintas combinaciones de cargas se cumple la siguiente condición:

$$E_d \leq R_d$$

Ecuación 23. Capacidad resistente

Siendo E_d el valor de cálculo del efecto de las acciones y R_d el valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

COMBINACIÓN DE LAS ACCIONES

Por un lado, se trata de determinar el valor del cálculo de los efectos producidos por una **situación persistente o transitoria**, y se determina a partir de la siguiente expresión:

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

Ecuación 24. Situación persistente o transitoria.

El primer término se refiere al coeficiente parcial de seguridad y se considera la actuación simultanea de todas las acciones permanentes ($\gamma_{G,j} * G_{k,j}$), el pretensado ($\gamma_P * P$) y las acciones variables ($\gamma_{Q,1} * Q_{k,1}$). Este valor de Q se obtiene de la tabla 4.1 del CTE-DB-SE.

El segundo término se refiere al coeficiente de simultaneidad, y se consideran el resto de las acciones variables en valor de cálculo de combinación ($\gamma_{Q,i} * \psi_{0,i} * Q_{k,i}$). Este valor se obtiene de la tabla 4.2 del CTE-DB-SE.

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

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Figura 48. Coeficientes parciales de simultaneidad. [6].

Por otro lado, se determina el valor del cálculo de los efectos de las acciones que corresponden a una **situación extraordinaria**, y se calcula a través de la siguiente expresión:

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

Ecuación 25. Situación extraordinaria

El primer término considera todas las acciones permanentes ($\gamma_{G,j} * G_{k,j}$), el pretensado ($\gamma_P * P$), una acción accidental cualquiera (A_d) y una acción variable ($\gamma_{Q,1} * \psi_{1,1} * Q_{k,1}$).

El segundo término considera el resto de las acciones variables en valor de cálculo de combinación ($\gamma_{Q,i} * \psi_{2,i} * Q_{k,i}$).

Si la situación es extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad son cero si su efecto es favorable, o la unidad si es desfavorable.

Se puede dar un tercer caso en el que la acción accidental es la acción sísmica, en este caso todas las acciones variables se tendrán en cuenta con su valor casi permanente siguiendo la expresión siguiente:

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

Ecuación 26. Acción sísmica

En este proyecto, se consideran solo las acciones y situaciones de carácter persistente o transitorio, lo que hace que los cálculos queden notablemente simplificados y adaptados a la estructura.

4.2.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Los estados límite de servicio son los que al superarse cómo afectan al confort y al bienestar de los usuarios y al correcto funcionamiento del edificio. Estos estados pueden ser reversibles o irreversibles, esta característica depende de las consecuencias que excedan los límites que se especifican como admisibles una vez que desaparecen las acciones que las han producido. Se consideran estados límite de servicio los casos siguientes:

- Las deformaciones que afectan a la apariencia de la obra, al bienestar de los usuarios o al funcionamiento de las instalaciones del edificio.
- Las vibraciones que puedan causar deterioro en la apariencia o en la durabilidad y funcionalidad de la obra, así como en el confort de los usuarios del edificio.

Verificaciones

Se considera que hay un comportamiento adecuado en relación con las deformaciones o el deterioro de la estructura, de forma que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible que se establece para dicho efecto.

FLECHAS

Se admite que una estructura es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus elementos, y ante cualquier combinación de cargas y considerando solo las deformaciones producidas después de la puesta en obra del elemento, la flecha producida es menor que:

- L/500 en pisos con tabiques frágiles o pavimentos rígidos sin juntas.
- L/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas.
- L/300 en el resto de los casos.

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

Se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor de:

- Desplome total: 1/500 de la altura total del edificio.
- Desplome local: 1/250 de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

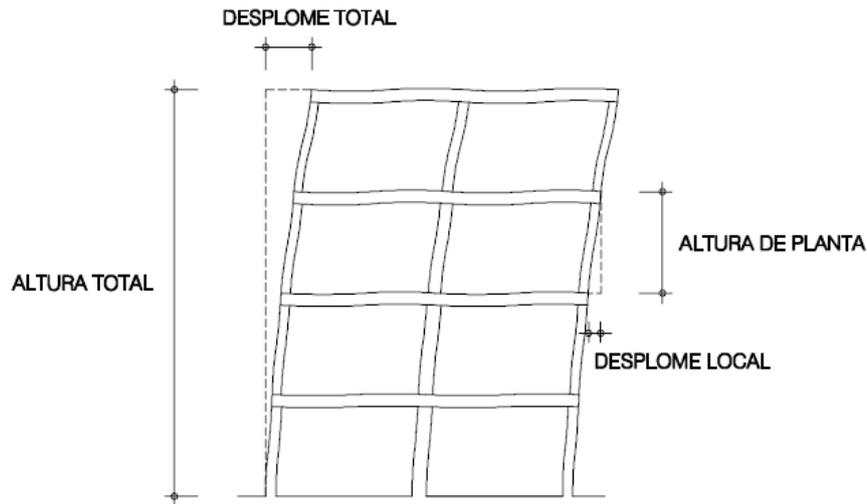


Figura 49. Desplomes. [6].

Combinación de las acciones

Los efectos debidos a las **acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles** se determinan a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} * Q_{k,i}$$

Ecuación 27. Acciones irreversibles de corta duración

Se considera la acción simultanea de todas las acciones permanentes ($G_{k,j}$), el pretensado (P), las acciones variables ($Q_{k,1}$) y el resto de las acciones variables en valor de cálculo de combinación ($\psi_{0,i} * Q_{k,i}$).

Los efectos debidos a las **acciones de corta duración que pueden resultar reversibles** se determinan a través de la siguiente expresión:

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

Ecuación 28. Acciones reversibles de corta duración

Se considera la acción simultanea de todas las acciones permanentes ($G_{k,j}$), el pretensado (P), las acciones variables ($\psi_{1,1} * Q_{k,1}$) y el resto de las acciones variables en valor de cálculo de combinación ($\psi_{2,i} * Q_{k,i}$).

Los efectos debidos a las acciones de **larga duración** se determinan a partir de la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} * Q_{k,i}$$

Ecuación 29. Acciones de larga duración

Se considera la acción simultanea de todas las acciones permanentes ($G_{k,j}$), el pretensado (P) y las acciones variables ($\psi_{2,1} * Q_{k,1}$).

4.2.3. COMBINACIÓN DE LAS ACCIONES DE LA ESTRUCTURA

El programa genera automáticamente todas las posibles combinaciones de cargas a partir de las hipótesis detalladas, y realiza el cálculo en base a todas ellas.

Estas combinaciones se generan a partir de las ecuaciones anteriores, y tomando como datos las hipótesis de viento detalladas previamente.

Tabla 34. Coeficientes parciales de seguridad de la estructura

COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD	
Peso propio	$\gamma_G = 1,35$
Acciones variables	$\gamma_Q = 1,50$

Tabla 35. Coeficientes parciales de simultaneidad de la estructura

COEFICIENTES PARCIALES DE SIMULTANEIDAD	
Sobrecarga superficial de uso. Cubierta accesible para mantenimiento. (Categoría G)	$\psi = 0,00$
Nieve. Altitud ≤ 1000 metros	$\psi = 0,50$
Viento	$\psi = 0,60$

5. CONCLUSIONES

Tras la realización de todos los cálculos expuestos durante el Trabajo (Anexo A, Anexo B), se llega a la conclusión de que la construcción de la estructura metálica del centro deportivo es posible con el presupuesto descrito en el Anexo H.

Para que esta construcción sea llevada a cabo, hay que recordar los aspectos más relevantes:

- El polideportivo se encuentra ubicado en el municipio de Peñafiel, en la provincia de Valladolid.
- Se compone de dos zonas, una primera zona que alberga un frontón y una segunda zona que alberga una pista de baloncesto.
- El polideportivo presenta unas dimensiones de 44 metros de longitud y 42.6 metros de ancho, medidas que pueden albergar perfectamente las pistas deportivas reglamentarias.
- Las dos estructuras están formadas por elementos metálicos de diferentes tipos de perfiles. Estos perfiles se han proyectado en base al cálculo realizado, escogiendo los más acordes para el tipo de estructura y para las solicitaciones a las que está expuesto.
- La estructura se compone de 9 pórticos a dos aguas, cada agua con una inclinación diferente para salvar la luz de las pistas deportivas, la cubierta de la zona 1 del frontón tienen una pendiente del 12% aproximadamente, mientras que la de la zona 2 es del 7.6%. El pórtico tipo se conforma por pilares de 13,5 metros de altura, y salvan luces del total de la anchura de la edificación. La cumbre de los pórticos es de 15.5 metros.
- La cercha de los pórticos está compuesta por de perfiles tubulares de acero en todo su conjunto, así como los distintos elementos de arriostramiento.
- A partir del programa de cálculo CYPE y todos sus módulos, se realiza el dimensionado completo de la estructura, de forma que se obtiene la solución óptima posible.
- Toda la estructura descansa sobre zapatas de hormigón unidas por vigas de atado, dimensionadas por el programa en función de las solicitaciones a las que se encuentran expuestas.
- Una vez realizado el cálculo, con todos los elementos estructurales definidos correctamente, se puede realizar un análisis más exhaustivo de los perfiles de los elementos estudiando la envolvente de tensiones.

6. POSIBLES TRABAJOS FUTUROS

Como se ha indicado al inicio del proyecto, se trata de un cálculo académico, por lo que hay partes que requieren de un estudio mucho más minucioso del realizado para poder obtener un proyecto completo. En base a esto, se detallan posibles trabajos futuros a realizar, continuando con lo proyectado en el presente documento como punto de partida.

- Estudio y cálculo de uniones y placas.
- Diseño del polideportivo con elementos con perfiles de inercia variable de forma que se logre optimizar el peso de la estructura.
- Estudio del pandeo lateral, omitido en este proyecto por facilidades de cálculo.
- Realización de las diferentes instalaciones que integran la estructura, fontanería, saneamiento, electricidad, protección contra incendio.
- Realización de un diseño de climatización y un estudio de eficiencia energética para realizar un certificado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Argüelles, R. (2015). *La Estructura Metálica Hoy: Teoría y Práctica. (T.I, VOL. 1) (2ª Edición)*. BELLISCO.
- [2] Argüelles Álvarez, R., Argüelles Bustillo, R. Arriaga, F. Argüelles Bustillo, J.M. Atienza, J.R. (2015). *Estructuras de Acero 1: Cálculo. (2ª Edición). Estructuras de Acero 2: Uniones y Sistemas Estructurales. (2ª Edición)*. BELLISCO.
- [3] Monfort, J. (2007) *Estructuras Metálicas para Edificación. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA*.
- [4] Flores, J.A., Pastor, J.Q., Ferrández-Villena, M. y Martínez, A. (2011). *Análisis de estructuras metálicas*. AMV EDICIONES.
- [5] Manuel, A. (2008). *CYPE. Cálculo de estructuras metálicas con metal 3D "Manual Imprescindible"*. ANAYA.
- [6] Ministerio de Vivienda. (marzo 2006). Código Técnico de la Edificación. Partes I y II.
- [7] Ministerio de Fomento. (2011). EAE. Instrucción de Acero Estructural.
- [8] Apuntes de Estructuras y Construcciones Industriales. Grado en Ingeniería Mecánica (2019/2020). Universidad de Valladolid.
- [9] Apuntes de Estructuras Metálicas. Grado en Ingeniería Mecánica (2019/2020). Universidad de Valladolid.
- [10] Apuntes de Estructuras de Hormigón. Grado en Ingeniería Mecánica (2019/2020). Universidad de Valladolid.
- [11] Características del Acero s275 JR (2021). <http://prontuarios.info/materiales/acero/>
- [12] Estructuras Metálicas (2021). <https://www.estructurasmetalicascolombia.com/>
- [14] Estructuras de Madera (2021). <https://maderame.com/construcciones-madera/>
- [15] Paneles sándwich, cubierta (2021). <https://www.panelsandwich.com/>
- [16] RAE en la web (2021). <https://dle.rae.es/>
- [17] Sede Electrónica del Catastro (2021): <https://www1.sedecatastro.gob.es/> . Accedido en junio de 2021.
- [18] Eurocódigos Estructurales (2021): https://totemguard.com/docs/Eurocodigos_En_Tricalc---EurocodigosEstructurales.pdf.
- [19] Google Maps (2021): <https://www.google.com>

ANEXOS

ANEXO A. CÁLCULOS MANUALES DE PRE-DIMENSIONADO

ANEXO A.1. DESCRIPCIÓN

El pórtico a dos aguas tiene una luz de 42.6 metros y una altura máxima de 15.5 metros. Está formado por una cercha de celosía Warren de perfiles tubulares de acero.

La celosía del dintel se propone de canto constante con cordones paralelos y barras diagonales de igual longitud y ángulo de corte en sus extremos.

ANEXO A.2. HIPÓTESIS DE CÁLCULO

CARGAS PERMANENTES

Panel de cubierta, $G_{k1} = 0,11 \text{ kN/m}^2$

Peso propio del dintel, el cual se estima como la mitad del peso del cerramiento para el dimensionado, $G_{k2} = 0,055 \text{ kN/m}^2$

Peso propio de las correas (Z) $G_{k3} = 0,04 \text{ kN/m}^2$

SOBRECARGAS

Nieve, $Q_{k1} = 0,454 \text{ kN/m}^2$

Uso, $Q_{k2} = 1 \text{ kN/m}^2$

COEFICIENTES DE MAYORACIÓN

Tabla 36. Coeficientes de mayoración

ESTADO LÍMITE	ÚLTIMO	DE SERVICIO
Cargas permanentes γ_G	1,35	1,00
Cargas variables γ_Q	1,50	1,00

COEFICIENTES DE MINORACIÓN

Para aceros con limite elástico mínimo garantizado, se usa $\gamma_M = 1,0$. Para el resto de los aceros se utilizaría $\gamma_M = 1,1$. En este caso se trata de un acero con limite elástico garantizado.

GEOMETRÍA DEL PÓRTICO

Luz entre pilares, $L = 42,6$ m

Altura del alero, $A = 15,5$ m

Modulación entre pórticos, $S = 5,5$ m

Pendiente de cubierta, como cada zona tiene una inclinación, se anotan las dos pendientes.

ZONA 1: 12,19%

ZONA 2: 7,63%

LÍMITES DE DEFORMACIÓN

En base a la normativa, se toma como límite de deformación $L/300$.

ANEXO A.3. PREDIMIENSIONADO

En este apartado se trata de realizar un cálculo aproximado de los perfiles necesarios para el dimensionado del perfil.

DETERMINACIÓN DE CARGAS Y SOBRECARGAS

En primer lugar, se calculan las cargas y sobrecargas que debe soportar la celosía. Para ello se necesitan los datos de las cargas que actúan sobre la estructura en situaciones de cálculo permanentes y transitorias. La expresión utilizada es la siguiente:

$$q = \left[\sum_j \gamma_{G,j} * G_{k,j} \gamma_{Q,1} * Q_{k,1} \right] * S$$

$$q = [1.35 * (0.11 + 0.055 + 0.04) + 1.5 * 0.454] * 5.5 = 5.2676 \text{ kN/m}$$

Ecuación 30. Cargas y sobrecargas

DEFINICIÓN DE LA GEOMETRÍA DE LA CELOSÍA

Como se ha indicado anteriormente, la celosía es de tipo Warren. Por lo que las dimensiones se calculan de la siguiente forma:

$$\text{Canto: } h = L/15 = 42.6/15 = 2.84 \text{ metros}$$

Ecuación 31. Canto de la celosía

El ángulo de las diagonales debe ser mayor que 30° , en base a la normativa. La normativa dice también, que las barras que excedan de unas longitudes de 6 metros entre nudos de los cordones generan mayores cargas debidas a su peso propio, por ello, se intenta que las barras tengan como máximo esa longitud.

Se estudian tres posibles ángulos para las diagonales, de forma que se pueda encontrar el más acorde a la estructura, para saber si el ángulo es válido, se calcula mediante la altura el valor de la barra del cordón inferior (L_c), y se compara con el valor recomendado por el CTE.

$$L_c = 2 * \frac{h}{\operatorname{tg} \theta}$$

- $\theta = 38^\circ$ $L_c = 2 * \frac{2,84}{\operatorname{tg} 38} = 7,27 \text{ m}$

- $\theta = 46^\circ$ $L_c = 2 * \frac{2,84}{\operatorname{tg} 46} = 5,48 \text{ m}$

- $\theta = 50^\circ$ $L_c = 2 * \frac{2,84}{\operatorname{tg} 50} = 4,77 \text{ m}$

Ecuación 32. Comprobación del ángulo óptimo

El valor más acorde con todos los requerimientos es **$\theta = 46^\circ$**

DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS AXILES EN LAS BARRAS

Los dinteles superiores e inferiores se suponen como una viga biapoyada, cuyo momento flector máximo se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$M = \frac{qL^2}{8}$$

$$N_{sd,c} = \frac{M}{h} = \frac{qL^2}{8h} = \frac{5,2676 * 42,6^2}{8 * 2,84} = 420,74 \text{ kN}$$

Ecuación 33. Esfuerzo axial en cordones

Las diagonales de la celosía soportaran los esfuerzos cortantes de la estructura:

$$Q = \frac{qL}{2}$$

$$N_{sd,d} = \frac{Q}{\sin \theta} = \frac{qL}{2 \sin \theta} = \frac{5,2676 * 42,6}{2 \sin 46} = 155,97 \text{ kN}$$

Ecuación 34. Esfuerzo axial en diagonales

PREDIMENSIONADO DE LAS BARRAS

- Cordón superior

Se analiza el cordón superior trabajando a compresión. Para ello se calcula la resistencia axial y se compara este axil con el axil del perfil elegido.

$$F_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_M = 1,0$$

$$h/t < 37,2$$

$$b/t \text{ mayor que } 15$$

Siendo h la altura del perfil, b la anchura y t el espesor.

$$N_{Rd} = \chi A \frac{f_y}{\gamma_M} \geq N_{Sd,c}$$
$$N_{Rd} \geq N_{Sd,c} \Rightarrow \chi A \geq \frac{420,74 * 1}{355 * 10^{-1}} \geq 11,85 \text{ cm}^2$$

Ecuación 35. Dimensionado cordón superior

El perfil escogido debe cumplir los requerimientos que se han determinado a partir de la fórmula.

- Cordón inferior

Se analiza el cordón inferior como que trabaja en su conjunto a tracción. Para ello se calcula la resistencia axial y se compara con el axial del perfil, como en el caso anterior.

$$F_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_M = 1,0$$

$$h/t < 37,2$$

$$b/t \text{ mayor que } 15$$

Siendo h la altura del perfil, b la anchura y t el espesor.

$$N_{Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_M} \geq N_{Sd,c}$$
$$N_{Rd} \geq N_{Sd,c} \Rightarrow A \geq \frac{420,74 * 1}{355 * 10^{-1}} \geq 11,85 \text{ cm}^2$$

Ecuación 36. Dimensionado cordón inferior

- Diagonales

En el caso de las diagonales, se sabe que la mitad de ellas trabajarán a tracción y la otra a compresión.

La comparativa se realiza de la misma manera que en los casos anteriores de los cordones, se compara el axil con la resistencia axial.

- Diagonales a compresión

$$F_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_M = 1,0$$

$$h/t < 37.2$$

Siendo h la altura del perfil y t el espesor.

$$N_{Rd} = \chi A \frac{f_y}{\gamma_M} \geq N_{Sd,d}$$
$$N_{Rd} \geq N_{Sd,d} \Rightarrow \chi A \geq \frac{155,97 * 1}{275 * 10^{-1}} \geq 5,67 \text{ cm}^2$$

Ecuación 37. Dimensionado diagonales a compresión

- Diagonales a tracción

$$F_y = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_M = 1,0$$

$$h/t < 37.2$$

Siendo h la altura del perfil y t el espesor.

$$N_{Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_M} \geq N_{Sd,d}$$
$$N_{Rd} \geq N_{Sd,d} \Rightarrow A \geq \frac{155,97 * 1}{275 * 10^{-1}} \geq 5,67 \text{ cm}^2$$

Ecuación 38. Dimensionado diagonales a tracción

A partir de aquí, se procede a implementar la estructura en el programa CYPE, para comprobar a partir de aquí si el predimensionamiento es correcto y coincide con los valores calculados de esfuerzos axiales.

ANEXO B. CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

Tal y como se ha indicado en el inicio del proyecto, se realiza el cálculo de la estructura de forma manual y a partir del Software de cálculo CYPE. En este apartado se describe el proceso de cálculo de las diferentes soluciones. Para ello se utiliza el programa de cálculo de estructuras CYPE versión 2021. [4] [5].

En primero lugar se utiliza el módulo de CYPE denominado Generador de Pórticos, en el cual se introduce la geometría básica del cerramiento de la edificación y las solicitaciones que actúan sobre la misma.

Posteriormente se utiliza el módulo CYPE 3D a través del cual se modifica la geometría del polideportivo para adaptarlo a las diferentes soluciones posibles, y se describen los tipos de

ANEXO B.1. GENERADOR DE PÓRTICOS EN CYPE 2021.

Una vez que se tiene definida completamente la geometría del polideportivo, las alturas, las luces, los vanos de los pórticos y todos los detalles que son necesarios para el cálculo, se procede a introducir los datos en el Generador de Pórticos. El tipo de cubierta elegido es la viga en celosía, que es la que más se asemeja a la tipología definida. Las dimensiones se detallan en la figura 9. Se introducen los datos de las dimensiones, la altura de cada tramo y su longitud. En este caso, la disposición es a dos aguas, una para cada pista, por lo que las medidas se adaptarán a las requeridas en la edificación de las mismas. Se introduce el mismo valor para el canto en ambas partes de la celosía, tanto en la izquierda como en la derecha, con un valor de 2,8 metros, y el número de tramos de cada una.

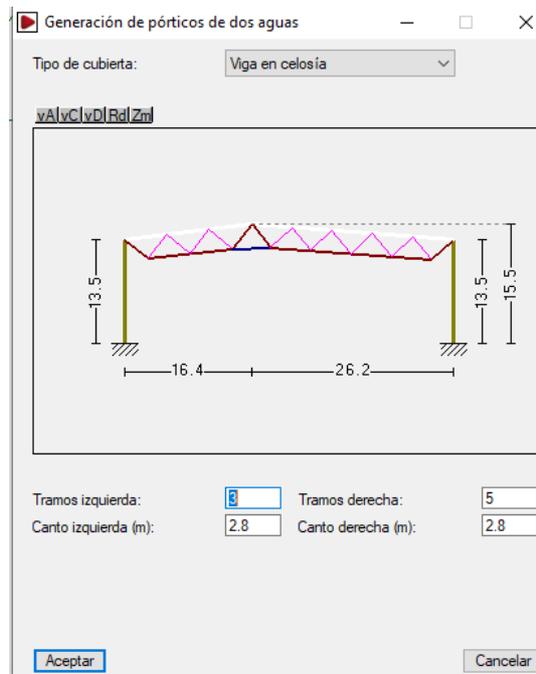


Figura 50. Generación de pórticos

ANEXO B.2. DATOS GENERALES DE LA EDIFICACIÓN

En la pestaña de datos generales se indican las características del pórtico introducido. Se indica el número de vanos del edificio y la distancia entre ellos, en este caso se indican 8 vanos con una distancia entre ellos de 5,50 metros.

En esta pestaña se indica también el peso del cerramiento de cubierta y del cerramiento lateral, que en este caso es nulo ya que los cerramientos apoyan su peso sobre la cimentación por lo que no se incluye en el cálculo.

El peso del cerramiento de cubierta se establece en función del tipo y de las características, en este caso se trata de panel sándwich con tapajuntas, con un peso de valor 0.11 kN/m^2 . Para el valor de la sobrecarga del cerramiento, se introduce un valor de $1,00 \text{ kN/m}^2$, en base al CTE. Los cerramientos laterales se indican, pero no se introduce ningún valor para el peso ya que la fachada envolvente apoya directamente sobre la cimentación, por lo que no es objeto de cálculo.

Datos generales

Número de vanos

Separación entre pórticos m

Con cerramiento en cubierta

Peso del cerramiento kN/m^2

Sobrecarga del cerramiento kN/m^2

Con cerramiento en laterales

Peso del cerramiento kN/m^2

Con sobrecarga de viento

Con sobrecarga de nieve

Combinaciones de cargas para cálculo de correas

Estados límite

E.L.U. de rotura. Acero conformado: EAE 2011

E.L.U. de rotura. Acero laminado: EAE 2011

Nieve

Desplazamientos

Acciones características

Categorías de uso

Acero laminado: EAE 2011

Acero conformado: EAE 2011

Aceptar Cancelar

Figura 51. Datos generales en el Generador de Pórticos

La sobrecarga de viento se ha descrito en el apartado 4 (Acciones), en base al CTE, indicando la localidad de ubicación del polideportivo. La zona eólica correspondiente es la A, con un grado de aspereza IV, único para toda la estructura. No se consideran huecos debido a que estos son de unas dimensiones pequeñas en comparación con el resto del cerramiento lateral.

Figura 52. Normativa de viento en el Generador de Pórticos

La sobrecarga de nieve se describe en el apartado 4 (Acciones), en base a la situación del edificio, la altitud y el grado de exposición al viento, no se debe modificar el valor de carga de nieve obtenido ya que se trata de una ubicación con exposición normal. Para introducirlo en el programa, es suficiente con indicar la población en la que se encuentra el edificio y se generan los datos de forma automática. La exposición al viento en la zona se considera normal y no se dispone de resaltes en la cubierta.

Figura 53. Sobrecarga de nieve en el Generador de Pórticos

ANEXO B.3. EDICIÓN DE CORREAS EN CUBIERTA Y LATERALES

En esta pestaña se definen las dimensiones de las correas en la cubierta, en los laterales no es necesaria la introducción de correas.

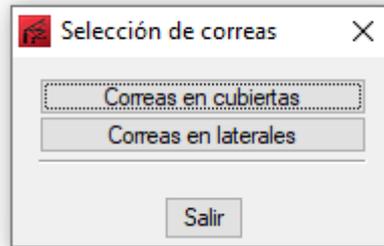


Figura 54. Selección de correas,

En esta pestaña se indica el límite de flecha conforme al apartado 4.3.3.1 del CTE DB SE, que en este caso es $L/300$, ya que la edificación no se incluye en ninguno de las dos clasificaciones anteriores. Se indica también el número de vanos, que se establece un valor de tres vanos, de manera que se pueda reducir el momento positivo de las correas. (Teorema de los tres momentos). El tipo de fijación que se elige es rígido que hace que las correas impidan girar en el plano paralelo a la cubierta.

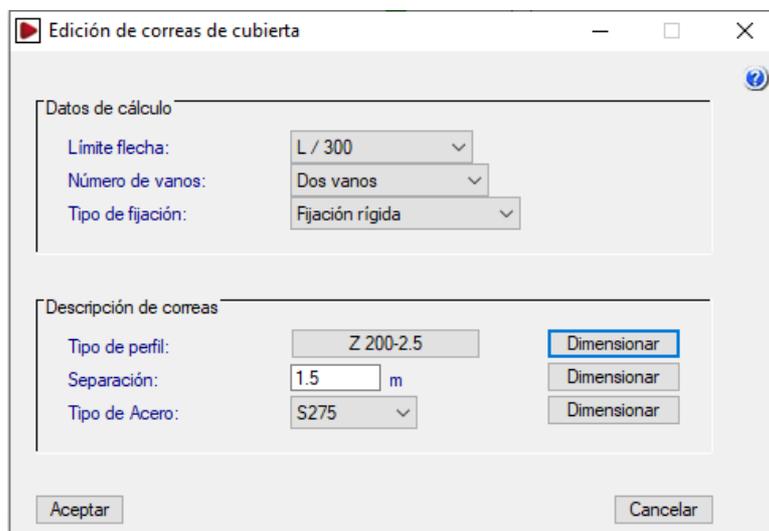


Figura 55. Edición de correas

En la parte inferior de la pestaña se indica el tipo de perfil utilizado para la proyección de las correas, se puede realizar la elección manualmente, o permitir que el programa realice un dimensionamiento del tipo de perfil a partir de los datos del tipo de acero elegido, en este caso S275JR, y de la separación entre correas que es de 1,5 metros, dato recomendado por el fabricante de los paneles de cubierta. Indicando en primer lugar el tipo de perfil y a continuación pulsando en dimensionar, el programa genera una lista con las dimensiones de los perfiles más acordes a la estructura, de forma que la mejor elección en este caso es un perfil Z 200-2.5, estos perfiles son los más usados en relación con su resistencia/peso. En las siguientes imágenes se

pueden ver las características del perfil. A continuación, se adjunta la lista que el programa genera por defecto al comprobar los diferentes tipos de correas tipo Z que se podrían usar para la edificación:

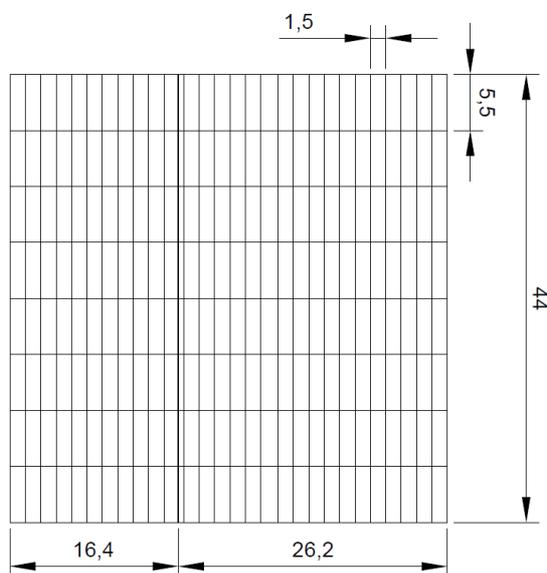


Figura 56. Disposición de las correas en planta

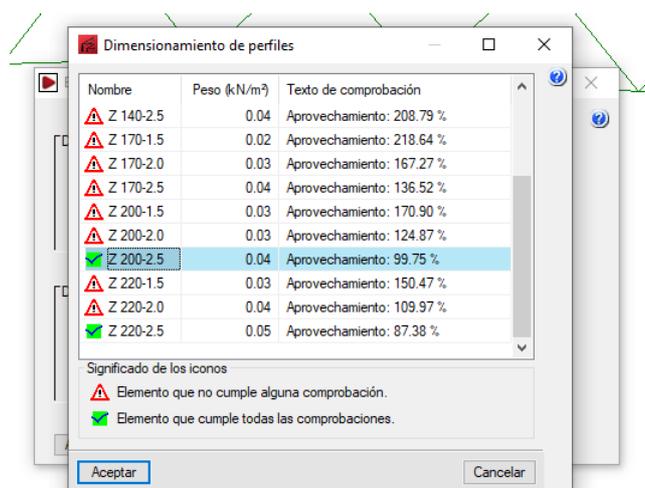


Figura 57. Dimensionado de perfiles

En esta pestaña se indican las diferentes opciones a elegir, indicando el aprovechamiento en cubierta y el peso de las correas en cada posible elección. Los perfiles con el indicador verde son los que cumplen todas las comprobaciones estructurales.

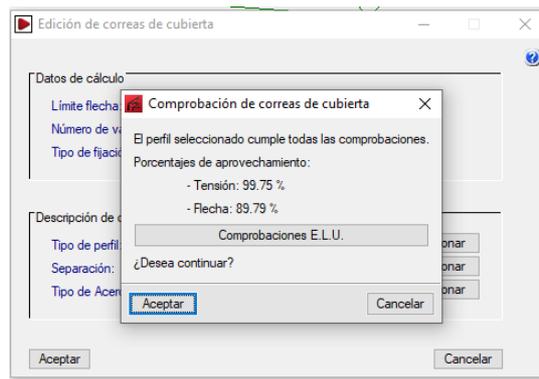


Figura 58. Comprobación de correas de cubierta

- TENSIÓN: 99,75%
- PESO: 0,108 kN/m²

Las características físico-geométricas del perfil seleccionado se recogen en las siguientes imágenes:

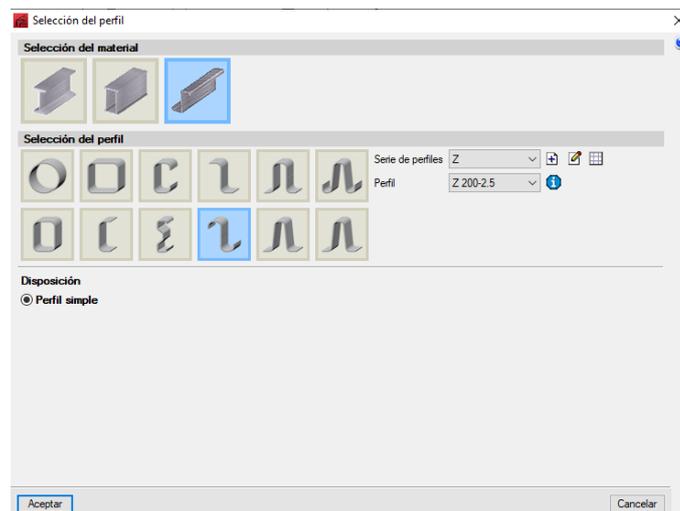


Figura 59. Selección del perfil

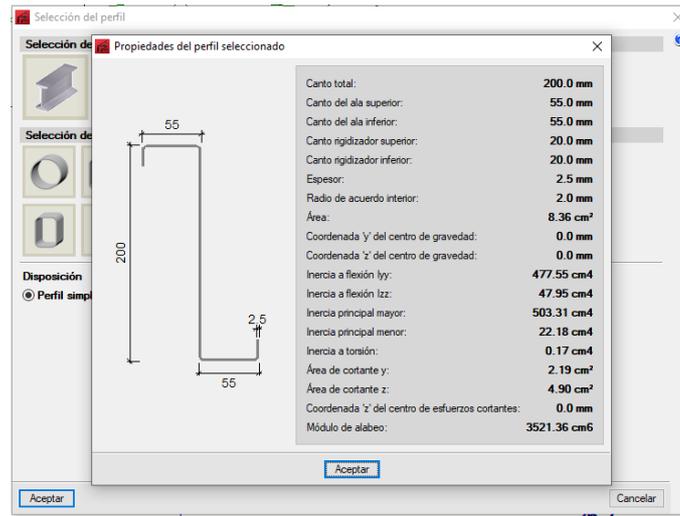


Figura 60. Propiedades del perfil. Z 200-2.5

Mediante esta elección se obtiene una ventana que indica el cumplimiento de todas las comprobaciones realizadas, y se genera automáticamente un documento en el cual se especifican los procedimientos llevados a cabo hasta alcanzar estos resultados. Este informe se incluye en el Anexo F del presente documento.

La representación del pórtico una vez determinadas las correas es la siguiente:

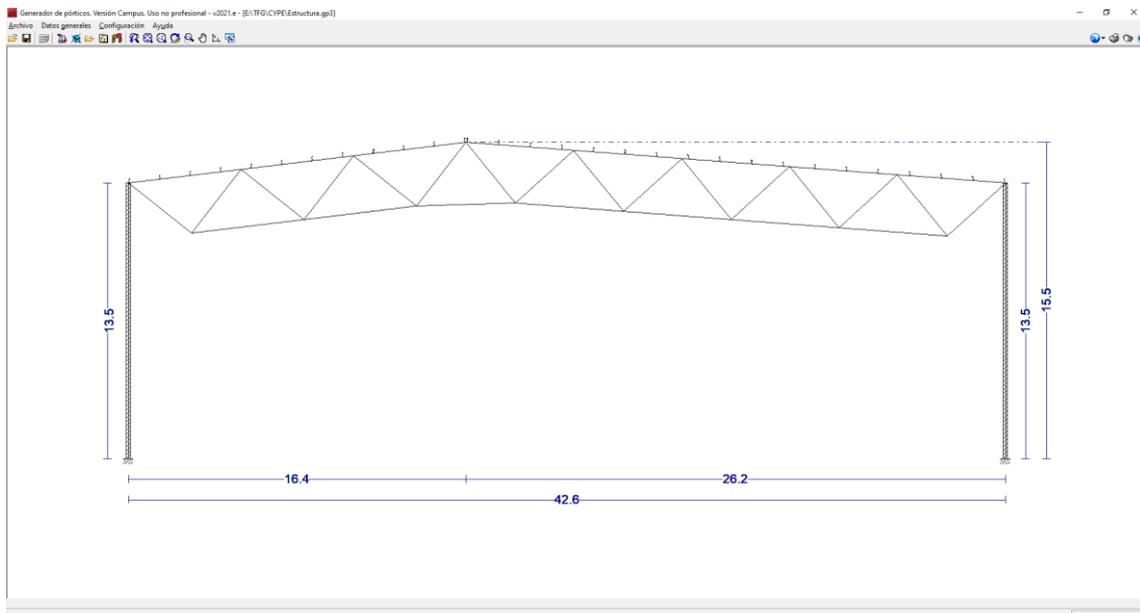


Figura 61. Estructura final del Generador de Pórticos

ANEXO B.4. EXPORTACIÓN A CYPE 3D

Una vez diseñado el pórtico y calculadas las correas, el programa da la opción de exportar este trabajo a la sección de CYPE 3D, con la ventaja de poder llevar todas las cargas y sus combinaciones definidas anteriormente. Para ello se marcan las siguientes opciones en la ventana de exportación:

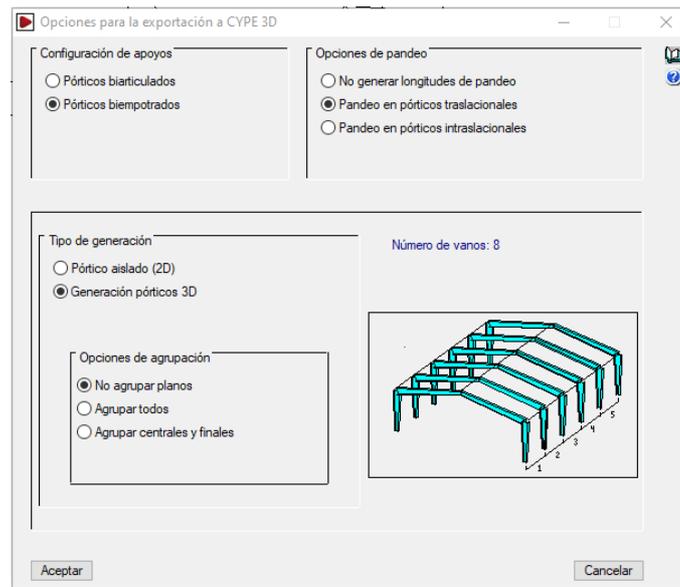


Figura 62. Exportación a CYPE 3D

La configuración elegida es la siguiente:

- Los pórticos son biempotrados para evitar desplazamientos y giros.
- En relación con el pandeo en el plano del pórtico, se consideran la nave traslacional.
- Se generan los pórticos en 3D.
- En principio no se agrupan los planos, ya que pueden tener características distintas.

Una vez realizada la exportación a CYPE 3D, en la pantalla de datos generales se indican las normativas en las que se basa el cálculo para los distintos materiales, los estados límite y las hipótesis adicionales de carga, descritas en las siguientes imágenes:

Las hipótesis de carga y los estados límite son los creadas en el generador de pórticos, por lo que las ventanas ya estarán prácticamente rellenas.

ANEXO B.5. CONFIGURACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN CYPE 3D

Una vez completada la exportación, se obtiene la estructura siguiente, la cual se debe modificar en función del resultado a obtener.

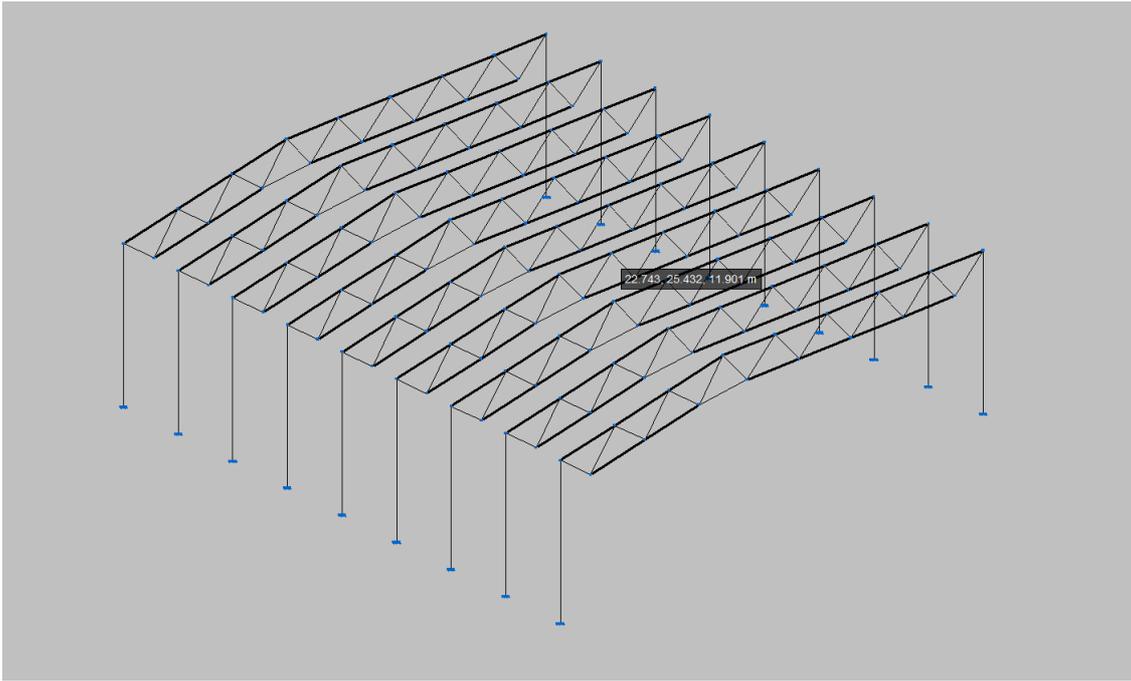


Figura 63. Estructura en CYPE 3D

A partir de esta estructura, se deben realizar las modificaciones correspondientes para completar la geometría con las barras y nudos necesarios y de esta forma adaptarlo al diseño final de la nave.

Se deben configurar los parámetros críticos para el cálculo de la nave. La normativa seleccionada es la EHE-08, que es la actual en España para la Instrucción de Hormigón Estructural. También se debe seleccionar la categoría de uso de la cubierta G1 para cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (no concomitante con el resto de las acciones variables). Y el material predeterminado para los perfiles de la obra.

Datos generales

Normas: EHE-08, EAE 2011, Eurocódigo 5, Eurocódigo 9 y Cimentación CTE DB-SEC

Perfiles

- Acero laminado: S275 (EAE)
- Acero conformado: S235
- Madera: Aserada, procedente de coníferas o ...
- Aluminio: EN AW-5083 - F
- Hormigón: HA-25, Yc=1.5

Hormigón armado

- Hormigón para pilares: HA-25, Yc=1.5
- Hormigón para vigas de forjado: HA-25, Yc=1.5
- Hormigón para elementos de cimentación: HA-25, Yc=1.5
- Acero de barras: B 500 S, Ys=1.15
- Características del árido: Cuarzita (15 mm), 30 mm

Acciones

- Con sismo dinámico
- Resistencia al fuego
- Estados límite (combinaciones)
- Hipótesis adicionales
- Cimentación
- Proceso constructivo

Terreno de cimentación

- Verificar deslizamiento de zapatas
- Adherencia (a'): 0.000 MPa
- Ángulo de rozamiento terreno-zapata (d'): 25.00 grados
- Situaciones persistentes: 0.200 MPa
- Situaciones sísmicas y accidentales: 0.300 MPa

Opciones

- Pilares
- Vigas
- Cimentación
- Uniones

Ambiente

- Vigas: I
- Encepados: Ila

Recubrimientos Memas de acero

Aceptar

Figura 64. Datos generales

Se puede comprobar que los datos de resistencia al fuego, de Estados límite y de hipótesis adicionales se han implementado automáticamente con la importación, como se observa en las siguientes imágenes:

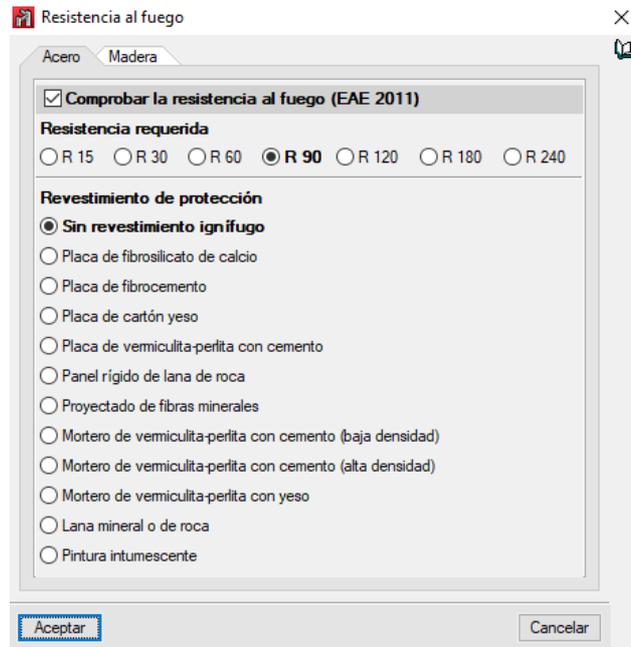


Figura 65. Resistencia al fuego

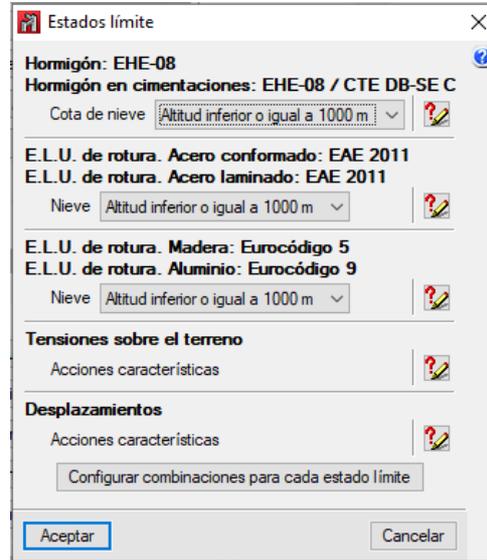


Figura 66. Estados límite



Figura 67. Hipótesis adicionales

ELEMENTOS

Una vez configurada la parte general del programa, se procede a adaptar la geometría obtenida a través del generador de pórticos con la geometría que se busca finalmente, para ellos se completa con los nudos y las barras que sean necesarias.

Pilarillos hastiales

En primer lugar, se introducen los pórticos delantero y trasero, en estos pórticos se introducen los pilarillos hastiales, que son los encargados de sustentar el cerramiento hastial frente a los empujes que genere el viento. Estos pilarillos se colocan a una distancia calculada a partir de la luz del pórtico y de los posibles huecos existentes en las fachadas, en este caso no se tienen huecos en fachada, por lo que se aprovecha la disposición de la cercha para disponer la distancia de los mismos. El manual de Cype desaconseja disponer estos elementos de forma que generen una luz mayor de 6,25 metros, por lo que se dispone de 3 pilarillos en la zona 1 y 5 pilarillos en la zona 2.

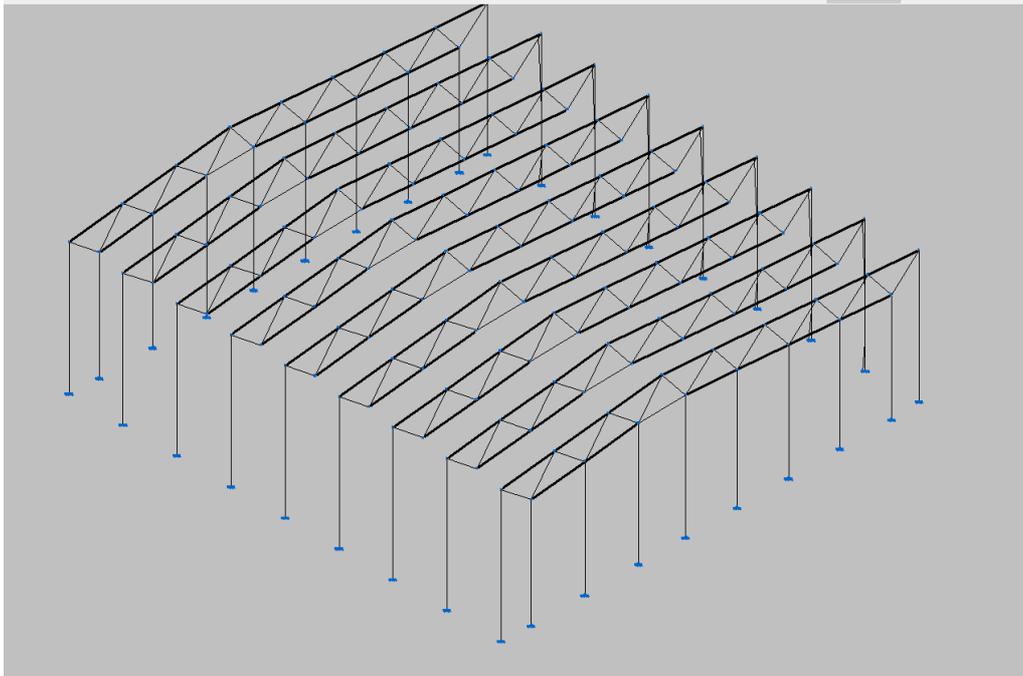


Figura 68. Pilarillos hastiales

Vigas de atado

Las vigas de atado se introducen entre las cabezas de los pilares, y su función es garantizar la inmovilidad de los pórticos, junto a los cerramientos y las correas.

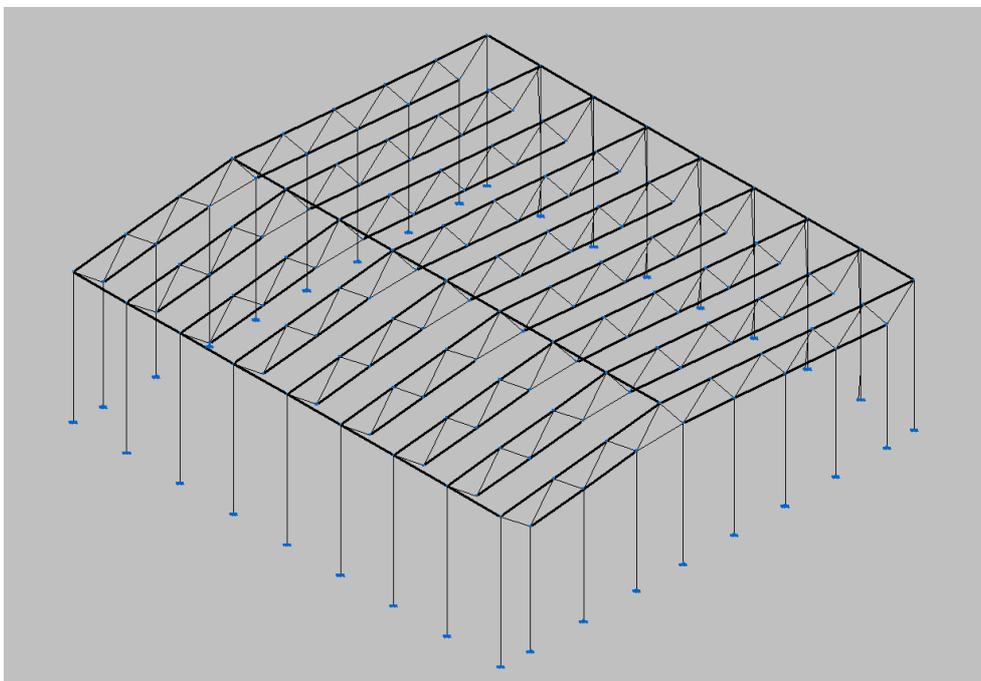


Figura 69. Vigas de atado

Cruces de San Andrés

Las cruces de San Andrés son elementos de arriostramiento y se encargan de absorber el empuje del viento en las fachadas, de esta forma se limitan las longitudes de pandeo de los dinteles del

plano de cubierta. Para que la introducción de las cruces en la estructura se realice de forma adecuada, deben cumplir ciertos requisitos, que se enumeran a continuación:

- Deben estar enmarcadas por otras vigas con mayor inercia a la de los tensores de las cruces, se establece un valor de inercia 20 veces mayor. Los marcos que cubran estas cruces deben tener la misma longitud de arriostramiento.
- Los tensores deben nacer de los nudos de la estructura principal, por lo que puede ser necesario la introducción de barras adicionales que vayan desde la cabeza de los pilarillos hasta el pórtico adyacente para poder crear así los marcos de las cruces.

Se disponen las cruces en los primeros pórticos y en los dos vanos centrales de la cubierta y en los laterales.

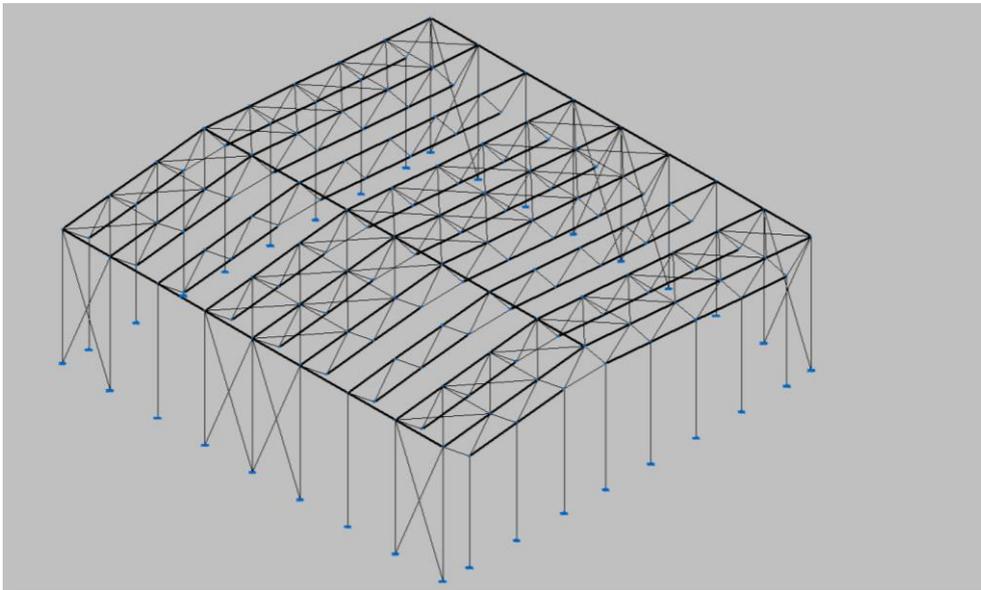


Figura 70. Cruces de San Andrés

Nudos

Los apoyos de los pórticos de la estructura se encuentran empotrados al terreno, como bien se indicó en el generador de pórticos al inicio de la implementación en el software. El resto de los nudos de los pórticos se encuentran empotrados sin vinculación exterior, por lo que las barras que concurren en un nudo están empotradas entre sí.

Que el pilar esté empotrado en el terreno significa que el nudo tiene desplazamientos y giros nulos respecto a los 3 ejes, por lo tanto, cuando se construye se debe tener en cuenta la deformada que del pilar es tangente a su disposición inicial teniendo el punto de tangencia en el propio nudo.

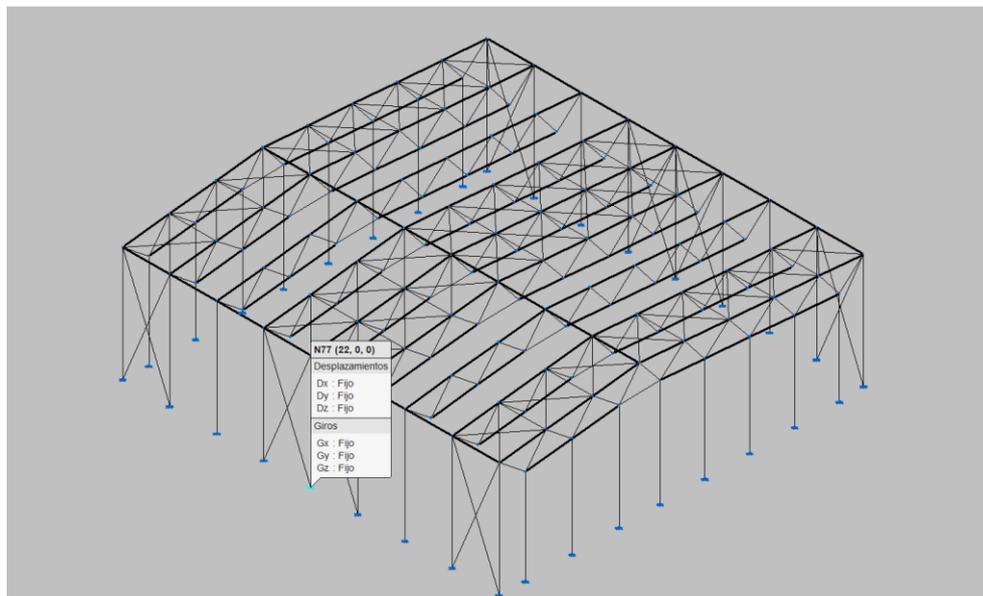


Figura 71. Nudos de pilares intermedios

En el caso de los nudos de la estructura se encuentran empotrados sin coacciones externas, esto implica que el ángulo formado por las barras previo a las sollicitaciones mecánicas se mantiene una vez que se aplican las cargas a la estructura. Es decir, el ángulo se mantiene constante. Se pueden utilizar registradores entre las barras que dan continuidad al nudo.

Los pilarillos hastiales trabajan esencialmente a flexión producida por el viento de fachada, estos pilares se articulan a su base y de esta forma se aprovecha mejor el perfil y se consigue que el momento flector positivo sea mayor haciendo que trabajen más. El volumen de la zapata también se ve reducido ya que se elimina la posibilidad de que este elemento transmita momento a la propia zapata.

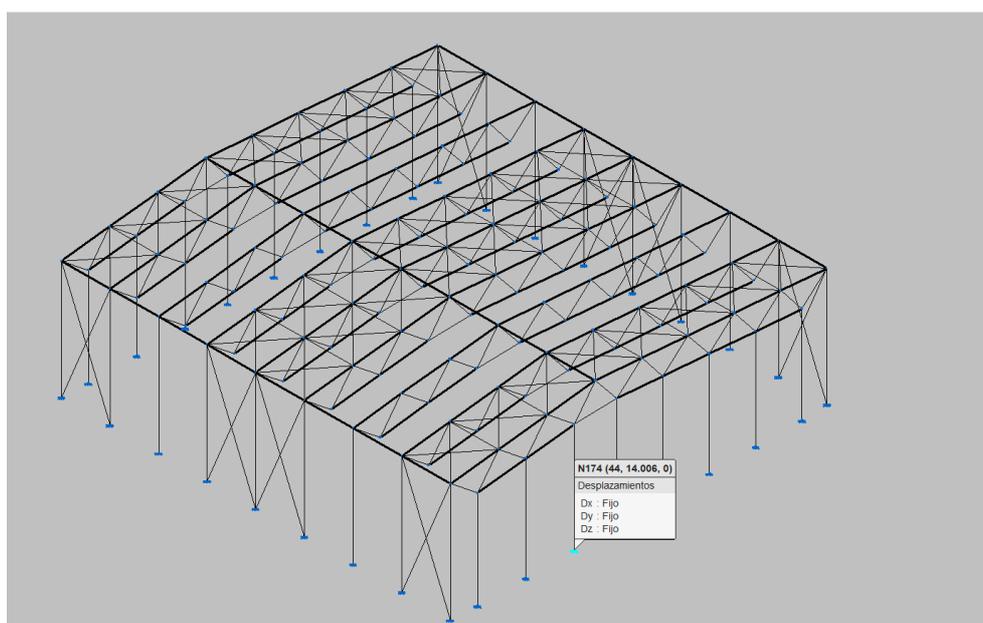


Figura 72. Nudos de pilarillos hastiales

Barras

En este apartado se realiza una descripción y un predimensionado de las barras que conforman la estructura final. para simplificar la tarea de predimensionado se procede a agrupar las barras de forma que todas las barras de un mismo grupo puedan asignarse con un mismo perfil, y solo es necesario describir una de ellas ya que el resto se definen automáticamente. La elección de los grupos se realiza por la posición de cada barra siendo de diferentes grupos los dinteles, los pilares de los pórticos centrales, los pilares de los pórticos hastiales, los pilarillos, las vigas de atado y longitudinales, las cruces de San Andrés, las diagonales de la celosía y el dintel inferior de la celosía.

Una vez realizadas estas agrupaciones se puede realizar el predimensionamiento. Es importante realizarlo de forma correcta ya que el programa procederá después a un cálculo en base de estos datos y si alcanzará más rápidamente la solución óptima si este dimensionado previo es acorde a los resultados finales.

Pilares de pórticos centrales

En este grupo se incluyen los pilares de los pórticos centrales, sin incluir los de los pórticos hastiales debido a que pueden tener unas dimensiones diferentes. Para ello se utiliza un perfil de acero laminado en caliente en forma de H llamado HEB. Esta serie de perfiles comerciales cuenta con una relación óptima entre sus propiedades de resistencia y peso. Se selecciona un perfil HE 400 B simple.

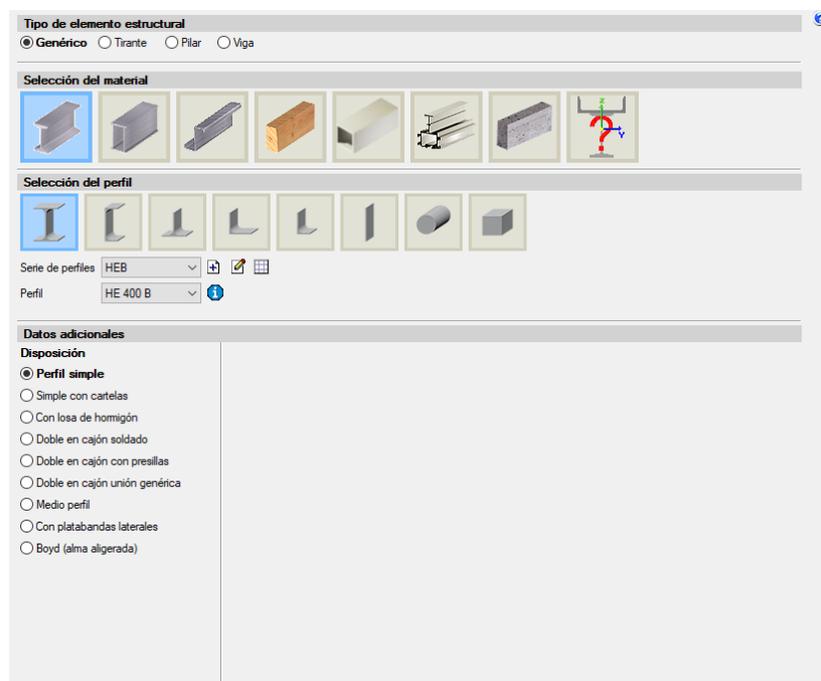


Figura 73. Perfil de los pilares de pórticos centrales

Pilares de pórticos frontales

Los pilares de las esquinas de la nave serán del mismo perfil que el resto de los pilares centrales ya que la opción del perfil en H es adecuada para las solicitaciones a las que va a estar expuesto.

Pilarillos hastiales

Los pilarillos hastiales se predimensionan con un perfil HEB, e irán girados 90° para que el plano de inercia fuerte se oriente en la dirección de incidencia del viento.

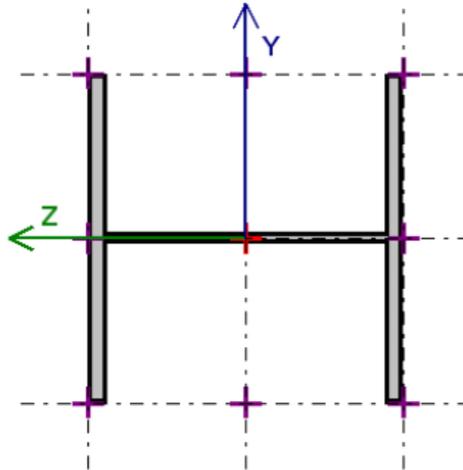


Figura 74. Perfil girado

Dinteles superiores

Tanto los dinteles superiores como los inferiores de la cercha se dimensionan con perfiles tubulares cuadrados de manera que la cercha completa se predimensiona con perfiles de este tipo. el perfil del dintel superior es un tubular cuadrado 175 x 12.

Dinteles inferiores

Como se ha indicado anteriormente, el perfil del dintel inferior de la cercha está dimensionado con perfiles tubulares cuadrados, en este caso 175 x 4.

Diagonales de la celosía

Las diagonales de la celosía se dimensionan con el mismo tipo de perfil que los dinteles superiores de esta manera se produce una continuidad en la parte superior de la cercha.

Vigas de atado

Para las vigas de atado se emplean perfiles tubulares cuadrados, de dimensiones 175x12. En las imágenes siguientes se pueden ver la descripción del perfil y sus propiedades.

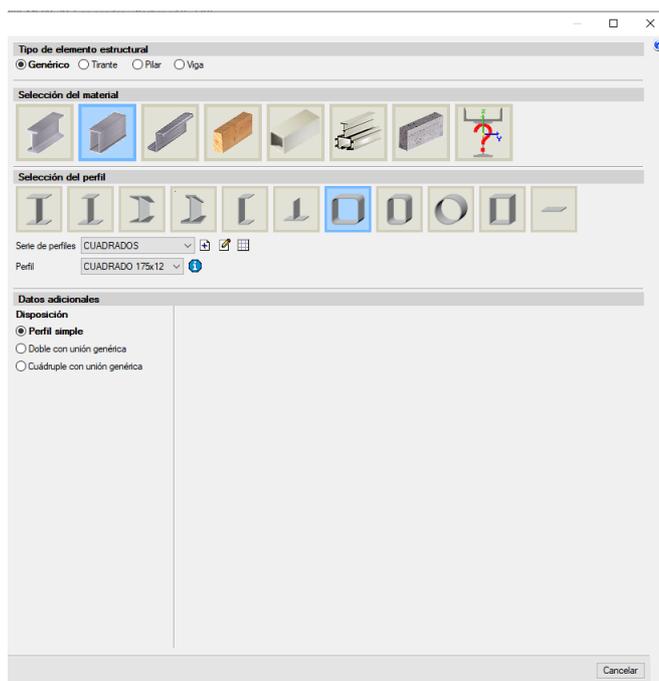


Figura 75. Perfil de las vigas de atado

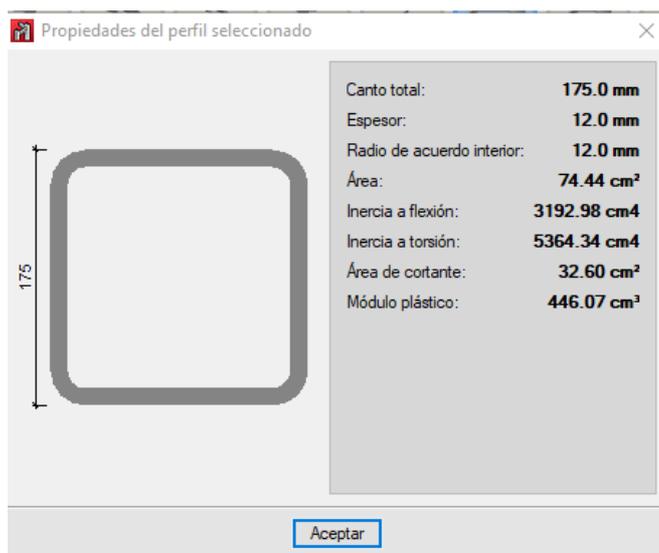


Figura 76. Propiedades del perfil

Cruces de san Andrés

Las cruces de San Andrés se definen con el mismo perfil tanto para la cubierta como para los laterales, el perfil elegido es tubular cuadrado, como el del resto de elementos.

PANDEOS

El pandeo es un fenómeno que condiciona a los elementos de una estructura que se encuentran sometidos a compresión y limita su capacidad portante debido a que se produce una deformación y esto hace que pierda sus capacidades de resistencia máxima. para tener en cuenta estos efectos a la hora del cálculo se deben introducir los coeficientes de pandeo para

cada barra ya que se desconoce qué elementos trabajan a compresión, A excepción de las cruces de San Andrés que si sabe que trabajan únicamente atracción.

Para dimensionar este coeficiente de pandeo se debe tener en cuenta la longitud de pandeo que se calcula ponderando la longitud del elemento.

Para la asignación de estos coeficientes se utilizan los ejes locales de cada barra, se puede distinguir en una barra dos planos:

- Plano débil, llamado xy. Este plano corresponde con el plano paralelo a las salas y que pasa por el centro de gravedad del perfil.
- Plano fuerte, llamado xz. este plano se corresponde con el plano del alma de la pieza.

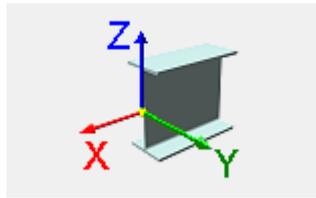


Figura 77. Planos de pandeo

El programa aparte de unos coeficientes de pandeo que asigna a las barras en función de las condiciones en sus extremos, siguiendo el CTE DB SE-A basándose en los datos introducidos en el generador de pórticos y en la exportación a CYPE 3D. En la siguiente tabla se pueden ver estos valores predefinidos.

Tabla 37. Pandeos

CONDICIONES DE EXTREMO	BIARTICULADA	BIEMPOTRADA	EMPOTRADA ARTICULADA	BIEMPOTRADA DESPLAZABLE	EN MÉNSULA
Longitud L_k	1.0 L	0.5 L	0.7 L	1.0 L	2.0 L

Pero los valores del pandeo en las barras no dependen solo de las condiciones en los extremos, también influyen las condiciones de contorno, los elementos que pueden impedir este pandeo o las ligaduras con el resto de la estructura, por esto, los valores que propone el programa serán siempre mayores a los adecuados de manera estricta.

Se puede diferenciar la estructura, de manera que el plano de los pórticos se considera traslacional y el plano de cerramientos y cubierta se considera intraslacional gracias a la rigidez que aportan los propios elementos secundarios y los propios cerramientos.

Para la introducción de los coeficientes de momentos en los planos se toma el valor que aporta el programa por defecto ya que este valor hace que se trabaje del lado de la seguridad.

En el caso de las barras que componen la cercha completa, no se puede asegurar el empotramiento perfecto, por lo que no se puede utilizar un valor de $\beta = 1$, se establece un valor de $\beta = 0,85$ en ambos planos.

En los pilares de los pórticos intermedios de la estructura se considera que los cerramientos laterales son lo suficientemente rígidos como para que impidan el pandeo de estos pilares, por lo que el coeficiente de pandeo será nulo en el plano xy. En el plano de inercia xz los pilares están biempotrados, a un lado el terreno hace imposible el desplazamiento y al otro lado se encuentra el dintel, el cual sí que puede generar ciertos desplazamientos. Esto significa que el valor asumido por este coeficiente de pandeo será 0,7.

Para los dinteles de los pórticos hastiales se contará con la misma configuración del resto de los dinteles de la estructura. Los pilares laterales de estos pórticos frontales no se encuentran atrapados en su totalidad por los cerramientos laterales, pero se puede aproximar a que cada pilar está arriostrado en cierta medida, y se supone en ambos planos un coeficiente de 0,5.

Para los pilarillos hastiales, la configuración se dispone mediante un coeficiente nulo en su plano xy ya que al estar girado 90°, el plano de inercia débil se sitúa con el plano del cerramiento. Los pilarillos están articulados en su base por lo que en el plano xz se introduce un valor del coeficiente de pandeo igual a la unidad.

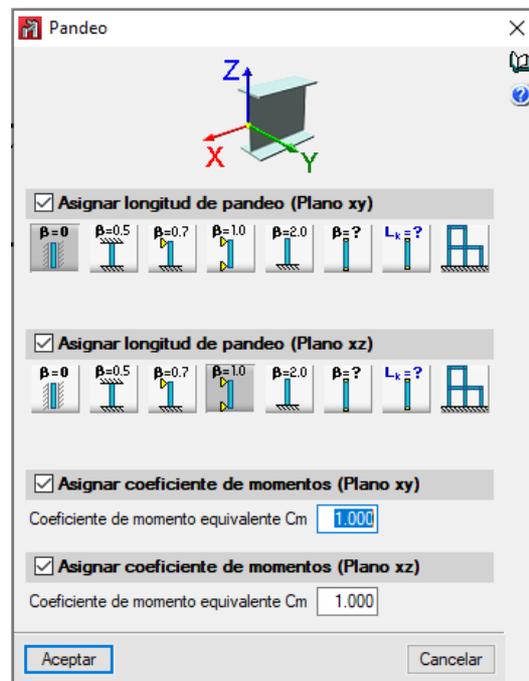


Figura 78. Coeficientes de pandeo

En la siguiente imagen se puede ver la distribución de los coeficientes de pandeo en el plano hastial de la estructura.

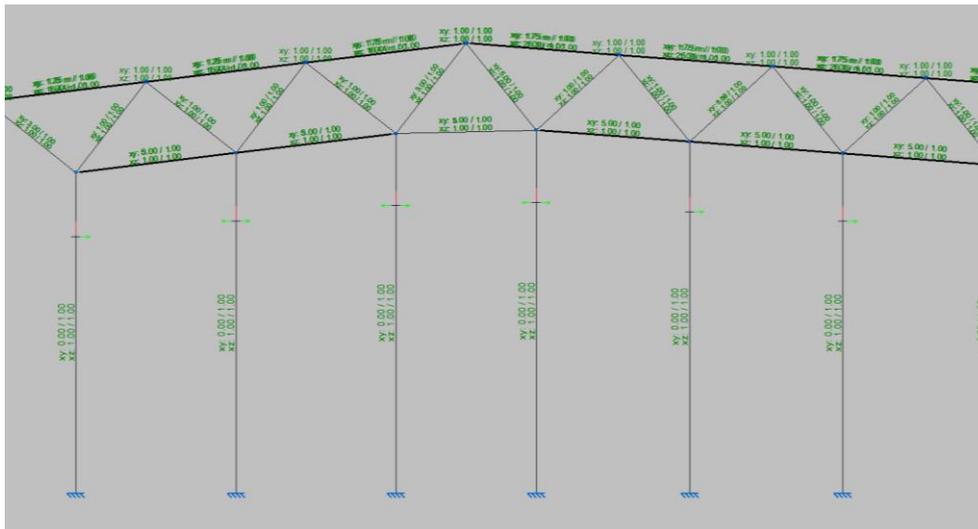


Figura 79. Vista frontal de los coeficientes de pandeo

El coeficiente de pandeo en las vigas de atado se establece un valor de $\beta = 0,5$ en el plano xy, y un valor de $\beta = 1$ en el xz.

Las cruces de San Andrés se consideran biarticuladas, por lo que ambos planos tienen un coeficiente de pandeo $\beta = 1$.

Para las vigas de las cruces se establece un valor aportado por el programa de $\beta = 0,2$ en el plano xy, y $\beta = 1$ en el xz.

FLECHAS

Para configurar el programa antes del cálculo también se deben introducir los límites de las flechas que no deben alcanzar los distintos elementos estructurales. Estas limitaciones a las deformaciones se introducen según el Código Técnico, en el apartado dedicado a flechas. Estas flechas nunca pueden ser mayores que unos valores en función de la longitud de la pieza dependiendo también de las necesidades de ese elemento.

- L/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas.
- L/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas.
- L/300 en el resto de los casos.

En este caso como se ha indicado con anterioridad al definir las flechas en este proyecto, los elementos del polideportivo se encuentran en el tercer caso, ya que no se pueden englobar en ninguno de los dos primeros.

Estas flechas también se limitan siguiendo los ejes locales de las barras. Y se centran en la flecha máxima que se produce en el plano xz de los elementos que se someten a flexión.

Por defecto cuando una barra contiene nudos intermedios el programa considera que flectan como una sola.

Para el caso de los pórticos interiores, la flecha máxima se considera absoluta. El valor que se debe introducir en el programa se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$L/300 = 55,1mm \text{ en la zona 1}$$

$$L/300 = 87,5mm \text{ en la zona 2}$$

Ecuación 39. Flecha máxima

En la siguiente imagen se ve un ejemplo de la introducción de los valores de la flecha en los dinteles.

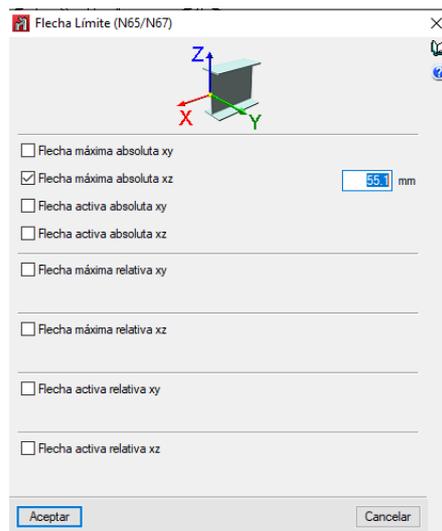


Figura 80. Flecha límite

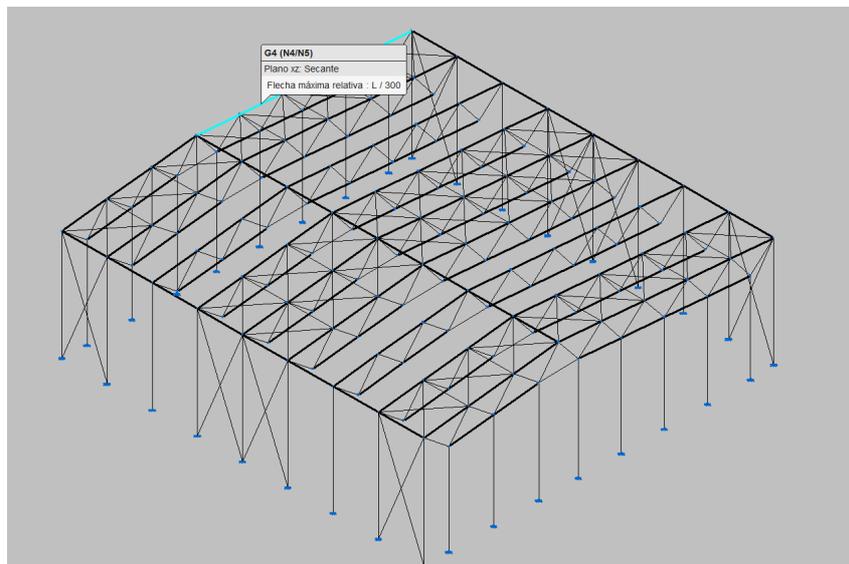


Figura 81. Vista de la flecha límite

Para los dinteles hastiales se utiliza la flecha máxima relativa.

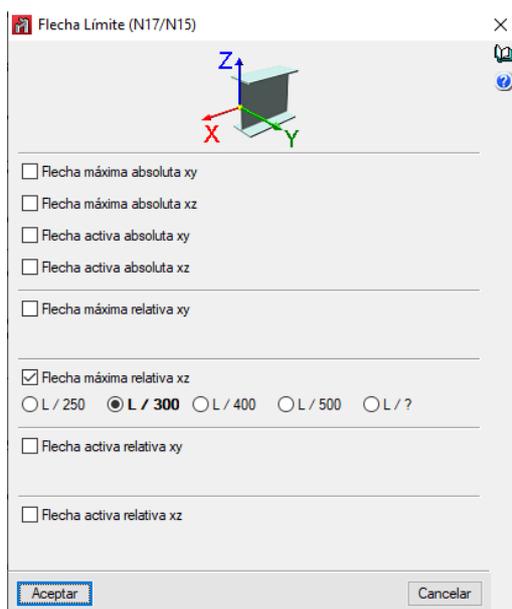


Figura 82. Flecha máxima relativa

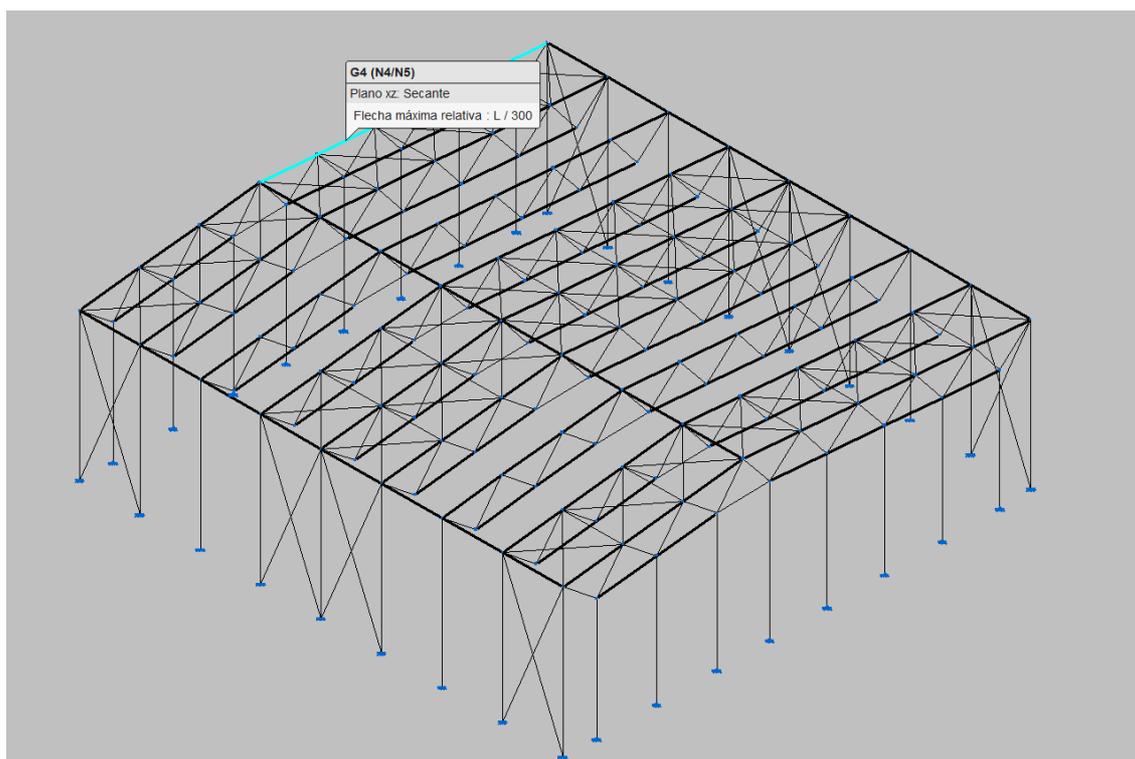


Figura 83. Vista de la flecha máxima

Las flechas máximas de los elementos longitudinales de la estructura tanto vigas de atado como los marcos de las cruces, se limitan relativamente en el plano de inercia fuerte, pero no es necesario ya que solo influye su propio peso de los elementos. No se restringen ni las flechas de los pilares ni las de los tirantes.

CARGAS

Para introducir las cargas en la estructura se debe basar el método en el CTE DB SE-AE. Previamente en el apartado 4 (Acciones) se ha realizado la explicación de la clasificación de las diferentes hipótesis de carga que se contemplan, por lo que en este apartado simplemente se define cómo se han introducido esas cargas en el programa ya que el cálculo manual se encuentra descrito en el apartado Anexo A.

El propio programa define al inicio de esta sección las hipótesis de carga a las que está sometida la estructura, y se recogen en la siguiente imagen de hipótesis adicionales.

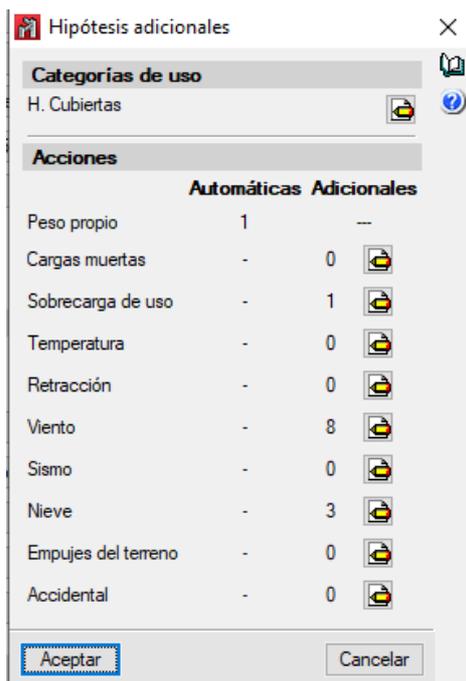


Figura 84. Hipótesis adicionales

En la imagen se puede ver la categoría de uso y las hipótesis a las que se somete la estructura. Se considera una hipótesis de peso propio, una hipótesis de sobrecarga de uso, 8 hipótesis de viento y 3 hipótesis de nieve.

Para ello se ha procedido a la introducción de cargas en el programa. en la siguiente imagen se puede ver la pestaña de escala en la que se cambia el tamaño de las cargas para que sea más visual en la pantalla.

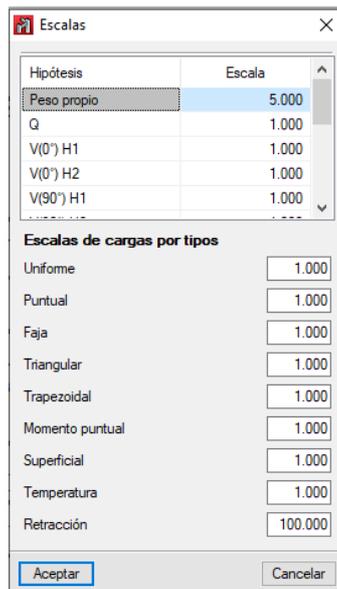


Figura 85. Escalas

Cargas permanentes

Para trabajar con las cargas permanentes en el programa, se selecciona la hipótesis de peso propio. El programa introduce automáticamente las cargas de los pesos de cada elemento. Sobre los dinteles se debe tener en cuenta la carga que supone la cubierta y las correas introducidas en el generador de pórticos. Los dinteles interiores soportarán la carga al completo por ambos lados, por lo que el ancho de banda coincide con la distancia entre pórticos. en el caso de los dinteles de los pórticos hastiales, el ancho de banda será la mitad de la distancia entre pórticos ya que solamente soportan la carga de la cubierta y de las correas por uno de los lados. El peso de los paneles de cubierta es de $0,11 \text{ kN/m}^2$, y el de las correas de $0,04 \text{ kN/m}$.

$$\text{Dinteles interiores: } (0.11 + 0.04) * 5.5 = 0.825 \text{ kN/m}$$

$$\text{Dinteles hastiales: } (0.11 + 0.04) * 5.5/2 = 0.4125 \text{ kN/m}$$

Ecuación 40. Cargas permanentes

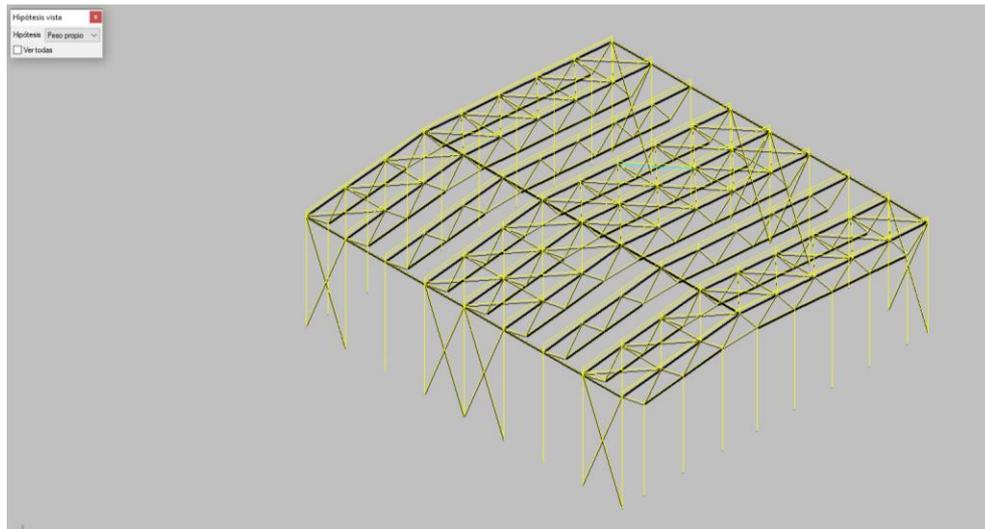


Figura 86. Cargas permanentes

Sobrecargas de uso

Como se ha indicado al principio en datos generales, la cubierta es ligera y solamente es accesible para conservación, tiene una inclinación menor de 20° y está dispuesta sobre correas. En base al Código Técnico se tiene un valor de sobrecarga de uso de la unidad, sin embargo, este valor de la carga se va a omitir como indican varios fabricantes de cubierta, de manera que así se reduzcan los tiempos de cálculo, ya que se supone que en ningún momento se van a producir simultáneamente las cargas de sobrecarga de uso por mantenimiento con la sobrecarga de nieve o la sobrecarga de viento de forma extrema.

Cargas de nieve

En el apartado 4 (Acciones) se habla del cálculo de las cargas de nieve de forma manual. De ese cálculo se obtiene que el valor de la carga de nieve por unidad de superficie es 0,454 kN/m².

Debido a que la inclinación de cubierta varía en las dos zonas del polideportivo, la carga de nieve en cada zona de cubierta será diferente. Este valor se calcula mediante el coseno del ángulo que forman la cubierta con la horizontal, a través de la siguiente ecuación. El valor de la carga de nieve se deberá diferenciar para los pórticos interiores y para los pórticos hastiales igual que se hizo con el peso de la cubierta y de las correas, ya que los pórticos hastiales soportan la mitad del ancho de banda.

Pórticos interiores:

$$q_{n1} = 0.454 * 0.992 * 5.5 = 2.477 \text{ kN/m}$$

Ecuación 41. Cargas de nieve

En este caso la nieve se supone en la zona 1, en la que la cubierta tiene una inclinación de 7°.

$$q_{n2} = 0.454 * 0.996 * 5.5 = 2.487 \text{ kN/m}$$

Ecuación 42. Cargas de nieve

Este estado de carga de nieve se supone en la zona 2, en la que la cubierta tiene una inclinación de 5°. Lo mismo ocurre con el cálculo de las cargas de nieve en las dos cubiertas en los pórticos hastiales.

Pórticos hastiales:

$$q_{n1} = 0.454 * 0.992 * \frac{5.5}{2} = 1.2385 \text{ kN/m}$$

$$q_{n2} = 0.454 * 0.996 * \frac{5.5}{2} = 1.2435 \text{ kN/m}$$

Ecuación 43. Cargas de nieve

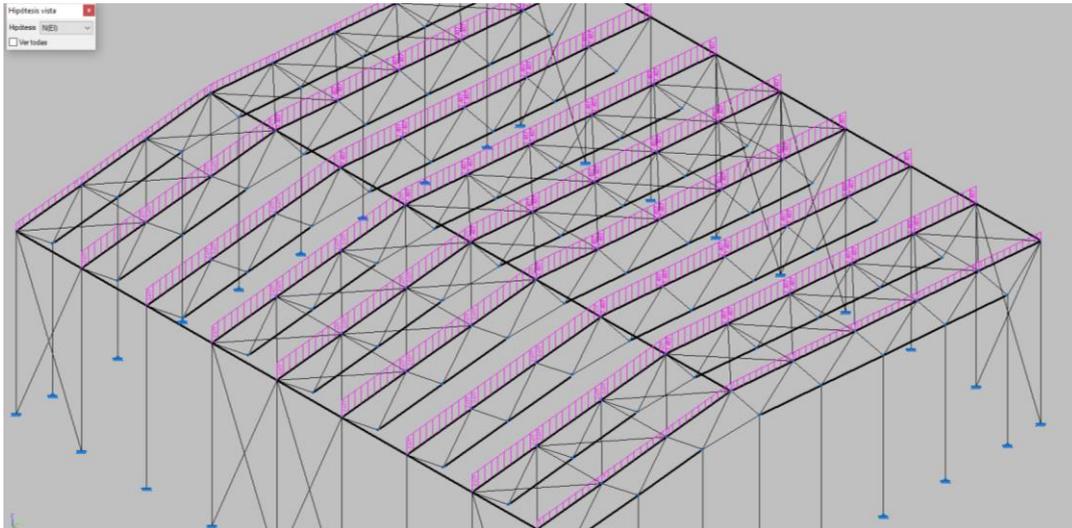


Figura 87. Cargas de nieve principales

En el epígrafe relativo al coeficiente de forma del Código Técnico, se establece que las nevadas suelen acompañarse de rachas de viento. Esto puede originar una distribución irregular de la nieve sobre la cubierta, en este caso sobre los dos tipos de cubierta. Por lo que el programa incluye en el cálculo dos hipótesis de distribución asimétrica en la que se reducen los valores de nieve de una de las dos cubiertas a la mitad. Este procedimiento se detalla en las siguientes imágenes.

El estado de carga de nieve asimétrico 1, denominado NR1 por el programa, realiza el cálculo reduciendo a la mitad las cargas aplicadas sobre la cubierta de la zona 1.

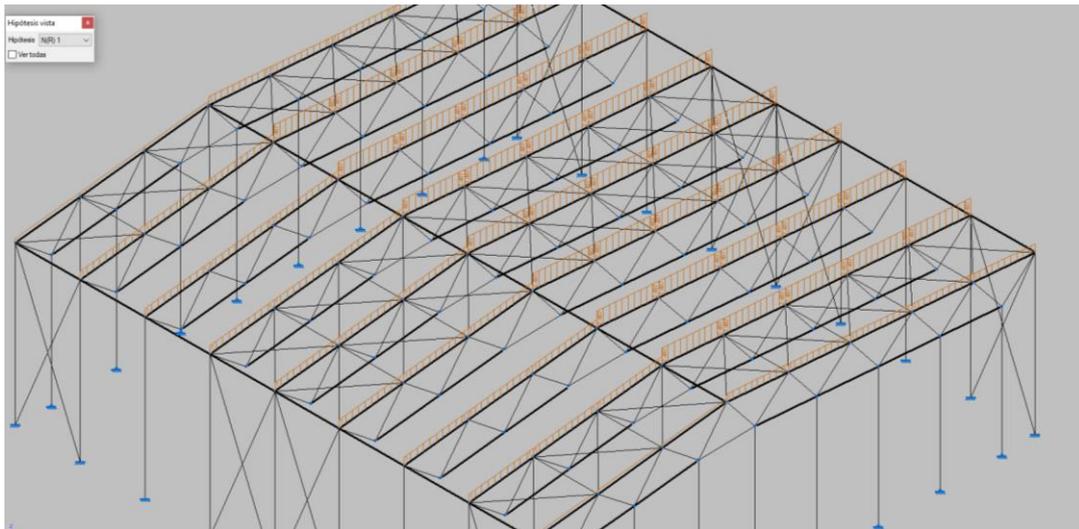


Figura 88. RN1

Mientras que el estado de carga de nieve simétrico 2, NR2, reduce a la mitad las cargas aplicadas sobre la cubierta de la zona 2.

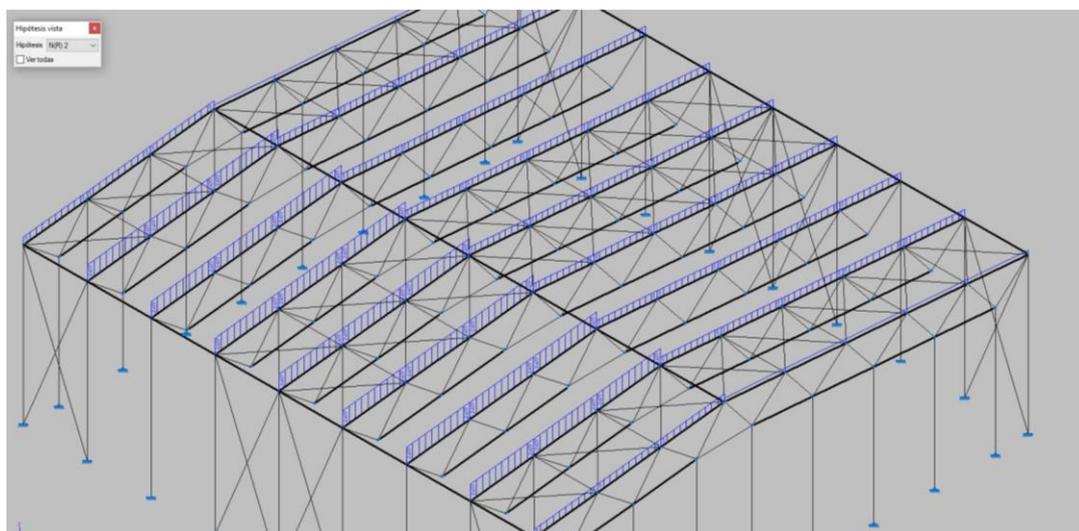


Figura 89. RN2

Cargas de viento

En este caso las cargas de viento ya están calculadas por parte del programa, los cálculos realizados por este programa son mucho más precisos que los que se han realizado manualmente en el apartado 4 (Acciones), como es lógico debido a la potencia de cálculo. En este caso el programa calcula 8 hipótesis de viento diferentes basándose en las dimensiones de la nave en cada cara de la misma y teniendo en cuenta que no se disponen de huecos lo suficientemente grandes como para crear hipótesis adicionales.

En la siguiente imagen se puede ver un conjunto de todas las cargas aplicadas sobre la estructura, cada carga se define en un color diferente.

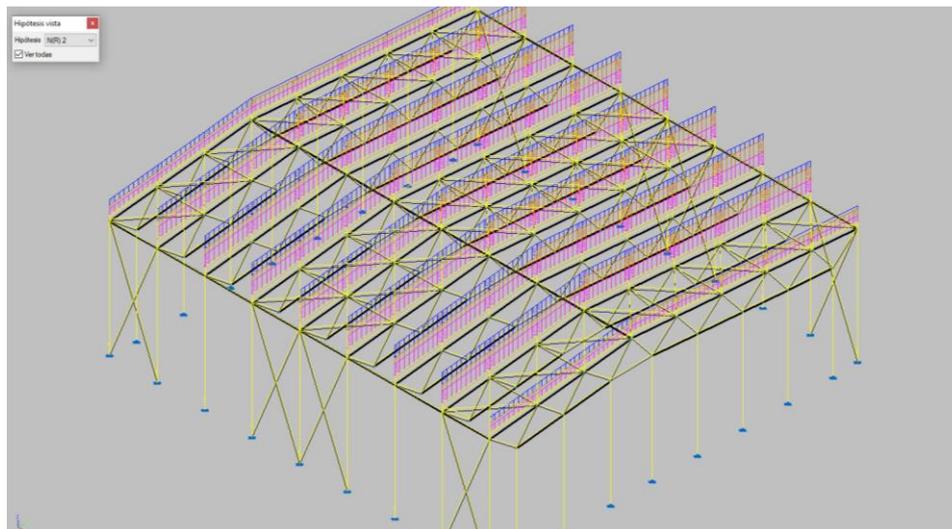


Figura 90. Conjunto de cargas aplicadas

CÁLCULO

Una vez que se ha definido toda la geometría de la nave, que se han descrito de forma correcta las barras y los nudos y se han introducido todas las cargas que solicita la estructura, se puede proceder a la realización del cálculo de la misma. El programa utiliza el método de la matriz de rigidez en el que compruebe las barras que forman la estructura, las uniones y por último la cimentación dónde apoya todo el conjunto.

Para la realización del cálculo, el programa ofrece varias opciones:

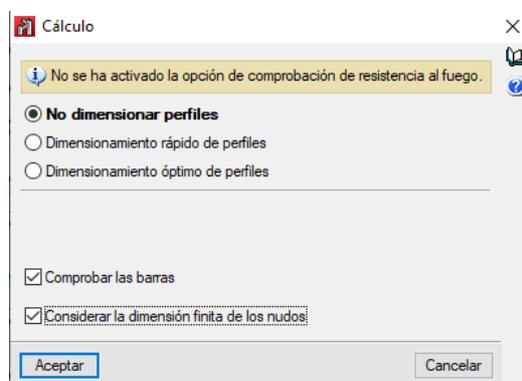


Figura 91. Opciones de cálculo

En el caso de no dimensionar los perfiles, la estructura se resuelve en función del predimensionamiento realizado.

El dimensionamiento rápido de perfiles calcula la estructura y si aparece algún elemento que no pueda superar las comprobaciones, automáticamente se aumenta el perfil de todo su grupo de barras con el fin de que todas las barras cumplan todos los requerimientos.

El dimensionamiento óptimo de perfiles es un cálculo que se realiza en un mayor período de tiempo en el que se busca el dimensionamiento más económico para que todas las barras sean capaces de cumplir todas las comprobaciones que se requieren.

En este caso se emplea la opción por defecto, de forma que no se produce el dimensionamiento automático de perfiles y se pueden apreciar los distintos errores cometidos de forma que se pueda realizar su corrección. Se mantiene activada la opción de comprobar las barras y considerar la dimensión finita de los nudos, esto permite calcular los desplazamientos de los nudos y los esfuerzos de cada hipótesis de carga.

La estructura, una vez realizado el cálculo, muestra en rojo los elementos que no cumplen las comprobaciones y en verde los que sí lo cumplen.

Esto es un cálculo inicial por lo tanto se puede corregir el estado de la estructura analizando cada elemento que no cumple la comprobación y eligiendo el perfil más adecuado para cada caso. En el caso de que un elemento de un grupo sí que cumpla las comprobaciones, pero otro del mismo grupo no lo cumpla, se procederá al dimensionado de un nuevo perfil para todo el grupo al completo, este cambio se produce automáticamente debido a que los elementos están introducidos en diferentes grupos como se indicó al inicio.

El propio programa da la opción de cambiar el elemento elegido por un perfil que cumpla todas las comprobaciones que se requieren. También cabe la posibilidad de poder cambiar el tipo de acero de cada barra, en el caso de que eso sea más adecuado.

Una vez que se han analizado todos los perfiles que no cumplen las comprobaciones, y se han cambiado por los adecuados, la estructura resultante es la siguiente:

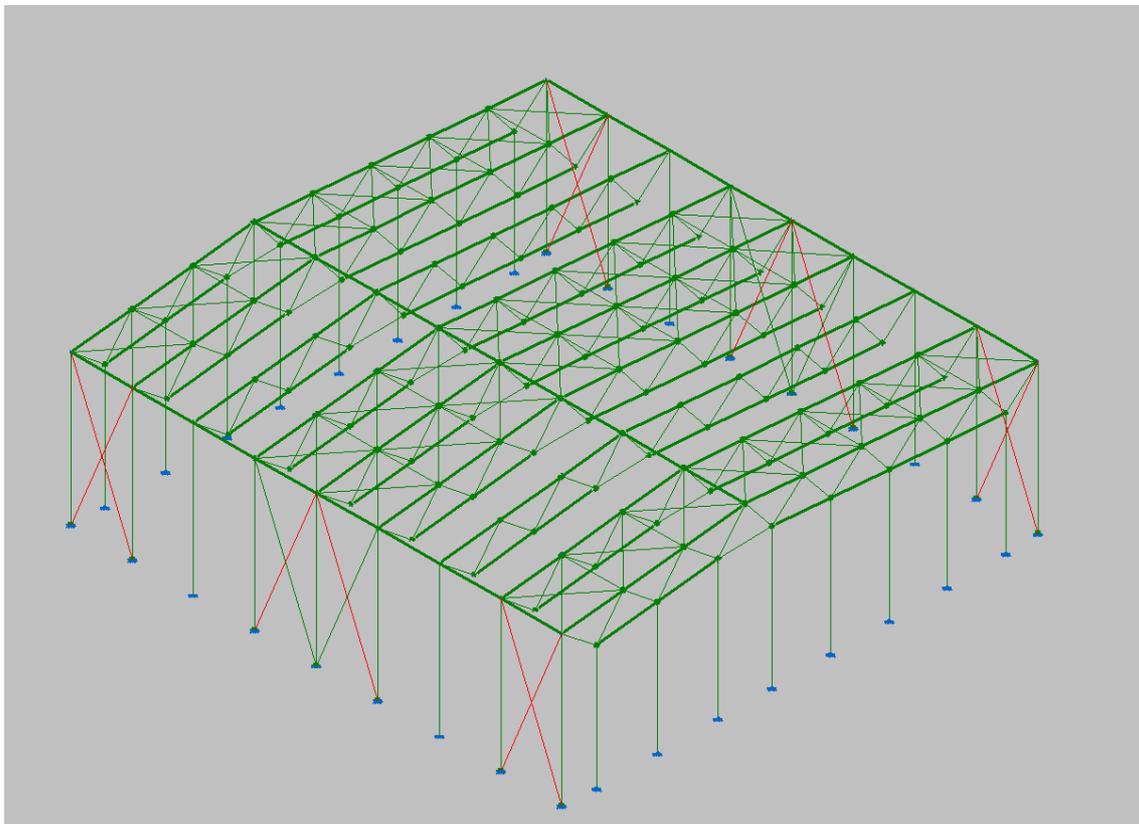


Figura 92. Resultado de cálculo

Se puede ver en la figura que los perfiles de las Cruces de San Andrés aparecen en rojo, en este caso no se indica un error a la hora del cálculo, sino un aviso del programa que no influye en el resultado final.

En la siguiente imagen se pueden ver los diferentes perfiles que se han dimensionado después del cálculo.

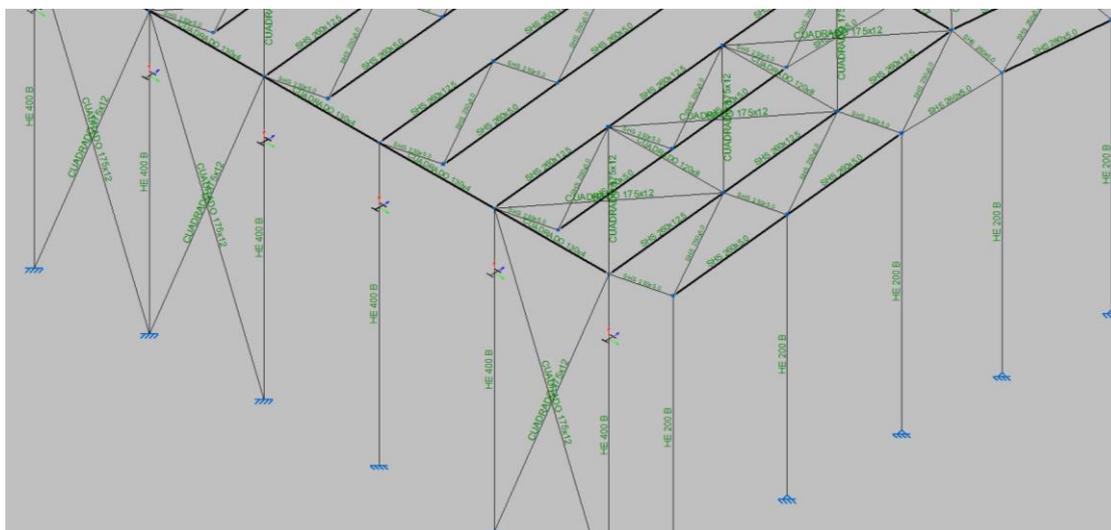


Figura 93. Perfiles dimensionados

Ya se ha completado el procedimiento de cálculo, y se puede observar una vista general en 3D de la estructura dimensionada completamente.

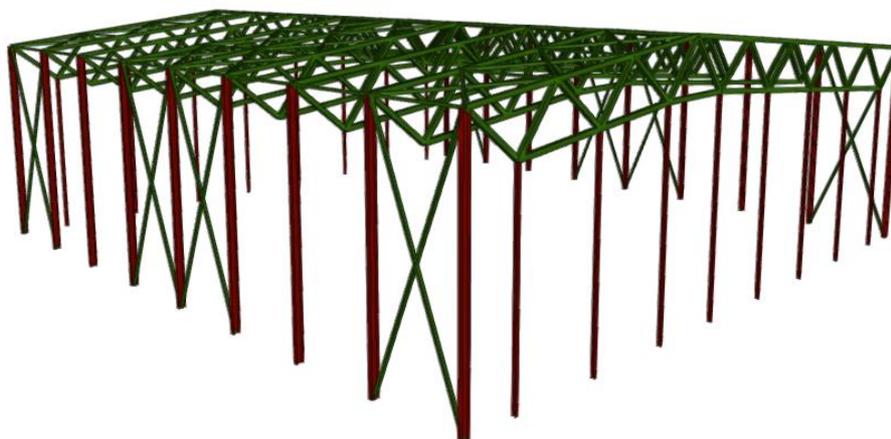


Figura 94. Vista en 3D (1)

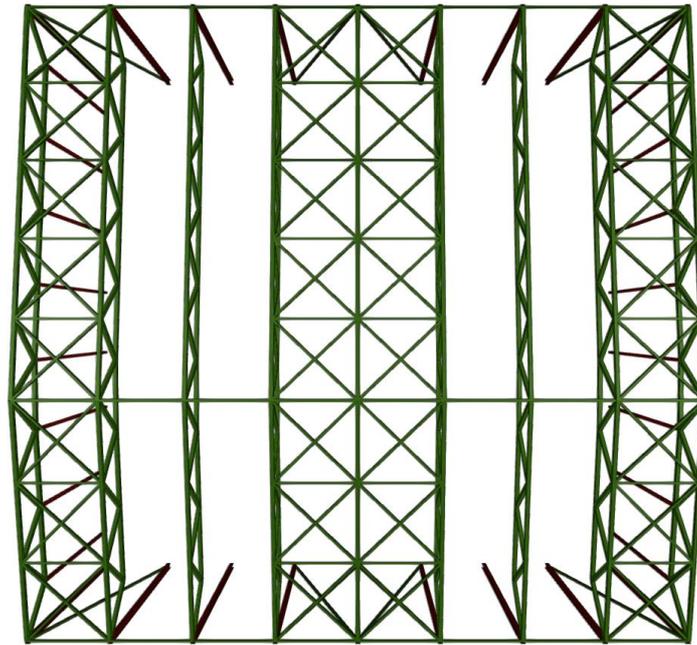


Figura 95. Vista en 3D (2)

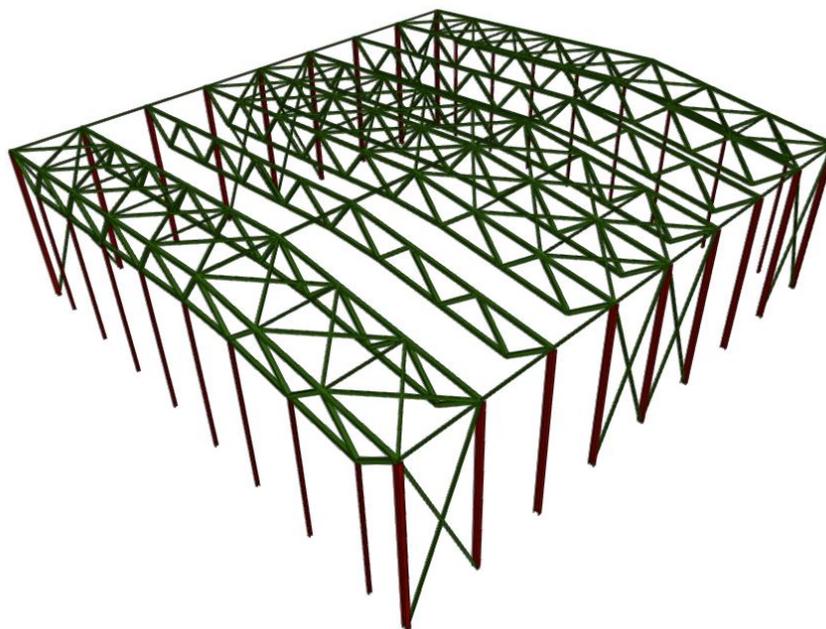


Figura 96. Vista en 3D (3)

Análisis de la estructura y posibilidades de optimización

A continuación, se puede realizar un análisis de la estructura calculada y estudiar las posibilidades de optimización de la misma. Para ello se estudia la envolvente de tensión, que es la gráfica en la que se recogen las tensiones de cada sección de la barra. Se configura la ventana de los parámetros de cálculo de esfuerzos y envolvente para ver el comportamiento de la estructura. CYPE representa gráficamente el aprovechamiento de los puntos de los elementos

del pórtico como se puede ver en las imágenes, esta gráfica aporta información importante acerca del comportamiento del elemento que se ha estudiado.

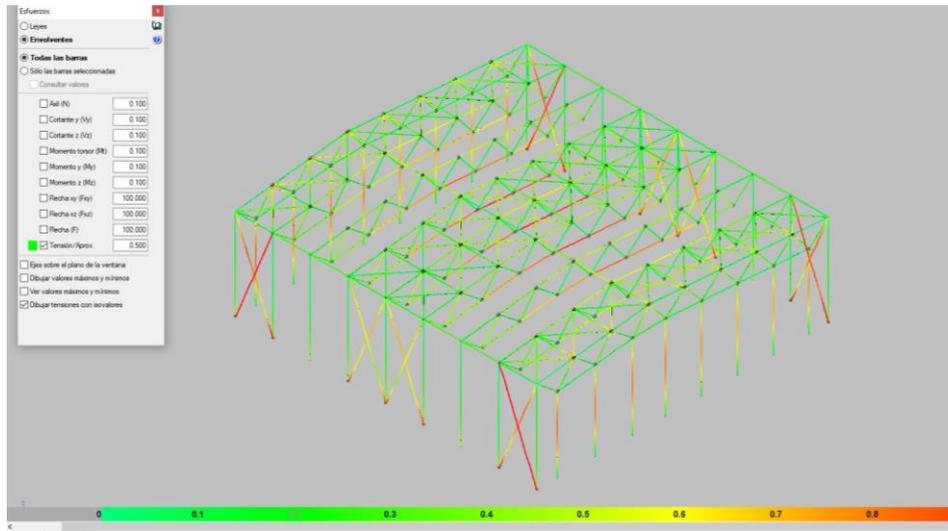


Figura 97. Envoltente

En la imagen se puede ver cómo se solicitan las diferentes barras de la estructura en una escala de colores, en la que rojo es mucha sollicitación y verde es una sollicitación menor.

Estudio de esfuerzos de la estructura

A partir del cálculo en el programa se pueden estudiar diversos parámetros como los axiles, los cortantes, los momentos flectores o las flechas, esto servirá para poder aumentar los datos obtenidos sobre el comportamiento de la estructura.

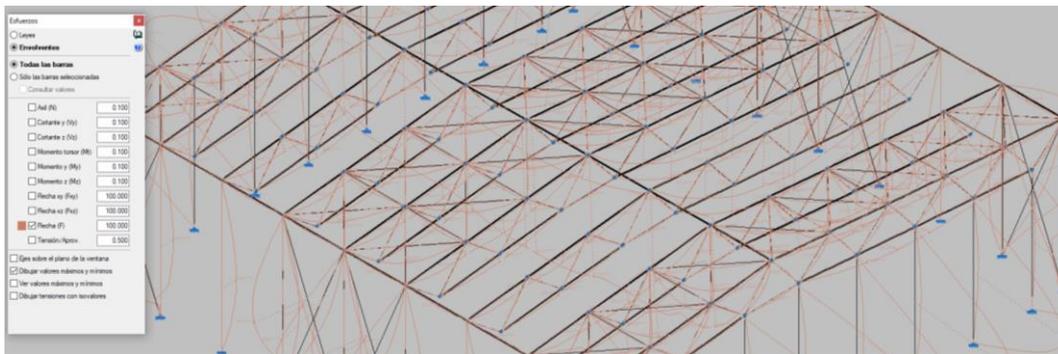


Figura 98. Flecha

En la figura anterior se puede ver el comportamiento de la estructura al estudiar la flecha máxima. No se alcanza el valor de la flecha máxima indicada en el cálculo, ya que el programa no proporciona ningún error al ejecutarlo.

Lo siguiente que se ha analizado son los esfuerzos, tanto los axiles como los cortantes y los momentos flectores. En las imágenes se puede observar el comportamiento de la estructura completa respecto a estos esfuerzos, y el comportamiento del pórtico hastial en el que se pueden detallar los diagramas.

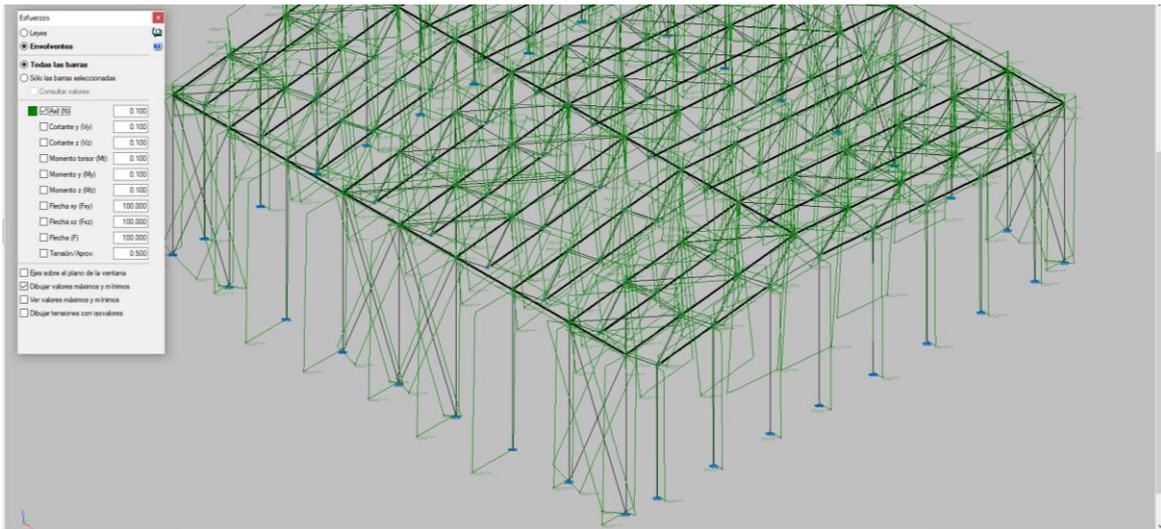


Figura 99. Axiles

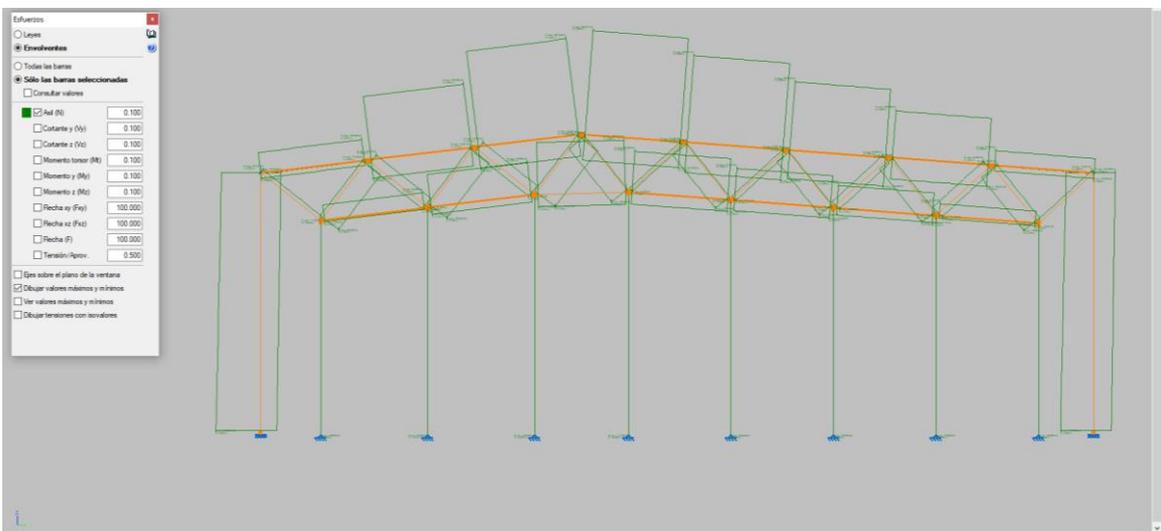


Figura 100. Axiles frontales

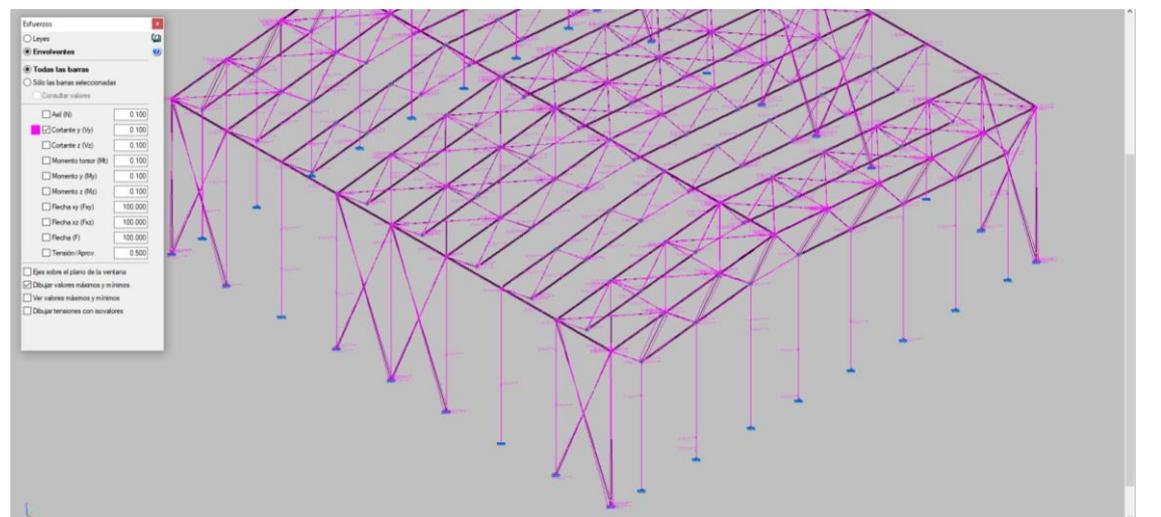


Figura 101. Cortantes

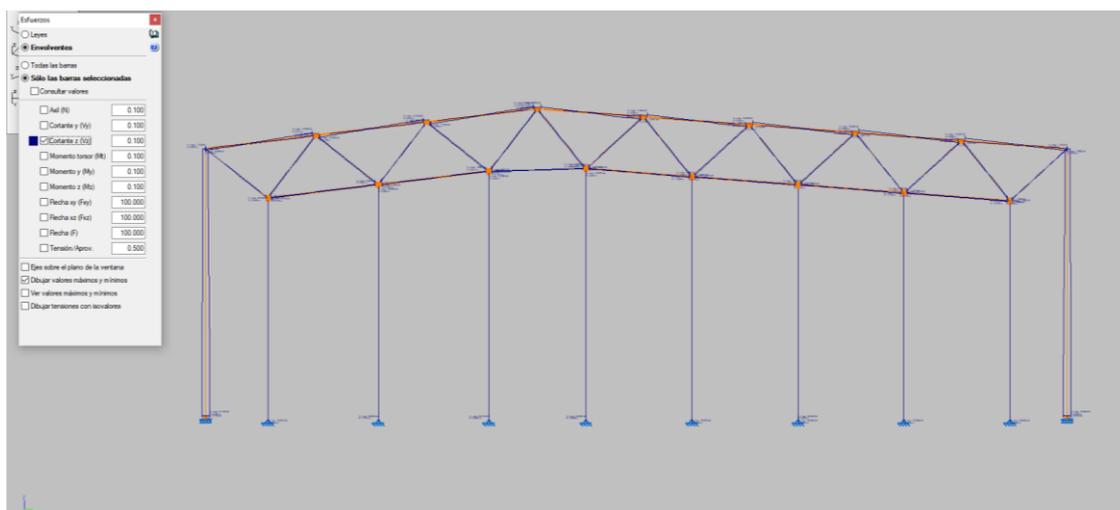


Figura 102. Cortantes frontales

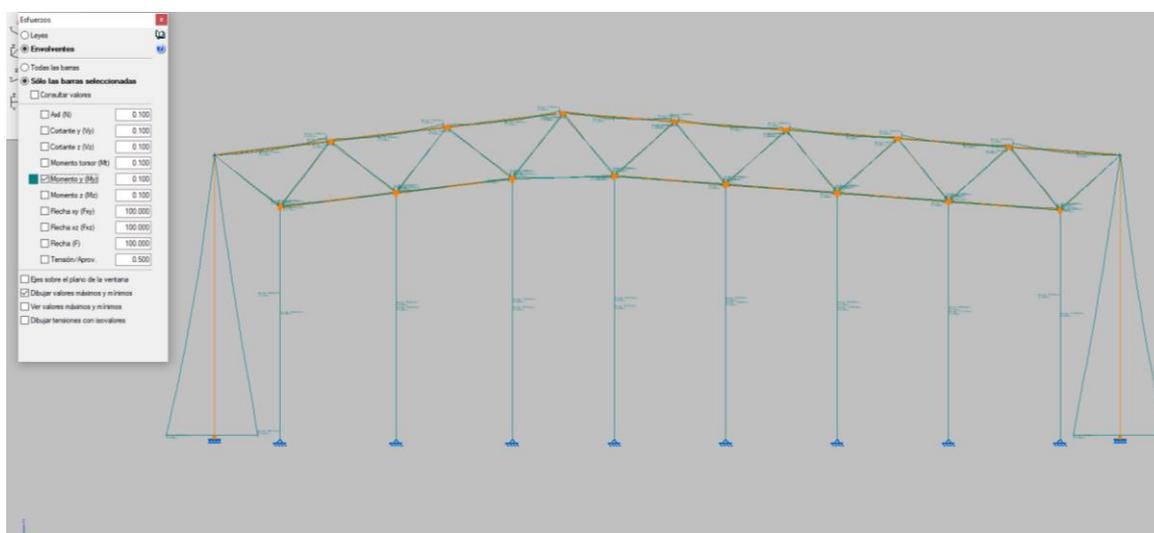


Figura 103. Momentos

Esta última imagen corresponde con el diagrama de momentos flectores, se puede ver que los pilares en su base cuentan con un amplio valor de este esfuerzo, por lo que las zapatas de la cimentación deberán ser dimensionadas de manera que sean capaces de soportar la transmisión de ese esfuerzo.

Para terminar este apartado, se realiza un análisis de los desplazamientos de los nudos de las barras. Este cálculo permite comprobar los giros y los desplazamientos de las distintas barras que componen la estructura. Se puede ver un desplazamiento y giro nulo en la base de los pilares ya que se encuentran empotrados a la cimentación, y también que en cada nudo se produce el mismo giro para todas las barras que llegan a él.

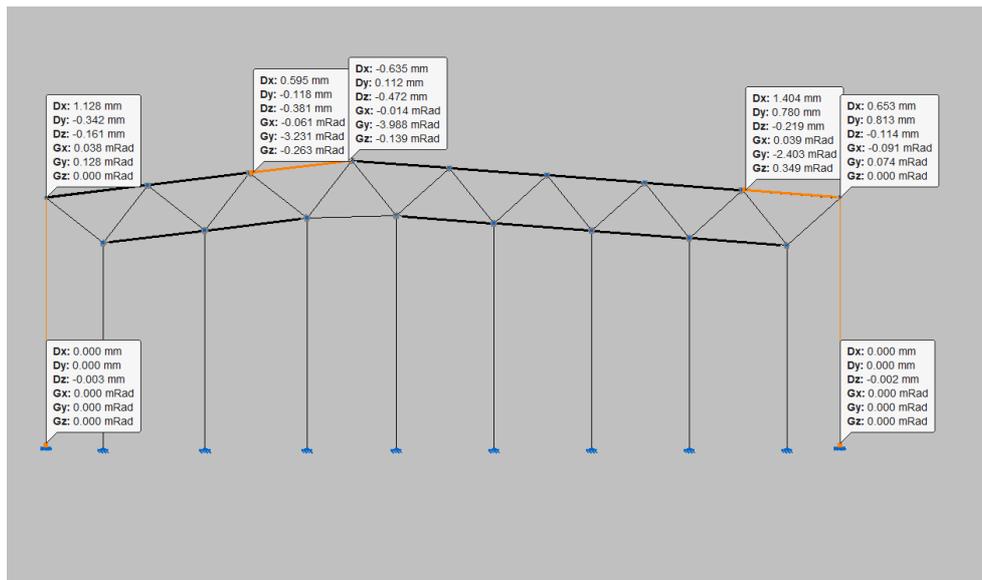


Figura 104. Desplazamientos y giros

CIMENTACIÓN

La cimentación se realiza una vez concluido el cálculo de la estructura. Para ello se utiliza la pestaña del mismo módulo CYPE 3D llamada cimentación. Como el archivo se encuentra dentro del mismo programa todos los datos estructurales introducidos en la dimensión y cálculo, así como en el generador de pórticos inicial se van a encontrar asociados a la estructura para el cálculo de la cimentación. En primer lugar, aparece en pantalla una planta de la nave con la disposición de todos los pilares metálicos que se han introducido anteriormente. A partir de aquí se podrá introducir la cimentación de forma que corresponda con todo lo introducido en el programa hasta ahora.

Antes de proceder con la introducción de la cimentación se debe indicar en la pestaña de datos generales todos los valores que el programa va a necesitar para realizar un cálculo correcto, estos valores se encuentran recogidos en la siguiente imagen. Se define que no se produzca el deslizamiento de zapatas, es decir, que las cargas horizontales que soportan las zapatas son inferiores a las cargas de rozamiento que estas zapatas pueden generar con el terreno por lo que no pueden moverlas. La tensión admisible del terreno se obtiene del estudio geotécnico y se fija en 0,2 MPa. En el caso de que se produzcan situaciones sísmicas y accidentales, se fija un valor de 0,3 MPa para la tensión admisible.

Para este cálculo se consideran todas las acciones, tanto de viento como de sismo. También se indican el tipo de hormigón y el tipo de acero empleado en cada elemento de la cimentación y la clase de exposición a la que está sometida la zona de construcción.

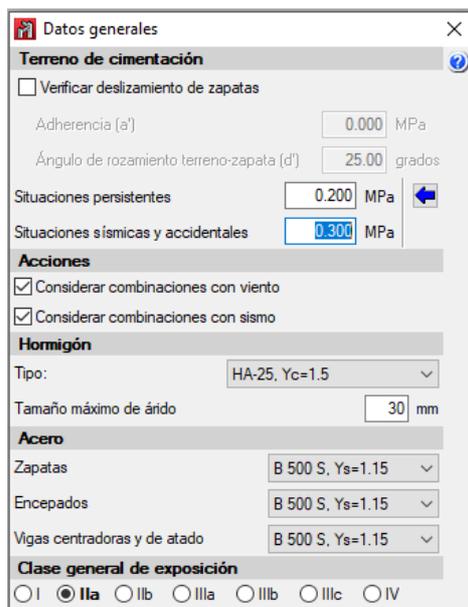


Figura 105. Datos generales

La cimentación empleada se compone de zapatas de hormigón armado que serán los encargados de soportar los esfuerzos que transmiten los pilares. Estas zapatas estarán Unidas por vigas de atado o centradoras.



Figura 106. Zapata de hormigón

Las zapatas de hormigón armado introducidos serán de un solo arranque, es decir de cada una de ellas saldrá un solo pilar. Estas zapatas son rectangulares excéntricas que aportan flexibilidad a la hora del dimensionamiento de la cimentación. Estas zapatas según él mediante vigas de atado o centradoras, las vigas de atado tienen como función impedir que las zapatas sufran un desplazamiento en el plano mismo de la cimentación, mientras que las centradoras se emplean para combatir el momento producido por el apoyo sobre la zapata de forma que el contrapeso de la zapata contigua contrarreste dicho momento.

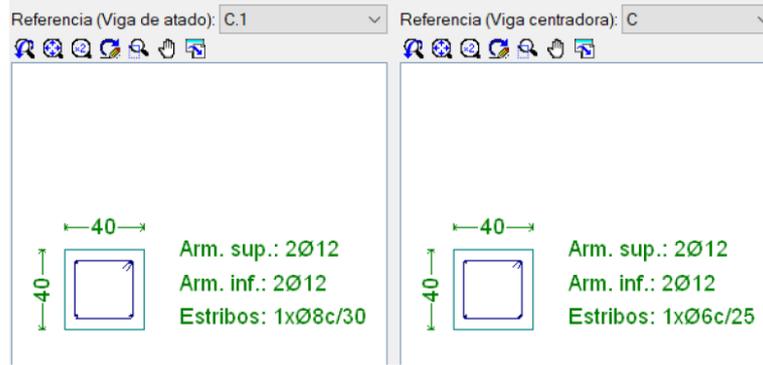


Figura 107. Viga de atado

Se disponen las zapatas y las vigas a lo largo del perímetro de la nave uniendo las zapatas de cada pilar entre sí mediante las vigas de atado. Con esto ya se encuentra dimensionado de una forma general la cimentación de la estructura, y se puede proceder al cálculo a través del cual se realiza un nuevo dimensionado de las zapatas incrementando su geometría.

El programa realiza el cálculo mediante un método iterativo completo, el resultado obtenido se puede observar en las siguientes imágenes:

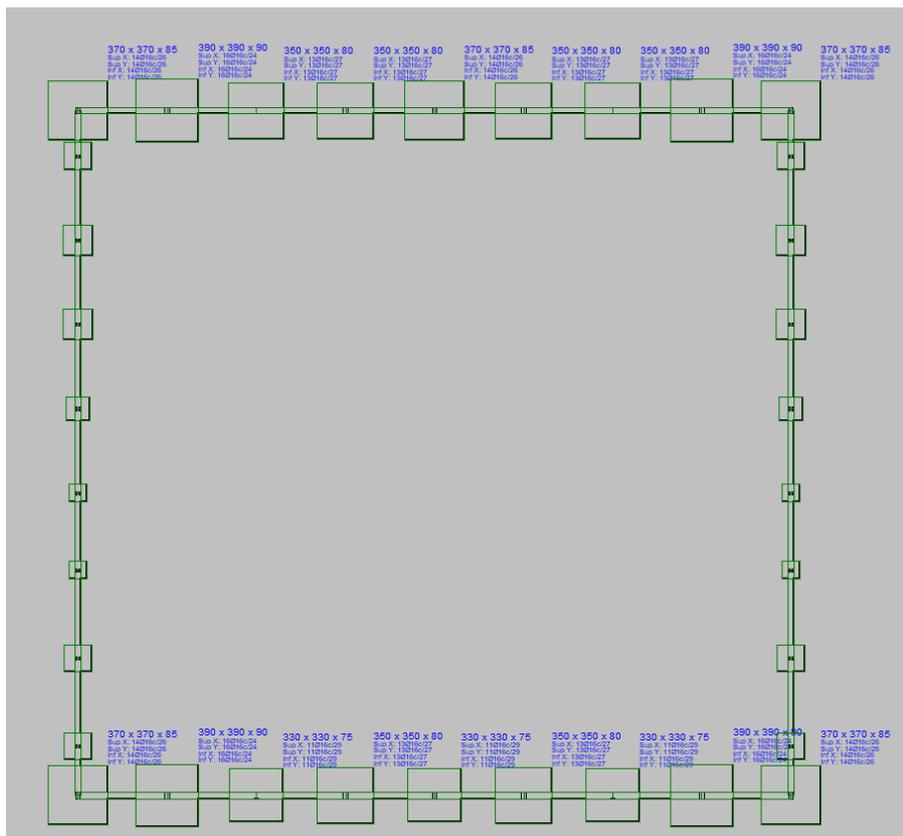


Figura 108. Detalles de cimentación (1)



Figura 109. Detalles de cimentación (2)



Figura 110. Detalles de cimentación (3)

Las zapatas serán diferentes en una zona y otra de la estructura debido a que la nave no es simétrica en ambos planos y a que las combinaciones de carga tampoco lo son.

Las dimensiones de estas zapatas son muy grandes, pero se debe tener en cuenta que la luz total de la nave es muy elevada.

Una vez predimensionados todos los elementos de la cimentación se procede al cálculo, a partir de este cálculo se comprueba que todas las partes cumplen todos los requisitos exigidos por la edificación.

En la siguiente imagen se puede ver el resultado total de la edificación implementado en el programa de cálculo, se representa la nave en 3D.

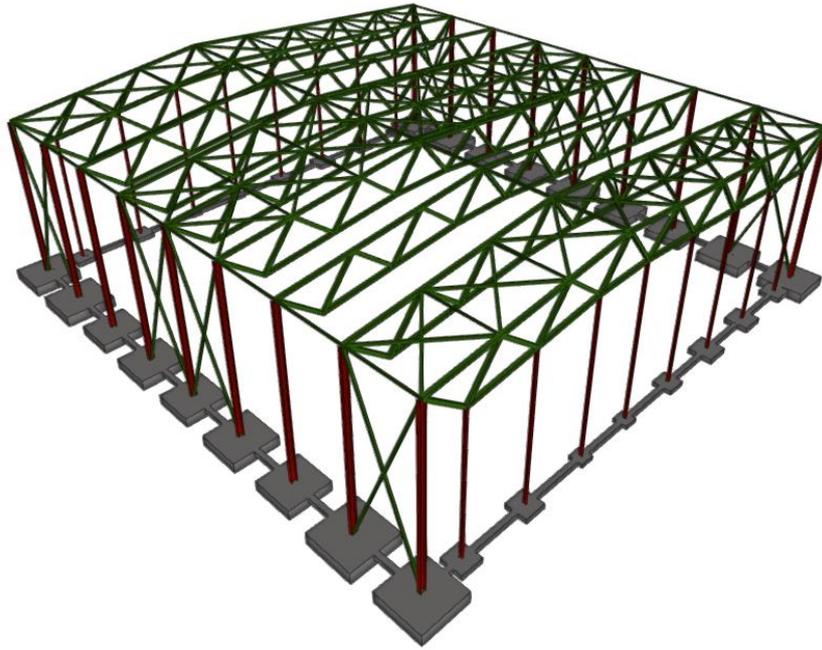


Figura 111. Vista general en 3D con cimentación

ANEXO C. COMPROBACIÓN DE PERFILES DE LA CERCHA

Una vez realizado el predimensionado de los perfiles de la cercha y el cálculo en el programa CYPE, se procede a realizar una breve comprobación de los perfiles que componen la cercha. Para ello se utiliza una tabla Excel en la que se han implementado las diferentes fórmulas comparativas, de forma que si el perfil cumple las expectativas de cálculo se verá reflejado en la casilla de comprobación.

Se enumera a continuación los perfiles dimensionados por el programa, y se detalla en las imágenes las dimensiones más representativas de estos.

- CORDÓN SUPERIOR: Perfil tubular 260x12,5
- CORDÓN INFERIOR: Perfil tubular 260x5
- DIAGONALES: Perfil tubular 250x5

ELEMENTO PLANO DE PANDEO	INTRODUCCIÓN DE DATOS								CÁLCULOS									
	DIMENSIONES PERFIL			AREA	RADIO DE GIRO	ESFUERZO	LÍMITE ELÁSTICO	LONGITUD PANDEO	ESBELTEZ ADIMENSIONAL	φ CURVA C PANDEO	COEFICIENTE REDUCTOR PANDEO	COMPROBACIONES GEOMÉTRICAS				AREA REDUCIDA	COMPROBACIÓN	
	H (mm)	B (mm)	e (mm)									b0(mm)	A (mm ²)	i (mm)	Ned (kN)			
CORDON SUPERIOR	260	13	260	11689	25	389,1	355	5500	2,879	5,100	0,107	20,8	OK	20,8	OK	12,55	10,96	OK
CORDON INFERIOR	260	5	260	5034	26	200	355	5500	2,768	4,769	0,116	52	OK	52	OK	5,82	5,63	OK
DIAGON	250	5	250	4834	5	4,19	355	3920	10,261	54,850	0,009	50	OK	50	OK	0,44	0,12	OK

Figura 112. Comparación de Perfiles

En la figura anterior se puede ver que la comprobación de los perfiles obtenidos en el programa es correcta y son capaces de soportar todas las cargas a las que se encuentran sometidos.

ANEXO D. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.

ANEXO D.1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES

OBJETO Y AUTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

El Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

Su autora es Nuria de la Peña Revilla y su elaboración ha sido encargada para la redacción del proyecto final del Grado de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Valladolid.

De acuerdo con el artículo 3 del R.D. 1627/1997, en el caso de que en la obra interviniera más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el promotor deberá designar un coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser objeto de un contrato expreso.

Según el artículo 7 del citado R.D., el objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabora el Plan de Seguridad y Salud el Trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán y complementarán las previsiones contenidas en este documento, en función del propio sistema de ejecución de la obra.

PROYECTO AL QUE SE REFIERE

Este Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto que tiene por datos generales los recogidos en la siguiente tabla:

Proyecto de Ejecución de	Nuria de la Peña Revilla
Ingenieros autores del proyecto	Nuria de la Peña Revilla
Titularidad del encargo	Universidad de Valladolid
Emplazamiento	Avenida del Polideportivo, nº 28. Peñafiel (Valladolid)
Presupuesto de Ejecución Material	254.168,92 €

DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y LA OBRA

En esta tabla se indican las principales características y condicionantes del lugar donde se realizará la obra:

Datos del emplazamiento

Accesos a la obra	Accesible a pie y en vehículo
Topografía del terreno	Llano
Edificaciones próximas	No existen
Suministro de energía eléctrica	Conexión a la red eléctrica urbana

En esta siguiente tabla se indican las características más generales de la obra a la que se refiere el Estudio Básico de Seguridad y Salud, y se describen de manera breve las fases en las que se divide:

Descripción de la obra y sus fases

Demoliciones	En el terreno donde se va a situar la cápsula no hay edificaciones previas
Movimiento de tierras	Nivelación del terreno.
Cimentación y estructuras	Cimentación mediante zapatas corridas. Estructura de pórticos metálicos de perfil tubular.
Cubiertas	Panel sándwich
Cerramientos	Paneles de hormigón
Instalaciones	No se describen instalación

INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA

Según con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D.1627/97, la obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en la tabla siguiente:

Servicios higiénicos

Vestuarios con asientos y taquillas individuales, con llave.
Lavabos con agua tanto fría como caliente, y espejo.
Duchas con agua fría y caliente.
Retretes
OBSERVACIONES: La utilización de los servicios higiénicos no será coincidente en el caso de que haya operarios de diferentes sexos.

De acuerdo con el apartado A3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios indicado a continuación donde se incluye también la identificación y distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

Primeros auxilios y asistencia sanitaria

NIVEL DE ASISTENCIA	NOMBRE Y UBICACIÓN	DISTANCIA APROX.(Km)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria (Urgencias)	PEÑAFIEL	<20 km
Asistencia Especializada(Hospital)	VALLADOLID ARANDA DE DUERO	<60km <40km

ANEXO D.2. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE

En la siguiente tabla se incluye la relación de los riesgos laborales que, pudiendo ocurrir en la obra, van a ser totalmente evitados por la adopción de las medidas técnicas que se adjuntan:

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS TÉCNICAS ADOPTADAS
Derivados de la rotura de instalaciones ya existentes	Neutralización de las instalaciones existentes
Presencia de líneas eléctricas	Corte de fluido, puesta a tierra o cortocircuitode los cables

ANEXO D.3. RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE

En este apartado se describe la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser evitables completamente, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que tienen que adoptarse para el control y la disminución de estos riesgos:

OBRA COMPLETA

RIESGOS
Caídas de los operarios al mismo nivel
Caídas de los operarios a diferente nivel
Caídas de objetos sobre los operarios
Caídas de objetos sobre terceras personas
Golpes contra objetos
Vientos fuertes
Trabajos con condiciones de humedad
Contactos eléctricos e indirectos
Cuerpos extraños en los ojos
Sobreesfuerzos

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Orden y limpieza de vías de circulación de la obra	Permanente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo	Permanente
Distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	Permanente
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento	Permanente
Señalización de la obra	Permanente
Cintas de señalización a 10 m de distancia	Alternativa al vallado
Vallado del perímetro de la obra de 2m de altura	Permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21A-113B	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Información específica	Para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación	Frecuente
Grúa parada y en posición veleta	Con viento fuerte
Grúa parada y en posición veleta	Final de cada jornada

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS)	EMPLEO
Cascos de seguridad	Permanente
Ropa de trabajo	Permanente
Calzado protector	Permanente
Ropa impermeable o de protección	Con mal tiempo
Cinturones de protección tronco	Ocasional
Gafas de seguridad	Frecuente

FASE: DEMOLICIONES

RIESGOS
Caídas de los materiales transportados
Atrapamientos y aplastamientos
Atropellos, colisiones y vuelcos
Contagios por lugares nocivos
Ruidos
Vibraciones

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Apoyos y estructuras	Frecuente
Conductos de escombros	Permanente
Riegos con agua	Frecuente
Anulación de instalaciones antiguas	Definitivo

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Guantes para agresiones mecánicas	Frecuente
Botas de seguridad	Permanente
Protectores auditivos	Ocasional
Gafas de seguridad	Frecuente
Mascarilla filtrante	Ocasional

FASE: MOVIMIENTO DE TIERRAS

RIESGOS
Desplomes, hundimientos y desprendimientos del terreno
Caídas de los materiales transportados
Atrapamientos y aplastamientos
Atropellos, colisiones y vuelcos
Contagios por zonas y lugares nocivos
Ruidos
Vibraciones

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Observación y vigilancia del terreno	Diaria
Desnivel natural del terreno	Permanente
Soportes y estructuras	Ocasional
Separación de tránsito de vehículos y operarios	Permanente
No acumular justo al borde de la excavación	Permanente
No permanecer bajo el frente de excavación	Permanente
Acotar las zonas de acción de las máquinas	Permanente

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Guantes de cuero o goma	Ocasional
Botas de seguridad	Permanente

FASE: ESTRUCTURAS

RIESGOS
Desplomes y hundimientos del terreno
Caídas de operarios al vacío
Caídas de los materiales transportados
Atrapamientos y aplastamientos
Atropellos, colisiones y vuelcos
Contagios por zonas y lugares nocivos
Lesiones y cortes en extremidades superiores
Lesiones, pinchazos y cortes en extremidades inferiores
Ruidos
Vibraciones

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Separación de tránsito de vehículos y operarios	Ocasional
No almacenar junto al borde de la excavación	Permanente
No permanecer bajo el frente de excavación	Permanente
Plataformas de carga y descarga de material	Permanente

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Guantes de cuero o goma	Frecuente
Botas de seguridad	Permanente
Gafas de seguridad	Ocasional
Botas de goma	Ocasional
Pantallas faciales	En estructura metálica

FASE: CUBIERTA Y CERRAMIENTOS DE FACHADA

RIESGOS
Caídas de operarios al vacío o debido al plano inclinado de la cubierta
Caídas de los materiales transportados
Inhalación de sustancias tóxicas
Atrapamiento de manos y brazos durante el montaje
Vientos fuertes
Derrame de productos
Lesiones y cortes en extremidades superiores
Lesiones, pinchazos y cortes en extremidades inferiores
Hundimientos o roturas de materiales
Condiciones meteorológicas adversas

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Redes de seguridad interiores y/o exteriores	Permanente
Estructuras y apoyos	Permanente
Protección de huecos	Permanente
Almacenamiento adecuado de materiales	Permanente
Señalización de obstáculos	Permanente
Ventilación adecuada del lugar de trabajo	Permanente
Ganchos de servicio	Permanente
Accesos adecuados a cubierta	Permanente
Paralización de trabajos en condiciones meteorológicas extremas	Ocasional

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIS)	EMPLEO
Guantes de cuero o goma	Ocasional
Botas de seguridad	Permanente
Gafas de seguridad	Ocasional
Pantallas faciales	En estructura metálica
Mascarilla filtrante	Ocasional
Arneses y cinturones de seguridad	Permanente

ANEXO D.4. RIESGOS LABORALES ESPECIALES

En la siguiente tabla se muestran las relaciones de los trabajos que, siendo necesarios para la obra definida en el Proyecto de referencia, implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, y por ello están incluidos en el Anexo II del R.D. 1627/97. También se indican las medidas específicas para reducir los riesgos derivados de este tipo de trabajos:

TRABAJOS CON RIESGOS ESPECIALES	MEDIDAS ESPECIALES PREVISTAS
Caídas, sepultamientos y hundimientos	No existe riesgo de caídas graves ya que la edificación tiene solo una planta
Proximidad de líneas eléctricas de alta tensión	Señalizar y respetar la distancia de seguridad (5m).
Implicación del uso de explosivos	No es necesario el uso de explosivos
Montaje y desmontaje de elementos pesados	Respetar las distancias de seguridad al realizar la instalación o el transporte de estos elementos (10m)

En Valladolid, en junio de 2021.

La Graduada en Ingeniería Mecánica:



NURIA DE LA PEÑA REVILLA

ANEXO E. GESTIÓN DE RESIDUOS

ANEXO E.1. ANTECEDENTES.

Se va a realizar una edificación según el proyecto presentado, con el cual se ha solicitado Licencia de Edificación.

De acuerdo con el REAL DECRETO 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, se presenta el siguiente plan de gestión de residuos de construcción y demolición conforme a lo dispuesto en el artículo 3:

1. Estimación de la cantidad expresada en toneladas de los residuos de construcción y demolición que se generarán a lo largo de la obra, codificadas con arreglo a la lista europea de residuos.
2. Las medidas para la prevención de residuos en la obra objeto del proyecto.
3. Operaciones de reutilización, valoración y eliminación a qué se destinarán los residuos que se generan en la obra.
4. Medidas para la separación de los residuos en obra.
5. Prescripciones del pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, en relación con el almacenamiento manejo y separación de los residuos de construcción y demolición dentro de la obra.
6. Valoración del coste previsto de la gestión de los residuos de construcción y demolición que forma parte del presupuesto del proyecto.

ANEXO E. 2. IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS SEGÚN OMAM/304/2002.

DESCRIPCIÓN

Son los residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliaria sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos inertes procederán de:

- Excavaciones. Normalmente son tierras limpias que son reutilizadas en rellenos o para regularizar la topografía del terreno
- Escombros de construcción.

Requisitos legales:

- Ley 42/75 de 19 de noviembre de Desechos y Residuos sólidos urbanos.
- Ley 10/98 de 21 de abril de Residuos.

- RD 1481/2001 de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2000-2006, 12 de julio de 2001.
- Directiva 99/31/CE del Consejo, de 26 de abril, relativa al vertido de residuos.
- Listado de los códigos LER de los residuos de construcción y demolición.

Se garantizará en todo momento:

- Comprar la cantidad justa de materias para la construcción, evitando adquisiciones masivas, que provocan la caducidad de los productos, convirtiéndolos en residuos.
- Evitar la quema de residuos de construcción y demolición.
- Evitar vertidos incontrolados de residuos de construcción y demolición.
- Habilitar una zona para acopiar los residuos inertes, que no estará en:
 - Cauces.
 - Vaguadas.
 - Lugares a menos de 100 m. de las riberas de los ríos.
 - Zonas cercanas a bosques o áreas de arbolado.
 - Espacios públicos.
- Los residuos de construcción y demolición inertes se trasladarán al vertedero, ya que es la solución ecológicamente más económica.
- Antes de evacuar los escombros se verificará que no están mezclados con otros residuos.
- Reutilizar los residuos de construcción y demolición:
 - Las tierras y los materiales pétreos exentos de contaminación en obras de construcción, restauración, acondicionamiento o relleno.

Los procedentes de las obras de infraestructura incluidos en el Nivel I, en la restauración de áreas degradadas por la actividad extractiva de canteras o graveras, utilizando los planes de restauración.

- Las tierras y los materiales pétreos exentos de contaminación en obras de construcción, restauración, acondicionamiento o relleno.

- Los procedentes de las obras de infraestructura incluidos en el Nivel I, en la restauración de áreas degradadas por la actividad extractiva de canteras o graveras, utilizando los planes de restauración.

CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valoración y eliminación de residuos y lista europea de residuos.

Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.

- Hormigón.
- Ladrillos.
- Tejas y materiales cerámicos.
- Mezclas, o fracciones separadas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, que contienen sustancias peligrosas.
- Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas a las especificada en el código

Madera, vidrio y plástico.

- Madera.
- Vidrio.
- Plástico.
- Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o estén contaminados por ellas.

Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados.

- Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla.
- Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.
- Alquitrán de hulla y productos alquitranados.

Metales (incluidas sus aleaciones).

- Cobre, bronce, latón.
- Aluminio.
- Plomo.
- Zinc.
- Hierro y acero.
- Estaño.
- Metales mezclados.
- Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas,
- Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas.

- Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.

Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje.

- Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas.
- Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.
- Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas.
- Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05.
- Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas.
- Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07.

Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto.

- Materiales de aislamiento que contienen amianto.
- Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas.
- Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.
- Materiales de construcción que contienen amianto (**)

Materiales de construcción a partir de yeso.

- Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con sustancias peligrosas.
- Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.

Otros residuos de construcción y demolición.

- Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio.
- Residuos de construcción y demolición que contienen PCB (por ejemplo, sellantes que contienen PCB, revestimientos de suelo a partir de resinas que contienen PCB, acristalamientos dobles que contienen PCB, condensadores que contienen PCB).
- Otros residuos de construcción y demolición (incluidos los residuos mezclados) que contienen sustancias peligrosas.

IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN.

Hormigón.

- Mezclas de hormigón

Madera, vidrio y plástico.

- Madera: Restos procedentes de encofrados y recortes de carpintería.
- Vidrio. Restos.
- Plástico. Restos de láminas de polietileno.

Metales (incluidas sus aleaciones).

- Hierro y acero. Restos de la ejecución de la estructura.
- Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10

Tierra y piedras.

- Tierra y piedras procedentes de las excavaciones. Se aprovecharán para terraplenes.

ANEXO E.3. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADA.

El volumen total de escombros se estima en **30 m³**.

Durante la obra se generará escombros de construcción de cuantía moderada, al no existir demoliciones previstas.

Se puede calcular en la cantidad de 5 contenedores de espacio 6m³, que sólo podrían verse incrementados en el supuesto de tener que realizar alguna demolición, en principio no prevista.

VOLUMEN TOTAL DE LA EXCAVACIÓN	0 m³
PRODUCCIÓN TOTAL DE RESIDUOS INERTES EN LA OBRA	30 m³

ANEXO E.4. MEDIDAS DE SEGRAGACIÓN IN SITU.

Los residuos se disgregarán convenientemente antes de depositarlos en los contenedores para su traslado a vertedero.

ANEXO E.5. PREVISION DE REUTILIZACIÓN.

En la misma obra u otros emplazamientos. La totalidad de la tierra proveniente de la excavación será reutilizada para el relleno de la parcela.

El resto de los materiales de escombros se trasladarán a los correspondientes vertederos autorizados.

ANEXO E.6. OPERACIONES DE VALORIZACIÓN IN SITU.

La totalidad de la tierra proveniente de la excavación será utilizada para el relleno de la parcela.

ANEXO E.7. DESTINO PREVISTO PARA LOS RESIDUOS.

Todos los residuos serán transportados al vertedero, para su tratamiento.

ANEXO E.8. INSTALACIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO, MANEJO U OTRAS OPERACIONES DE GESTIÓN.

Las propias de las empresas gestoras: Los restos que no puedan ser reciclados serán enviados a vertedero autorizado por la empresa gestora de los residuos.

ANEXO E.9. VALORACION DEL COSTE PREVISTO.

Para la correcta gestión de los RCDs, que formará parte del presupuesto del proyecto.

Procedencia	Destino	Volumen M³	presupuesto
Tierras de Excavación	Relleno propia parcela	0,0 m ³	0,0 €
Residuos inertes en la obra	Vertedero autorizado	30,00 m³ (2 contenedores)	156,01 €
TOTAL:			156,01 €

ANEXO F. PLIEGO DE CONDICIONES

ANEXO F.1. DISPOSICIONES GENERALES

ÁMBITO DE LA APLICACIÓN DEL PLIEGO GENERAL

El siguiente Pliego de Condiciones cumple el objetivo de la explicación de los diferentes aspectos técnicos y económicos que afectan a este proyecto de la estructura de un polideportivo para cubrir una pista de baloncesto y un frontón anexo, así como la ejecución de los trabajos y los materiales a utilizar.

Por otro lado, también se establecerán las condiciones facultativas generales para que el promotor entienda el objetivo, las líneas de trabajo y la realización del proyecto.

Respecto a la interpretación del documento en caso de encontrar alguna divergencia, se seguirá lo dispuesto por la dirección facultativa.

DOCUMENTOS QUE DEFINEN LA OBRA

Este proyecto está compuesto por la siguiente documentación:

- Memoria
- Planos
- Anexos
- Pliego de condiciones
- Presupuesto

Los documentos que se acaban de citar conforman la documentación realizada para poder definir el proyecto completamente y que se pueda proceder a la construcción de la estructura.

Tanto la forma y dimensiones de las diferentes partes a fabricar, como los materiales, se adaptarán a lo recogido en los planos, la memoria y las mediciones, pudiéndose realizar alguna modificación siempre y cuando sean hechas por el ingeniero-director. Las mediciones y el presupuesto completan los aspectos cuantitativos que definen el producto y establecen la viabilidad económica del proyecto.

En cada momento, las especificaciones literales prevalecerán sobre las gráficas y en los planos la cota prevalecerá sobre la medida a escala.

Por otro lado, en el lugar de construcción deberá haber un ejemplar completo del proyecto, así como las normas y leyes que son mencionadas en él, para poder consultarlo en cualquier momento

NORMATIVA DE CARACTEL GENERAL

Durante la ejecución del producto se deberán tener en cuenta en todo momento las siguientes normas y reglamentos:

Normativa referente a seguridad

- Ley 31/1995 sobre la prevención de Riesgos Laborales, BOE nº269 de 10/11/1995, capítulo III a VII, en lo que afecta a los derechos y obligaciones, Servicios de prevención, Consulta y participación de los trabajadores, Obligaciones de los fabricantes, importadores y suministradores, Responsabilidades y sanciones.
- Real Decreto 1627/, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 486/1997 por el que se establecen las disposiciones, mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, BOE nº97 de 23/04/1997, Anexo I A, Anexo II-IV, Anexo V A, Anexo VI A, en lo que afecta al orden, limpieza y mantenimiento; condiciones ambientales de los lugares de trabajo; señalización e iluminación en los puestos de trabajo; servicios higiénicos y locales de descanso; material y locales de primeros auxilios.
- Real Decreto 485/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por parte de los trabajadores de los equipos de trabajo, BOE nº97 de 18/06/1997, ANEXO 1 a VII, en lo que afecta a las señalizaciones de seguridad.
- Real Decreto 286/2006 sobre protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, BOE nº60 de 11/03/2006; en lo que afecta a la seguridad frente al ruido.
- Real Decreto 773/1997 de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización, por los trabajadores, de equipos de protección individual (BOE número 140, de 12 de junio de 1997).
- Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (BOE número 104, de 1 de mayo de 2001).
- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales.
- Real Decreto 1215/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, BOE nº188 de 07/08/1997, en lo que afecta a los equipos de trabajo que no se deriven riesgos para la seguridad o salud de los miembros.
- Norma UNE-EN 349:1994+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano. Del 05/11/2008.

- Norma UNE-EN 842:1997+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Señales visuales de peligro, Requisitos generales, diseño y ensayos. Del 22/12/2008.
- Norma UNE-EN 981:1997+A1:2008. Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditiva y visual. Del 17/12/2008.
- Norma UNE-EN 1050:1997. Principios para la evaluación del riesgo. Del 14/06/1997.
- Norma UNE-EN 13921:2007. Equipos de protección individual. Del 19/12/2007.

Normativa general que deben cumplir todas las empresas

- Ley Orgánica 15/1999 de Protección de datos de carácter personal, BOE nº298 de 14/12/1999.
 - Ley de prevención de blanqueo de capitales.
 - Ley de servicios de la sociedad de la información y comercio electrónico.

Normativa específica de calidad para las empresas

- Norma UNE-EN ISO 9001:2015, sobre los sistemas de gestión de calidad en la empresa. Dicha norma promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implanta y mejora la eficacia de un sistema de gestión de localidad, basado a su vez en el ciclo de mejora continua PDCA (planificar, hacer, comprobar, actuar).

Normativa referente a los planos

- Norma UNE 1166-1:1996. Documentación técnica de productos. Vocabulario. Parte1: Términos relativos a los dibujos técnicos: Generalidades y tipos de dibujo. Del 22/04/1996.
- Norma UNE-EN 1032:1982. Dibujos técnicos. Principios generales de representación. DEL 01/01/2012.
- Norma UNE-EN ISO 6433:2012. Documentación técnica de producto. Referencias de partes. Del 01/07/2012.
- Norma UNE 1135:1989. Dibujos técnicos. Lista de elementos. Del 17/07/1989.
- Norma UNE-EN ISO 6410-1:1996. Dibujos técnicos. Acotación.
- Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales. Del 16/12/1994.

CERTIFICADOS DEL PROYECTO: NORMATIVA ESPECÍFICA

Marcado CE

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- El cumplimiento con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Europeo).

- El cumplimiento del sistema de evaluación de la conformidad, establecido por la correspondiente Decisión de la comisión europea, siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del director de la Ejecución de la Obra, verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en las Directivas de Nuevo Enfoque que les afecten. El marcado CE se materializa mediante el símbolo CE acompañado de una información complementaria.

Homologación del producto

El producto tiene que respetar todas las formas expuestas, ya sean generales o específicas del proyecto:

- RD 82/1999, de 22 de enero. Especificaciones técnicas relativas a la homologación general. Las normas específicas que se ajustan a este proyecto serán las enumeradas a continuación.

Normativa relativa al código técnico de la edificación

- Real decreto 314/2006, de 17 de marzo, El Código Técnico de la Edificación es el marco normativo por el que se regulan las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios, incluidas sus instalaciones, para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad, en desarrollo de lo previsto en la disposición adicional segunda de la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Documentos Básicos DB-SE Seguridad estructural. Consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.
- Documento Básico SE-C Cimientos. El ámbito de aplicación es el de la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio, de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE.
- Documento Básico SE-F Fábrica. El campo de aplicación es el de la verificación de la seguridad estructural de muros resistentes en la edificación realizados a partir de piezas relativamente pequeñas, comparadas con las dimensiones de los elementos, asentadas mediante mortero, tales como fábricas de ladrillo, bloques de hormigón y de cerámica aligerada, y fábricas de piedra, incluyendo el caso de que contengan armaduras activas o pasivas en los morteros o refuerzos de hormigón armado, incluyendo el cumplimiento de las especificaciones marcadas por el ensayo ISO/FDIS 13784 –1 y 2 de los paneles sándwich.
- Documento Básico SI Seguridad en caso de incendio. Este Documento Básico tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.

- Documento Básico SU Seguridad de Utilización. El objetivo del requisito básico "Seguridad de utilización" consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños inmediatos durante el uso previsto del mismo, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.
- Documento Básico HS Salubridad. El objetivo del requisito básico "Higiene, salud y protección del medio ambiente", tratado en adelante bajo el término salubridad, consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, padezcan molestias o enfermedades, así como el riesgo de que los edificios se deterioren y de que deterioren el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.
- Documento Básico HR Protección frente al ruido. El objetivo del requisito básico "Protección frente el ruido" consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.
- Documento Básico HE Ahorro de energía. El objetivo del requisito básico "Ahorro de energía" consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

ANEXO F.2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVAS

DIRECCIÓN FACULTATIVA

Estará formada por el ingeniero-director y por aquellas personas que tengan como labor ayudarle en la realización de su cometido, siempre bajo las órdenes del mismo.

AGENTES INTERVINIENTES

Entidad, física o jurídica, pública o privada que, individual o colectivamente, impulsa, programa, financia y encarga, la redacción y ejecución del presente proyecto.

El promotor debe facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto.

Persona con la titulación académica y atribuciones profesionales suficientes que recibe el encargo de dirigir la fabricación del producto y por lo tanto será el responsable de la Dirección Facultativa. Su misión será la dirección y vigilancia de los trabajos, por sí mismo o por sus representantes.

El ingeniero-director tiene plena autoridad técnico-legal para realizar cualquier cambio y hacérselo saber al contratista, aunque vaya en contra del presente Pliego de Condiciones, siempre y cuando sea útil y necesario para la mejora del proceso de fabricación.

Le corresponden las siguientes facultades:

- Redactar los complementarios, rectificaciones y anexo técnicos del proyecto que se precisen.
- Asistir al lugar de construcción siempre que sea necesario para resolver cualquier eventualidad y conseguir la mejor solución técnica.
- Coordinar la aportación de otros técnicos especialistas en diferentes ámbitos.
- Contratista: aquella persona o entidad jurídica que reciba el encargo de ejecutar alguna o varias de las partes del producto que aparece en el presente proyecto, con los medios humanos y materiales suficientes, dentro del plazo acordado y ajustándose siempre a las indicaciones recogidas en el mismo, así como a las especificaciones dadas por la Dirección Facultativa.

El contratista, o en su defecto un delegado que le represente previamente aceptado por la Dirección Facultativa tendrá capacidad para:

- Organizar la ejecución de los trabajos y poner en práctica las órdenes recibidas del Ingeniero-director.
- Proponer a la Dirección Facultativa colaborar en la resolución de los problemas que puedan aparecer durante la ejecución de los trabajos.

El delegado del contratista deberá tener la titulación profesional mínima que exija el Ingeniero-director, y en caso de no ser así, este último tendrá la autorización para la paralización de la producción.

Se da por hecho que antes de la firma del contrato y por lo tanto el comienzo de la producción, el contratista ha revisado toda la documentación y que está de acuerdo con aspectos económicos y considera que la documentación aportada es la suficiente como para comprender totalmente el proyecto encargado.

El contratista podrá subcontratar diferentes tareas, siempre bajo su responsabilidad y con el consentimiento de la Dirección Facultativa.

LIBRO DE ÓRDENES

El contratista dispondrá en su oficina y siempre a disposición del Ingeniero- director un “Libro de Órdenes” en el que redactará todas aquellas instrucciones que crea oportunas para que se adopten y, siempre que sea posible, eviten los accidentes de todo tipo que puedan sufrir los operarios. Incluirá también las órdenes necesarias para arreglar cualquier deficiencia que se haya observado y que sean necesarias para que el trabajo se realice correctamente.

Cada orden deberá ser revisada y firmada por el Ingeniero-director, así como firmada por el Contratista.

MODIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS DEFECTUOSOS

Si el Ingeniero-director percibe algún tipo de fallo en los trabajos realizados, o los materiales o equipos no reúnen las condiciones exigidas, podrá proceder a la destrucción de los productos con defectos y obligar al contratista a volver a fabricarlo, todo esto a expensas de este último.

GARANTÍAS

El plazo de garantía deberá estipularse entre el Promotor y el Contratista y contendrá el tiempo dado para la realización del presente proyecto.

En caso de que el contratista no realice el trabajo dentro de los plazos determinados, se verá afectado por una penalización económica.

ANEXO F.3. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICAS

BASE FUNDAMENTAL

Como base fundamental de estas bases económicas se establece que el contratista debe recibir de todos los trabajos realizados el importe correcto, siempre de acuerdo con lo detallado en el proyecto.

GARANTÍA

La Dirección Facultativa podrá exigir al Contratista la presentación de avales bancarios u otras entidades, para asegurarse de que se reúne todas las condiciones de solvencia necesarias para los correctos cumplimientos del contrato.

Estas referencias serán pedidas, si fuese necesario, antes de la firma del contrato.

FIANZA

Al contratista se le exigirá una fianza con la intención de que cumpla con lo establecido en el contrato, convenida entre el Ingeniero-director y el contratista. En el caso de que el Contratista no ingresara la fianza en los tiempos determinados no se le adjudicará el trabajo y se procederá a la búsqueda de otro contratista que pueda realizar el mismo trabajo.

DEVOLUCIÓN DE FIANZA

La fianza depositada por parte del contratista le será devuelta una vez recibidos los diferentes trabajos encargados, siempre y cuando estos hayan sido correctamente realizados, tal y como aparece en el presente proyecto con los materiales y metodología descrita.

REVISIÓN DE PRECIOS

En el caso de que el contratista quiera realizar una revisión de los precios, esto deberá estar previamente reflejado en el contrato para poder considerarlo.

De cumplirse esto, el contratista debe presentar al Ingeniero-director un nuevo presupuesto donde se puedan observar los nuevos precios elegidos por éste con el cual ambos puedan llegar a un nuevo acuerdo, ya que las condiciones del mercado han podido variar.

ABONO DE OBRAS

El abono de los trabajos realizados se efectuará aplicando al número total de éstos el precio fijado anteriormente para cada uno de ellos, siempre y cuando se hayan realizado tal y como describen los documentos que conforman el presente proyecto o según haya decidido el Ingeniero-director en caso de que se haya producido alguna modificación.

El abono se realizará tras la medición del número de unidades fabricadas por el contratista, a las cuales se les aplicará el precio fijado anteriormente en el presupuesto.

MEDICIONES Y CERTIFICACIONES

El Contratista informará periódicamente al Ingeniero-director de las unidades fabricadas, el cual podrá revisarlas si fuese preciso.

En el caso de que el Ingeniero-director certifique que están correctamente realizadas, habiendo realizado previamente las mediciones necesarias, se procederá al abono al contratista de la cifra pactada por los trabajos realizados.

ANEXO F.4. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

Este proyecto está compuesto por la siguiente documentación:

- Memoria
- Planos
- Anexos
- Pliego de condiciones
- Presupuesto

PLAN DE OBRA

El Plan de Obra recogerá los tiempos y finalizaciones establecidas en el contrato, indicando las fechas de inicio previstas para cada uno de los trabajos y adaptándose con la mayor exactitud posible al diagrama de Gantt respecto a la planificación de realización del proyecto.

PLANOS

Los planos necesarios para la realización de las diferentes piezas serán los contenidos dentro de este proyecto, así como los que sean realizados durante el transcurso de la fabricación en caso de que sean necesarios y hayan aprobados por la Dirección Facultativa.

RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

El contratista es responsable de la ejecución de los trabajos en las condiciones establecidas tanto en el contrato como en los documentos del presente proyecto, asumiendo cualquier fallo cometido durante la ejecución de éstos.

Éste a su vez también se compromete a que todos sus empleados utilicen los medios de protección individual o colectiva requeridos según el puesto e indicados en el Anejo de Seguridad y Salud, y solucionar inmediatamente cualquier deficiencia detectada pudiendo llegar a paralizar el trabajo hasta que se implanten las medidas correctas.

SEGURIDAD SOCIAL

Según lo dispuesto en el apartado de Condiciones de índole Económica, el contratista está obligado a cumplir toda la legislación relacionada con la Seguridad Social, teniendo a disposición del Ingeniero-director todos los documentos que se estén siguiendo. En caso de que el contratista realice alguna subcontratación, esta norma también afectará al subcontratista.

ACCIDENTES DE TRABAJO

En caso de que algún trabajador sufra un accidente durante la ejecución de alguno de los trabajos, el contratista se atenderá a lo dispuesto en la legislación vigente en ese momento siendo el único responsable de ello.

El contratista está obligado a adoptar todas las medidas de Seguridad y Salud necesarias para evitar los accidentes en todo lo posible. Además, deberá facilitar todos los datos que el Ingeniero-director considere necesarios tanto en los accidentes ocurridos como de las medidas de prevenciones tomadas. Si se produce algún accidente por no seguir la legislación, el único responsable de éste será el propio contratista.

ANEXO F.5. CONDICIONES ESPECÍFICAS

EQUIPO Y MAQUINARIA

La maquinaria a utilizar a lo largo de la obra, y las herramientas con las que se trabajará deben estar en buen estado y bajo ningún concepto se permitirá el uso de herramientas o maquinaria cuyo estado ponga en peligro a los trabajadores o la construcción, para comprobar el estado de maquinaria y herramientas se llevará a cabo un mantenimiento periódico.

Estas únicamente podrán ser utilizadas por operarios cualificados y con experiencia previa en el manejo de estas, y en el caso de que algún operario no tenga suficiente experiencia, solo podrá usar la maquinaria bajo supervisión de personal cualificado.

No se aceptará ningún dispositivo o aparato cuyas características técnicas no vengán recogidas en el Pliego de Condiciones. Podrán ser sustituidas aquellas máquinas cuyas características técnicas sean distintas de los aparatos cualificados.

PROVEEDORES EXTERNOS

La necesidad de adquisición de determinados materiales como materia prima, piezas auxiliares y determinados componentes ya fabricados y cuya fabricación por parte de la empresa supondría un coste elevado hace imprescindible la definición de determinados requisitos que deben reunir los proveedores a la hora de su elección por parte de la parte adjudicataria.

Todos los materiales y piezas suministradas desde el exterior que se requieran para finalizar con la fabricación y el montaje del producto se revisarán por la Dirección Facultativa, y será ésta quien autorice su uso. Para los materiales que no cumplan los requisitos establecidos se seguirá un protocolo de devolución bajo criterio establecido previamente.

Para garantizar que las especificaciones que ha de seguir la empresa sean conocidas por los suministradores y con ello que éstos adopten tus servicios de manera que estos servicios se realicen de acuerdo con las líneas de producción y las instalaciones de la empresa, sin dificultar la capacidad productiva. A continuación se describen dichos requisitos:

- Garantías por parte de los proveedores respecto de los plazos de entrega.
- El precio de los componentes será el criterio a considerar a la hora de la elección del proveedor.
- En la calidad de los productos ofertados por parte de los proveedores se buscará una relación de calidad y precio.
- Proveedores en posesión de la certificación de calidad ISO 9000 o equivalente europea EN-29000.

En caso de retraso, se establecerá una penalización cuyo importe será el correspondiente a la producción perdida debido a la negligencia, más una indemnización fijada por la empresa.

MATERIALES

Generalidades

Los materiales que se empleen en obra habrán de reunir las condiciones mínimas establecidas en el presente Pliego. El Contratista tiene libertad para obtener los materiales que las obras precisen de los puntos que estime conveniente, sin modificación de los precios establecidos.

Todos los materiales habrán de ser del tipo considerado en la construcción, como de primera calidad, y serán examinados antes de su empleo por el Director Técnico de las Obras, quien dará su aprobación por escrito, conservando en su poder una muestra del material aceptado o lo rechazará en el caso que lo considere inadecuado debiendo, en tal caso, ser retirados inmediatamente por el Contratista. Los materiales restantes que, sin expresa especificación en el presente Pliego, hayan de ser empleados en obras, serán, en todo caso, de primera calidad y estarán sometidos a las condiciones establecidas en las Normas y Reglamentos o instrucciones aludidas en el Pliego de Condiciones Generales.

Calidad

Todos los materiales a emplear en la presente fabricación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Los materiales que no reúnan las condiciones: Cuando los materiales no fuesen de la calidad definida en este Pliego o no reuniesen las condiciones en él exigidas o, en fin, cuando a falta de prescripciones expresas se reconociera o demostrara que no fuesen adecuados para el objeto de su función, el Director Técnico de las Obras dará orden al Contratista para que, a costa de

éste los reemplace por otros que satisfagan las condiciones o sirvan perfectamente para el fin a que se destinan.

Los materiales defectuosos pero aceptables a juicio de la empresa contratante, representada por la Dirección Facultativa, podrán ser recibidos con la consiguiente rebaja de precios establecidos contradictoriamente.

Responsabilidad del Contratista: La recepción de los materiales tiene, en todo caso, carácter provisional hasta que se compruebe su comportamiento en obra, y no excluye al Contratista de las responsabilidades sobre la calidad de estos, que sustituirá hasta que sean definitivamente recibidas las obras en que hayan sido empleados.

Todos los materiales y componentes deberán ser protegidos adecuadamente desde su recepción al momento de utilización de estos. Se tomarán medidas para prevenir daños tanto en los materiales y componentes que se reciban como en las piezas una vez ya fabricadas y antes de ser montadas. Todo ello previniendo los daños que se pueden producir debido a condiciones adversas que pueda presentarse en el transporte de las piezas, manipulación, embalaje y almacenamiento de este.

Por parte de Constructor o Contratista, debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las cualidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que, previamente al empleo de los mismos, se solicite la aprobación por el Director Facultativo de la Obra y las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El Contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de estos.

Todos los materiales serán normalizados con la calidad requerida. Para asegurar la calidad de todos los materiales utilizados en la fabricación de cada uno de los elementos, se exigirá la homologación de los mismos por organismos de certificación europeos.

Pruebas de ensayo

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas por cuenta de la contrata que se crean necesarias para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado, y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la dirección de fabricación, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas.

En Valladolid, en junio de 2021.

La Graduada en Ingeniería Mecánica:



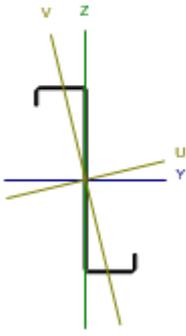
NURIA DE LA PEÑA REVILLA

ANEXO G. DOCUMENTOS DEL GENERADOR DE PÓRTICOS

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 99.75 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: Z 200-2.5 Material: S 275		Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
		Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_{yy}^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_{zz}^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_{yy}^{(2)}$ (cm ⁴)	$I_{zz}^{(2)}$ (cm ⁴)	$\alpha_{(4)}$ (grados)
		41.852, 5.500, 13.557	41.852, 11.000, 13.557	5.500	8.36	477.55	47.95	-108.31	0.17	13.4
Notas:										
⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado										
⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme										
⁽³⁾ Producto de inercia										
⁽⁴⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
		Pandeo		Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
β		0.00	1.00	0.00	0.00					
L_k		0.000	5.500	0.000	0.000					
C_1			-		1.000					
Notación:										
β : Coeficiente de pandeo										
L_k : Longitud de pandeo (m)										
C_1 : Factor de modificación para el momento crítico										

Barra	COMPROBACIONES (EAE 2011)													Estado
	b/t	N_t	N_c	M_y	M_z	M_x	V_y	V_z	N,M_x	N,M_z	N,M,V_x	N,M,V_z	M,NM_x,V_x	
Barra en cubierta	$b/t \leq (b/t)_{lim}$ Cumple	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽²⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 99.8$	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 18.1$	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁹⁾	CUMPLE $h = 99.8$	
<p>0.000: b/t: Relación anchura / espesor N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión. Eje Y M_z: Resistencia a flexión. Eje Z M_x: Resistencia a flexión biaxial V_y: Resistencia a corte Y V_z: Resistencia a corte Z N,M_x: Resistencia a tracción y flexión N,M_z: Resistencia a compresión y flexión N,M,V_x: Resistencia a cortante, axial y flexión M,NM_x,V_x: Resistencia a torsión combinada con axial, flexión y cortante x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axial de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axial de compresión. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre axial de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ No hay interacción entre axial de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axial y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.														

Producido por una versión educativa de CYPE

Relación anchura / espesor (EAE 2011, Artículo 73.6)

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 500$$



$$h / t : \underline{80.0}$$

$$b_1/t \leq 60$$

$$b_1 / t : \underline{22.0}$$



$$c_1/t \leq 50$$

$$c_1 / t : \underline{8.0}$$



$$b_2/t \leq 60$$

$$b_2 / t : \underline{22.0}$$



$$c_2/t \leq 50$$

$$c_2 / t : \underline{8.0}$$



Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c_1/b_1 \leq 0.6$$

$$c_1 / b_1 : \underline{0.364}$$

$$0.2 \leq c_2/b_2 \leq 0.6$$

$$c_2 / b_2 : \underline{0.364}$$

Donde:

h: Altura del alma.

200.00 mm

h :

b₁: Ancho del ala superior.

55.00 mm

b₁ :

c₁: Altura del rigidizador del ala superior.

20.00 mm

c₁ :

b₂: Ancho del ala inferior.

55.00 mm

b₂ :

c₂: Altura del rigidizador del ala inferior.

20.00 mm

c₂ :

t: Espesor.

2.50

t :

m

m

Resistencia a tracción (EAE 2011, Artículo 34.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (EAE 2011, Artículo 34.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión. Eje Y (EAE 2011, Artículo 34.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$h : 0.998$ ✓

Para flexión positiva:

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.
kN·m

$M_{y,Ed} : 0.00$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 41.852, 5.500,13.557, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*Q + 0.75*N(R) 1 + 0.90*V(270°) H1.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$M_{y,Ed} : 12.48$

: kN·mLa resistencia de cálculo a flexión $M_{c,Rd}$ viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd} : 12.51$ kN·m

Donde:

W_{el} : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. $W_{el} : 47.75$ cm³

f_{yb} : Límite elástico del material base. (EAE 2011, Artículo 73.2) $f_{yb} : 275.00$ MPa

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $g_{M0} : 1.05$

Resistencia a pandeo lateral del ala superior: (EAE 2011, Artículo 73.11.3)La

comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a pandeo lateral del ala inferior: (EAE 2011, Artículo 73.11.3)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

Resistencia a flexión. Eje Z (EAE 2011, Artículo 34.4)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

ucido por una versión educativa de CYPE

Resistencia a flexión biaxial (EAE 2011, Criterio de CYPE, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-3:2006)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

Resistencia a corte Y (EAE 2011, Artículo 73.10)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Z (EAE 2011, Artículo 73.10)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{b,Rd}} \leq 1$$

$h : \underline{0.181}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 41.852,5.500, 13.557, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 1.50 \cdot Q + 0.75 \cdot N(R) 1 + 0.90 \cdot V(270^\circ)$ H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{11.34}$ kNEI esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{b,Rd}$ viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}} \quad V_{b,Rd} : \underline{62.75} \text{ kN}$$

Donde:

h_w : Altura del alma. $h_w : \underline{195.6} \text{ mm}$

t : Espesor. $t : \underline{2.50} \text{ mm}$

ϕ : Ángulo que forma el alma con la horizontal. $\phi : \underline{90.0}^\circ$

f_{bv} : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w \quad f_{bv} : \underline{134.75} \text{ MPa}$$

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}} \quad \bar{\lambda}_w : \underline{0.98}$$

Donde:

f_{yb} : Límite elástico del material base. (EAE

2011, Artículo 73.2) $f_{yb} : \underline{275.00} \text{ MPa}$

E: Módulo de elasticidad. $E : \underline{210000.00} \text{ MPa}$

g_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $g_{M0} : \underline{1.05}$

Resistencia a tracción y flexión (EAE 2011, Criterio de CYPE, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-3:2006)

No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a compresión y flexión (EAE 2011, Criterio de CYPE, basado en: Eurocódigo 3 EN1993-1-3: 2006)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante, axil y flexión (EAE 2011, Artículo 34.7.3)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante (EAE 2011, Artículo 73.11.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 89.79 %

Coordenadas del nudo inicial: 41.852, 16.500, 13.557

Coordenadas del nudo final: 41.852, 22.000, 13.557

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(EI) + 1.00 \cdot V(90^\circ) H1$ a una distancia 2.750 m del origen en el segundo vano de la correa.
($I_y = 478 \text{ cm}^4$) ($I_z = 48 \text{ cm}^4$)

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m ²
correas de cubierta	30	196.81	0.05

Producido por una versión educativa de L y P E

Listado de pórticos

Datos de la obra

Separación entre pórticos: 5.50 m
 Con cerramiento en cubierta
 - Peso del cerramiento: 0.11 kN/m²
 - Sobrecarga del cerramiento: 1.00 kN/m²
 Con cerramiento en laterales
 - Peso del cerramiento: 0.00 kN/m²

Normas y combinaciones

Perfiles conformados	EAE Nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Perfiles laminados	EAE Nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

Datos de viento

Normativa: CTE DB SE-AE (España)

Zona eólica: A

Grado de aspereza: IV. Zona urbana, industrial o forestal

Periodo de servicio (años): 50

Profundidad nave industrial:

44.00 Sin huecos.

1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

3 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

4 - V(90°) H2: Viento a 90°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

5 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

6 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

7 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

8 - V(270°) H2: Viento a 270°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior

Datos de nieve

Normativa: CTE DB-SE AE (España)

Zona de clima invernal: 3

Altitud topográfica: 755.00 m

Cubierta sin resaltos

Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas:

1 - N(EI): Nieve (estado inicial)

2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1

- N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

Aceros en perfiles

Tipo acero	Acero	Lim. elástico MPa	Módulo de elasticidad GPa
Acero conformado	S 275	275	210

Datos de pórticos

Pórtico	Tipo exterior	Geometría	Tipo interior
1	Dos aguas	Luz izquierda: 16.40 m Luz derecha: 26.20 m Alero izquierdo: 13.50 m Alero derecho: 13.50 m Altura cumbrera: 15.50 m	Viga en celosía

Cargas en barras

Pórtico 1

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.74 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.74 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	2.91 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	2.91 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	0.80 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	0.80 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	1.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	1.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	0.80 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	0.80 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	2.91 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	2.91 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.74 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.74 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	1.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	1.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.42 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	2.75 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	3.75 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	1.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Faja	0.00/0.47 (R)	3.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Faja	0.47/1.00 (R)	2.56 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	0.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Faja	0.00/0.47 (R)	3.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Faja	0.47/1.00 (R)	2.56 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	0.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	1.36 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.08 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	1.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	1.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	1.41 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	1.41 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	0.62 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.42 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	2.75 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Faja	0.00/0.30 (R)	3.86 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Faja	0.30/1.00 (R)	2.68 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Faja	0.00/0.30 (R)	3.86 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Faja	0.30/1.00 (R)	2.68 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	4.37 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	1.70 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	4.37 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	1.70 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	0.62 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 2

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	5.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	5.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	2.43 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	2.43 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	5.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	5.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	2.43 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	2.43 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	7.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	2.63 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Faja	0.00/0.47 (R)	1.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Faja	0.47/1.00 (R)	1.00 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	2.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Faja	0.00/0.47 (R)	1.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Faja	0.47/1.00 (R)	1.00 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	2.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Faja	0.00/0.30 (R)	4.25 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Faja	0.30/1.00 (R)	3.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Faja	0.00/0.30 (R)	4.25 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Faja	0.30/1.00 (R)	3.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	8.23 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	8.23 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 3

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	3.90 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	3.90 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	3.90 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	3.90 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	5.62 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	2.63 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	3.30 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	3.30 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	3.33 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	3.36 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	6.07 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	6.07 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 4

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	3.79 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	3.79 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	3.79 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	3.79 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	5.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	2.63 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	2.98 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	2.98 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	1.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	5.83 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	5.83 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 5

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	5.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	2.63 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	5.83 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	5.83 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 6

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	3.79 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	3.79 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	3.79 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	3.79 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	3.88 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	5.45 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	2.63 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	2.98 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	2.98 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	5.83 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	5.83 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	1.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 7

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	3.90 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	3.90 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	3.90 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	3.90 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	5.62 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	2.63 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	3.30 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	3.30 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	6.07 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	6.07 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	3.33 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	3.36 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 8

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	2.43 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	2.43 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	5.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	5.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.60 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	2.43 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	2.43 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	3.47 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	5.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	5.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	7.14 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	2.63 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	2.82 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	2.72 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	2.34 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Faja	0.00/0.47 (R)	1.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Faja	0.47/1.00 (R)	1.00 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	2.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Faja	0.00/0.47 (R)	1.19 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Faja	0.47/1.00 (R)	1.00 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	2.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	2.48 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.84 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	5.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	8.23 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	8.23 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	3.40 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.97 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	V(270°) H1	Faja	0.00/0.30 (R)	4.25 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Faja	0.30/1.00 (R)	3.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Faja	0.00/0.30 (R)	4.25 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Faja	0.30/1.00 (R)	3.78 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	2.50 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Pórtico 9

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	1.74 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	1.74 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	1.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	1.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	0.80 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	0.80 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	2.91 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	2.91 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(0°) H1	Uniforme	---	0.80 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(0°) H2	Uniforme	---	0.80 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H1	Uniforme	---	1.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(90°) H2	Uniforme	---	1.21 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(180°) H1	Uniforme	---	1.74 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(180°) H2	Uniforme	---	1.74 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Pilar	V(270°) H1	Uniforme	---	2.91 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Pilar	V(270°) H2	Uniforme	---	2.91 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.42 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	2.75 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.00/0.19 (R)	3.75 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H1	Faja	0.19/1.00 (R)	1.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.00/0.19 (R)	0.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Faja	0.19/1.00 (R)	0.09 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	1.41 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	1.41 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.81 (R)	1.36 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.81/1.00 (R)	0.08 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.81 (R)	1.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.81/1.00 (R)	1.17 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Faja	0.00/0.47 (R)	3.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Faja	0.47/1.00 (R)	2.56 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Uniforme	---	0.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Faja	0.00/0.47 (R)	3.03 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Faja	0.47/1.00 (R)	2.56 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Uniforme	---	0.31 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	0.62 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	1.24 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	G	Uniforme	---	0.42 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	Q	Uniforme	---	2.75 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Barra	Hipótesis	Tipo	Posición	Valor	Orientación
Cubierta	V(0°) H1	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(0°) H2	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(90°) H1	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(90°) H2	Uniforme	---	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.00/0.12 (R)	4.37 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.12/0.59 (R)	1.70 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H1	Faja	0.59/1.00 (R)	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.00/0.12 (R)	4.37 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.12/0.59 (R)	1.70 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(180°) H2	Faja	0.59/1.00 (R)	0.49 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Faja	0.00/0.30 (R)	3.86 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H1	Faja	0.30/1.00 (R)	2.68 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Faja	0.00/0.30 (R)	3.86 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	V(270°) H2	Faja	0.30/1.00 (R)	2.68 kN/m	EXB: (0.00, 0.00, 1.00)
Cubierta	N(EI)	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 1	Uniforme	---	1.25 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)
Cubierta	N(R) 2	Uniforme	---	0.62 kN/m	EG: (0.00, 0.00, -1.00)

Descripción de las abreviaturas:

R : Posición relativa a la longitud de la barra.

EG : Ejes de la carga coincidentes con los globales de la estructura.

EXB : Ejes de la carga en el plano de definición de la misma y con el eje X coincidente con la barra.

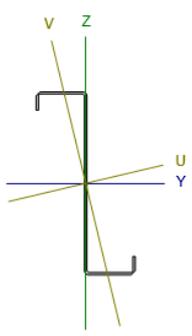
Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: Z 200-2.5	Límite flecha: L / 300
Separación: 1.50 m	Número de vanos: Dos vanos
Tipo de Acero: S275	Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 99.75 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: Z 200-2.5
Material: S 275

	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_{y,y}$ (cm ⁴)	$I_{z,z}$ (cm ⁴)	I_{yz} (cm ⁴)	$I_{y,z}$ (cm ⁴)	$\alpha^{(4)}$ (grados)
	41.852, 5.500, 13.557	41.852, 11.000, 13.557	5.500	8.36	477.55	47.95	-108.31	0.17	13.4
Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽³⁾ Producto de inercia ⁽⁴⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.									
	Pandeo		Pandeo lateral						
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.				
β	0.00	1.00	0.00		0.00				
L_x	0.000	5.500	0.000		0.000				
C_1	-				1.000				
Notación: b : Coeficiente de pandeo L_x : Longitud de pandeo (m) C_1 : Factor de modificación para el momento crítico									

Barra	COMPROBACIONES (EAE 2011)												Estado
	b / t	N_t	N_c	M_y	M_z	$M_x M_z$	V_y	V_z	$N_t M_x M_z$	$N_c M_x M_z$	$N M_x M_z V_y V_z$	$M_t N M_x M_z V_y V_z$	
pésima en cubierta	$b / t \leq (b / t)_{lim}$ Cumple	<u>N.P.</u> ⁽¹⁾	<u>N.P.</u> ⁽²⁾	x: 0 m $\eta = 99.8$	<u>N.P.</u> ⁽³⁾	<u>N.P.</u> ⁽⁴⁾	<u>N.P.</u> ⁽⁵⁾	x: 0 m $\eta = 18.1$	<u>N.P.</u> ⁽⁶⁾	<u>N.P.</u> ⁽⁷⁾	<u>N.P.</u> ⁽⁸⁾	<u>N.P.</u> ⁽⁹⁾	CUMPLE h = 99.8

Barra	COMPROBACIONES (EAE 2011)												Estado
	b / t	N_t	N_c	M_y	M_z	$M_x M_z$	V_y	V_z	$N_t M_x M_z$	$N_c M_x M_z$	$N M_x M_z V_y V_z$	$M_t N M_x M_z V_y V_z$	
Notación: b / t : Relación anchura / espesor N_t : Resistencia a tracción N_c : Resistencia a compresión M_y : Resistencia a flexión. Eje Y M_z : Resistencia a flexión. Eje Z $M_x M_z$: Resistencia a flexión biaxial V_y : Resistencia a corte Y V_z : Resistencia a corte Z $N M_x M_z$: Resistencia a tracción y flexión $N_c M_x M_z$: Resistencia a compresión y flexión $N M_x M_z V_y V_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión $M_t N M_x M_z V_y V_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante x : Distancia al origen de la barra η : Coeficiente de aprovechamiento (%) $N.P.$: No procede													
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.													

ANEXO H. PRESUPUESTO

Capítulo N° 1 Acondicionamiento del terreno

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1.- Movimiento de tierras					
1.1.1	M ²	Desbroce y limpieza del terreno, 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.			
		Total m ²	1.874,400	1,07	2.005,61
Total subcapítulo 1.1.- Movimiento de tierras:					2.005,61
Parcial N° 1 Acondicionamiento del terreno :					2.005,61

Capítulo N° 2 Cimentaciones

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1.- Superficiales					
2.1.1	M³	Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m³. Incluso armaduras de espera del pilar, alambre de atar, y separadores.			
			Total m³	211,966	172,21
					36.502,66
Total subcapítulo 2.1.- Superficiales:					36.502,66
2.2.- Vigas de Atado					
2.2.1	M³	Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³. Incluso alambre de atar, y separadores.			
			Total m³	20,000	189,62
					3.792,40
Total subcapítulo 2.2.- Vigas de Atado:					3.792,40
Parcial N° 2 Cimentaciones :					40.295,06

Capítulo Nº 3 Estructuras

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1.- Acero					
3.1.1.- Elementos de Acero					
3.1.1.1	Kg	Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.			
			Total kg	1.020,000	1,67
					1.703,40
3.1.1.2	Kg	Acero UNE-EN 10219-1 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles huecos conformados en frío de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.			
			Total kg	2.280,000	1,77
					4.035,60
3.1.1.3	Kg	Acero UNE-EN 10219-1 S355JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles huecos conformados en frío de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3 m.			
			Total kg	2.400,000	1,92
					4.608,00
			Total subcapítulo 3.1.1.- Elementos de acero:		10.347,00
3.1.3	Kg	Acero UNE-EN 10210-1 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles huecos acabados en caliente de las series redondo, cuadrado o rectangular, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m.			
			Total kg	2.400,000	1,77
					4.248,00
			Total subcapítulo 3.1.- Acero:		14.595,00
			Parcial Nº 3 Estructuras :		14.595,00

Capítulo N° 4 Fachadas

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
4.1.- Paneles prefabricados de hormigón					
4.1.1	M²	Cerramiento de fachada formado por paneles prefabricados, lisos, de hormigón armado de 20 cm de espesor, 3 m de anchura y 14 m de longitud máxima, acabado liso de color blanco a una cara, dispuestos en posición horizontal.			
			Total m²	1.400,000	69,37
					97.118,00
			Total subcapítulo 4.1.- Paneles prefabricados de hormigón:		97.118,00
			Parcial N° 4 Fachadas :		97.118,00

Capítulo N° 5 Cubiertas

N°	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
5.1.- Inclínada de Paneles sandwich					
5.1.1	M²	Cobertura de paneles sándwich aislantes de acero, con la superficie exterior grecada y la superficie interior lisa, de 50 mm de espesor y 1150 mm de anchura, formados por doble cara metálica de chapa estándar de acero, acabado prelacado, de espesor exterior 0,5 mm y espesor interior 0,5 mm y alma aislante de lana de roca de densidad media 145 kg/m ³ , y accesorios, colocados con un solape del panel superior de 200 mm y fijados mecánicamente sobre entramado ligero metálico, en cubierta inclinada, con una pendiente mayor del 10%. Incluso accesorios de fijación de los paneles sándwich, cinta flexible de butilo, adhesiva por ambas caras, para el sellado de estanqueidad de los solapes entre paneles sándwich y pintura antioxidante de secado rápido, para la protección de los solapes entre paneles sándwich.			
			Total m ²	1.874,400	53,35
					99.999,24
			Total subcapítulo 5.1.- Inclínada de Paneles sandwich:		99.999,24
			Parcial N° 5 Cubiertas :		99.999,24

Capítulo Nº 6 Gestion de residuos

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	Ud	Transporte de residuos inertes metálicos producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 3,5 m ³ , a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.			
			Total Ud	1,000	88,68
					88,68
6.2	Ud	Transporte de residuos inertes de hormigones, morteros y prefabricados producidos en obras de construcción y/o demolición, con contenedor de 3,5 m ³ , a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. Incluso servicio de entrega, alquiler y recogida en obra del contenedor.			
			Total Ud	1,000	67,33
					67,33
			Parcial Nº 6 Gestion de residuos :		156,01

Presupuesto de ejecución material

1 Acondicionamiento del terreno	2.005,61
1.1.- Movimiento de tierras	2.005,61
2 Cimentaciones	40.295,06
2.1.- Superficiales	36.502,66
2.2.- Vigas de Atado	3.792,40
3 Estructuras	14.595,00
3.1.- Acero	14.595,00
3.1.1.- Estructuras de acero	10.347,00
4 Fachadas	97.118,00
4.1.- Paneles prefabricados de hormigón	97.118,00
5 Cubiertas	99.999,24
5.1.- Inclinada de Paneles sandwich	99.999,24
6 Gestion de residuos	156,01
Total	254.168,92

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MIL CIENTO SESENTA Y OCHO EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS.

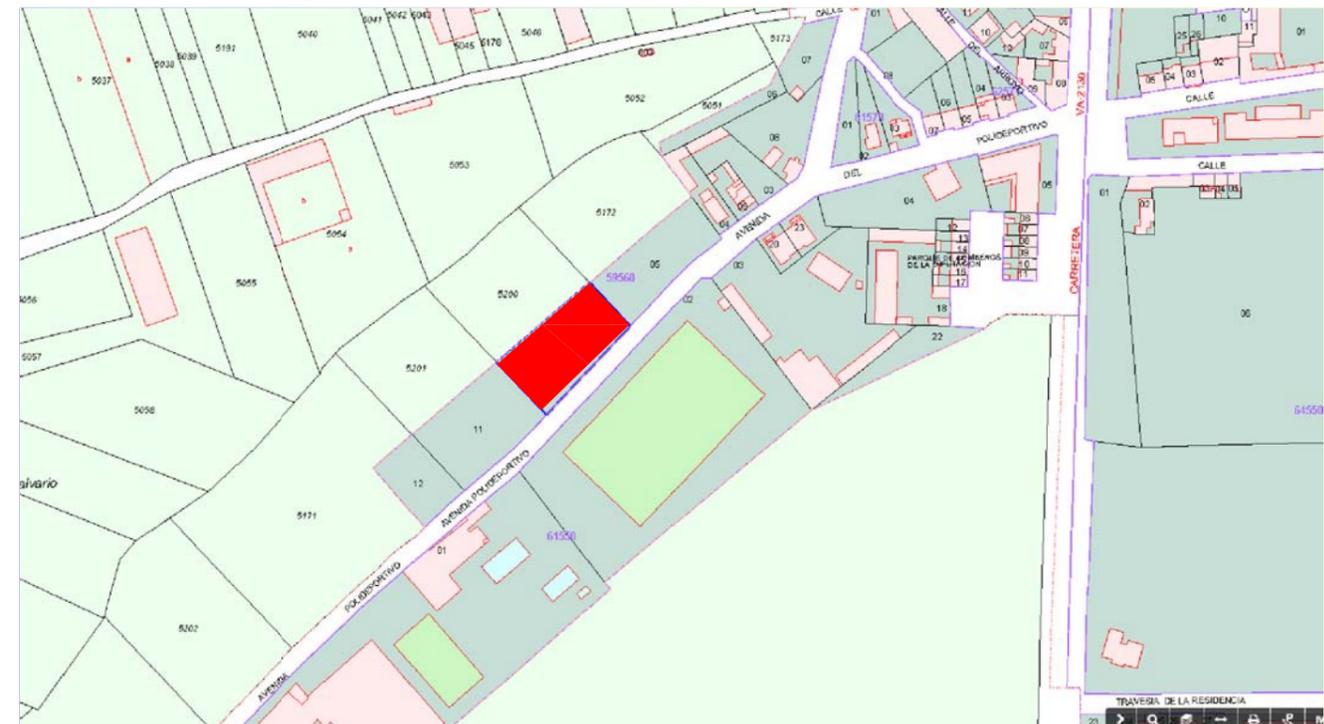
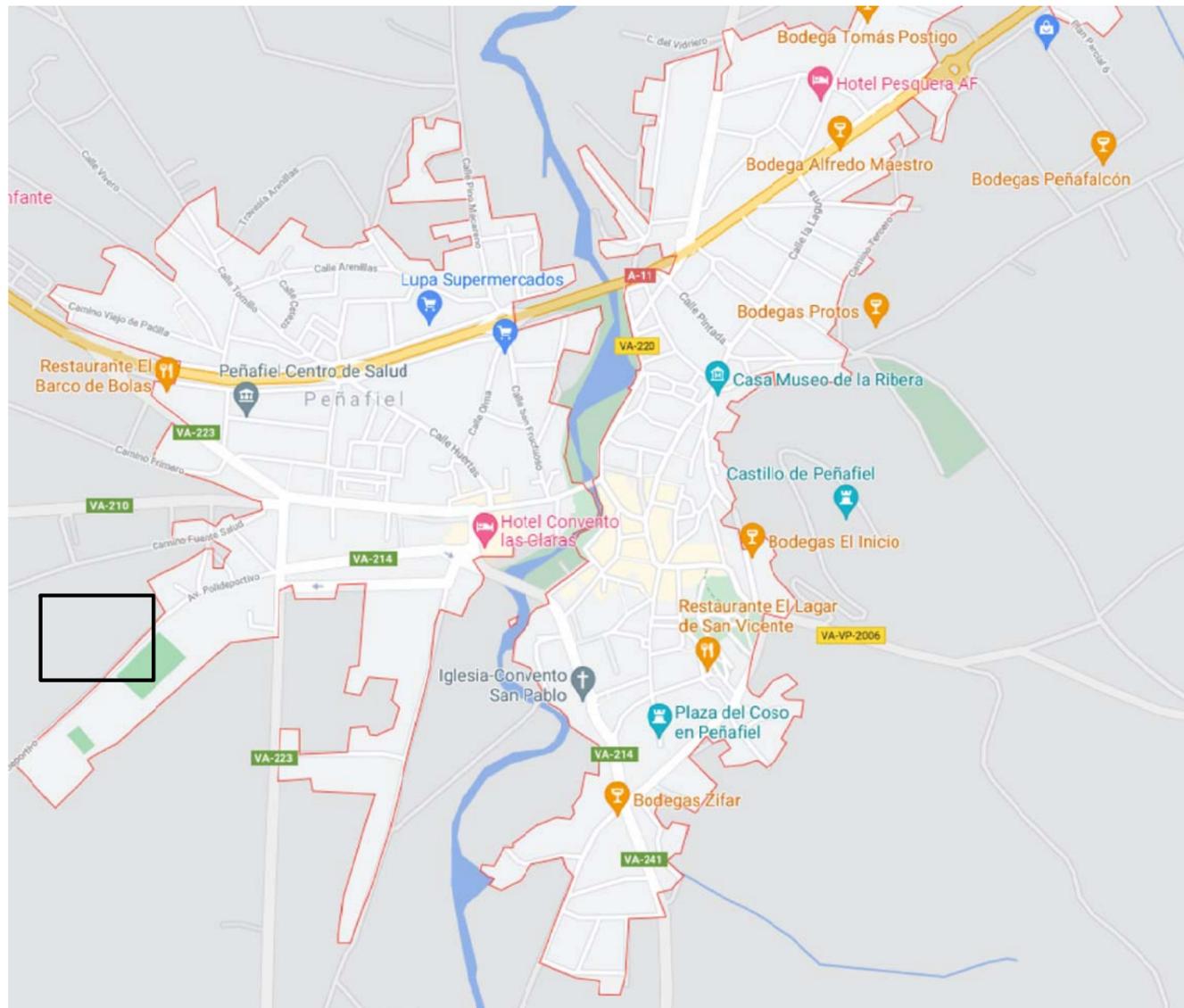
En Valladolid, en junio de 2021.

La Graduada en Ingeniería Mecánica:



NURIA DE LA PEÑA REVILLA

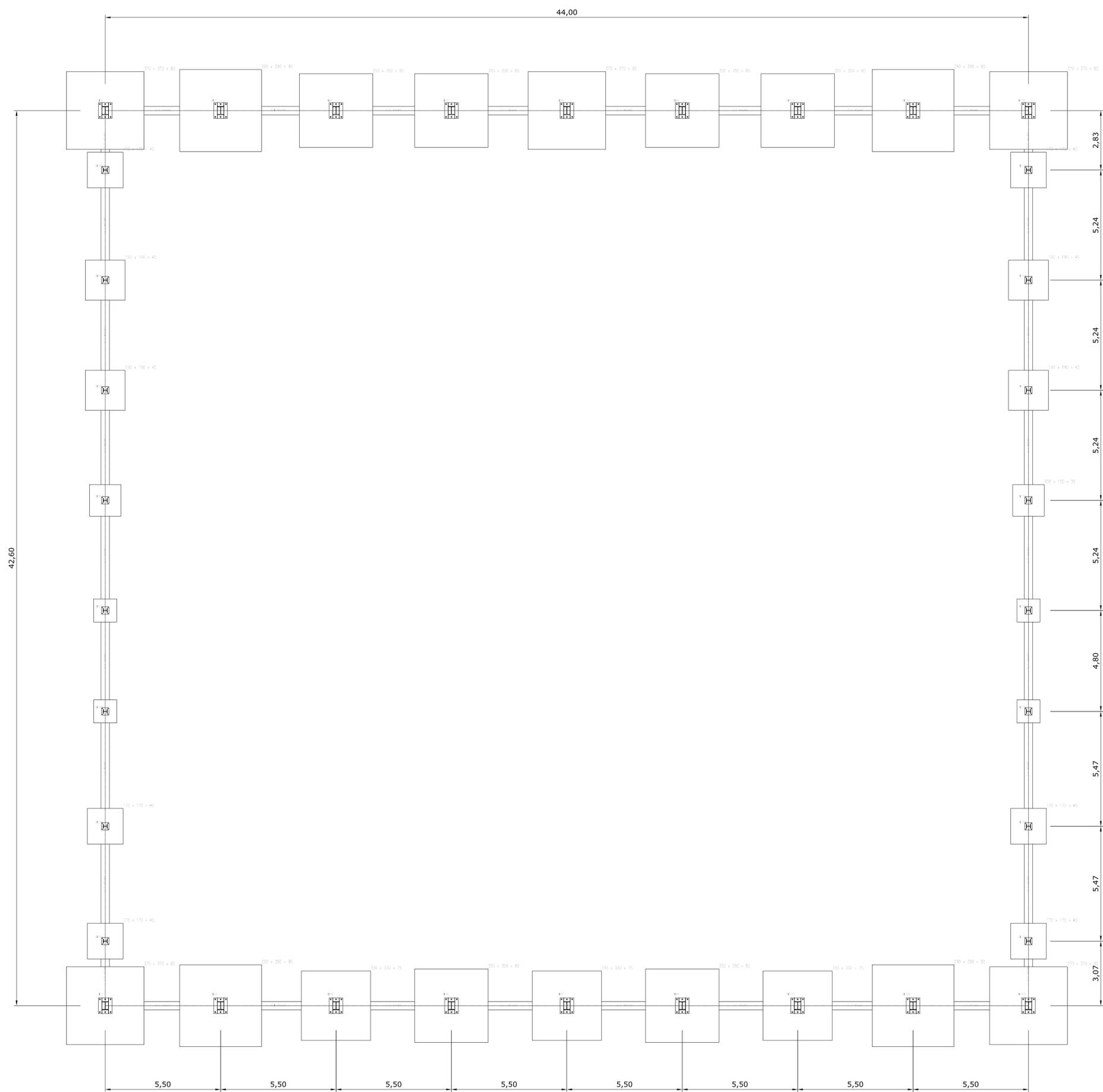
ANEXO I. PLANOS



Proyecto: CALCULO DE ESTRUCTURA DE POLIDEPORTIVO Y FRONTON ANEXO CON PERFILES TUBULARES DE ACERO		
Situación: AVENIDA DEL POLIDEPORTIVO N° 28, PEÑAFIEL, VALLADOLID.		ESCALA: S/E
Propietario: NURIA DE LA PEÑA REVILLA		<i>Nuria de Peña Revilla</i>
Plano: 1	GRANDO EN INGENIERIA MECANICA. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	
Graduado en Ingeniería Mecánica NURIA DE LA PEÑA REVILLA	EMPLAZAMIENTO Y SITUACION	Fecha: Junio de 2021

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

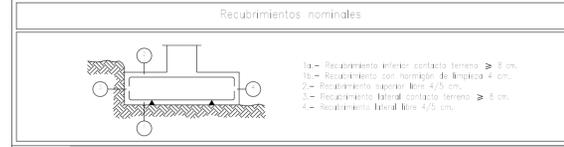
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



Características de los materiales - Zapatas de cimentación

Materiales	Hormigón					Acero				
	Control		Características			Control		Características		
Elemento	Nivel Control	Cost. Puntos	Tipo	Consistencia	Tamaño máx. agreg.	Exposición Ambiente	Nivel Control	Cost. Puntos	Tipo	
Zapatas	Normal	7	10	10	media	20 mm	10	7	10	especial
Ejecución (Acciones)	Normal	7	10	10		Adaptado a la Instrucción EHE				
Exposición/ambiente	Terreno		Terreno protegido/ asfalto/ hormigón de limpieza			1	10	10	10	10
Recubrimientos nominales (cm)	80		Ver Exposición/Ambiente			30	35	40	45	45

Notas:
 - Control Estático en EHE, equivale a control normal
 - Solapes según EHE
 - El acero utilizado deberá estar garantizado con un depósito reconocido SIBO, CESTSE, CC-EHE, ...



Datos geotécnicos

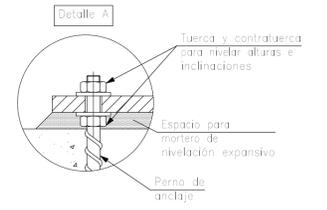
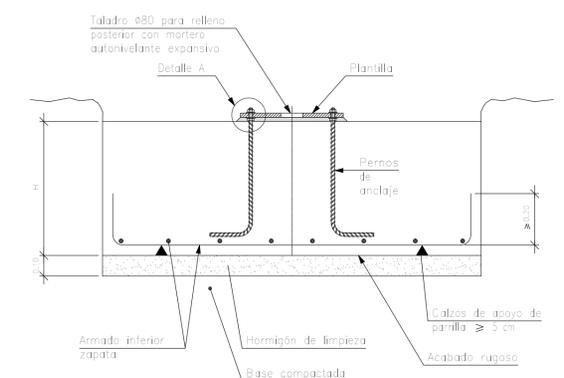
- Tensión admisible del terreno considerada = 0.2 MPa (2 Kg/cm²)

Longitudes de solape en arranque de pilares, Lb

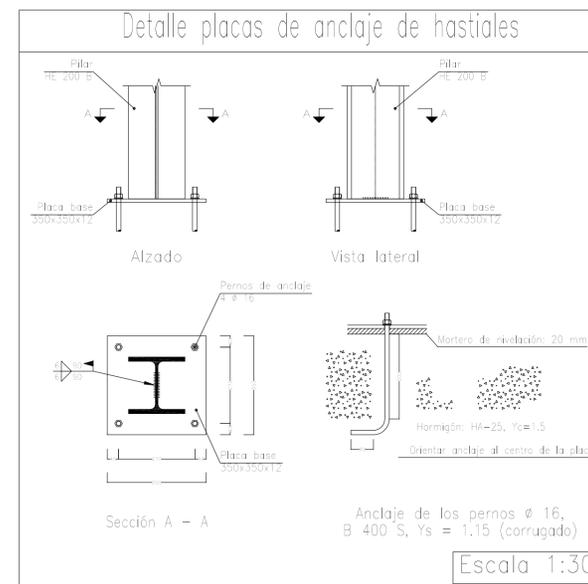
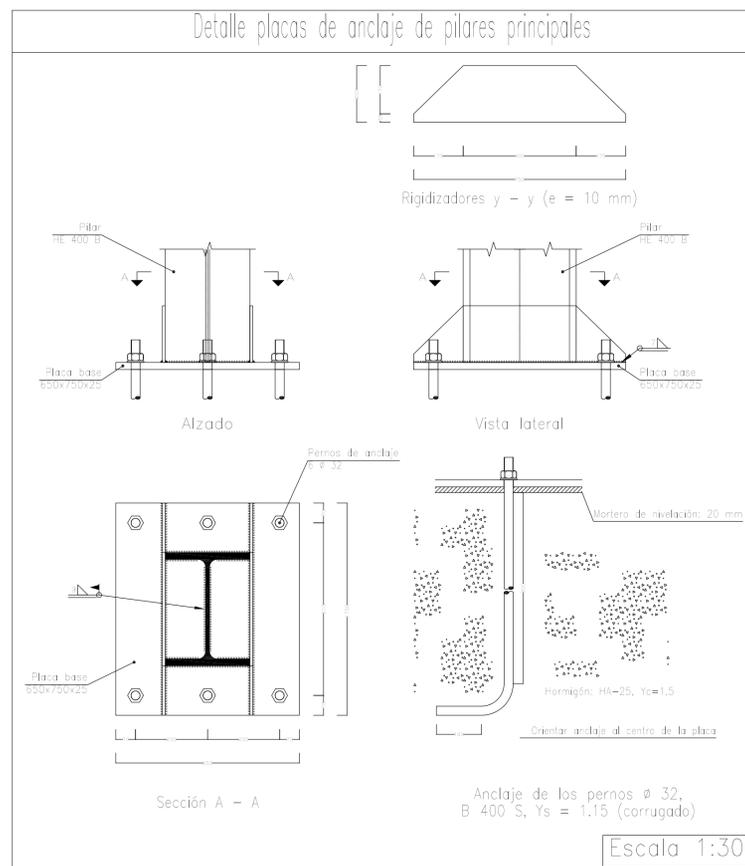
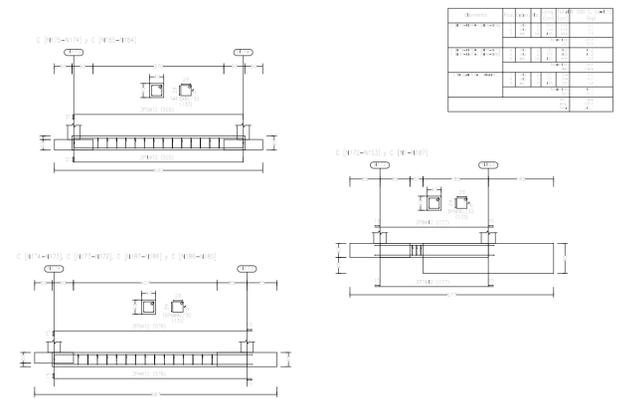
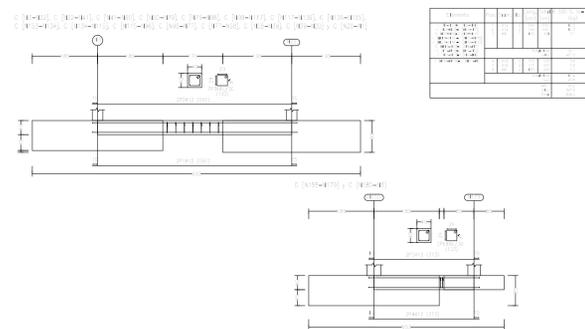
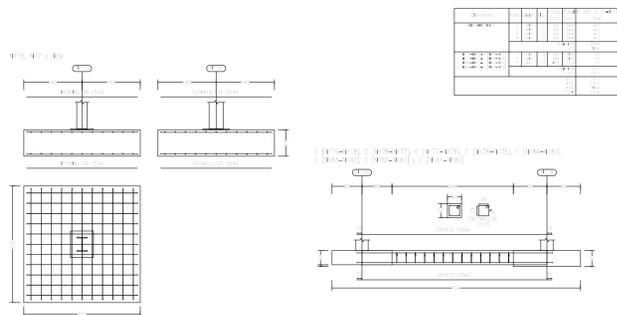
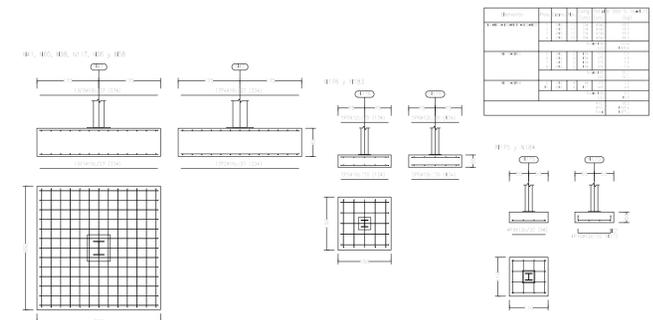
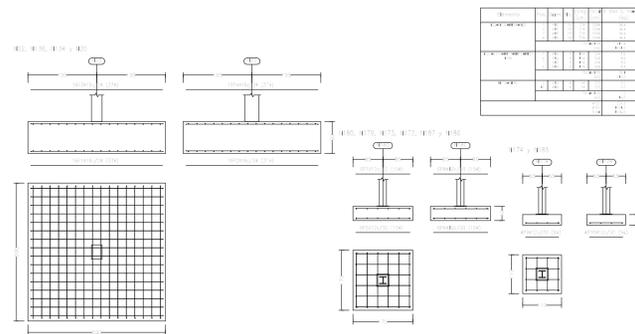
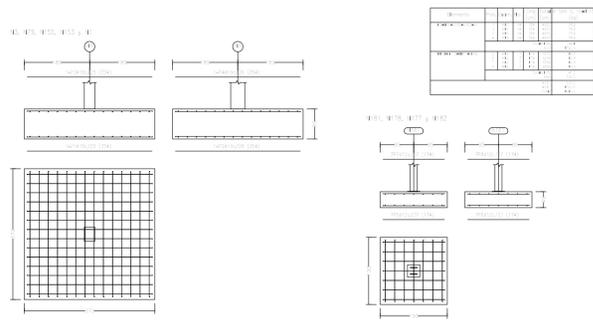
Armadura	Sin acciones dinámicas		Con acciones dinámicas	
	Ø 450 s	Ø 500 s	Ø 450 s	Ø 500 s
Ø12	25 cm	35 cm	40 cm	50 cm
Ø14	40 cm	45 cm	50 cm	60 cm
Ø16	45 cm	55 cm	60 cm	70 cm
Ø20	65 cm	65 cm	80 cm	100 cm
Ø25	80 cm	100 cm	110 cm	130 cm

Nota: $l_{b,din}$ para hormigón $f_{ck} \geq 25$ MPa y $f_{yk} \geq 30$ MPa o $f_{yk} \geq 30$ MPa se podrán reducir dichas longitudes, de acuerdo al Art. 88 de la EHE.

Sistema de anclaje para placas de apoyo



Proyecto:	CÁLCULO DE ESTRUCTURA DE POLIDEPORTIVO Y FRONTÓN ANEXO CON PERFILES TUBERIALES DE ACERO		
Situación:	AVENIDA DEL POLIDEPORTIVO Nº 28, PEÑAFIEL, VALLADOLID.	ESCALA:	1/100
Propietario:	NURIA DE LA PEÑA REVILLA		
Plano:	2	GRANDO EN INGENIERIA MECANICA, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Grado:	Ingeniería Mecánica	CIMENTACIÓN	Fecha: junio de 2021
NURIA DE LA PEÑA REVILLA			

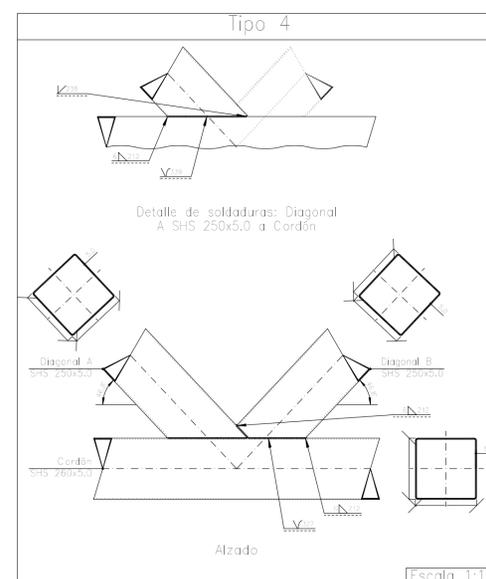
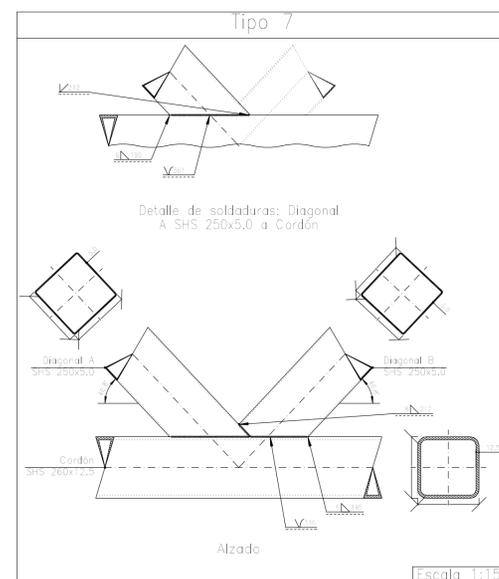
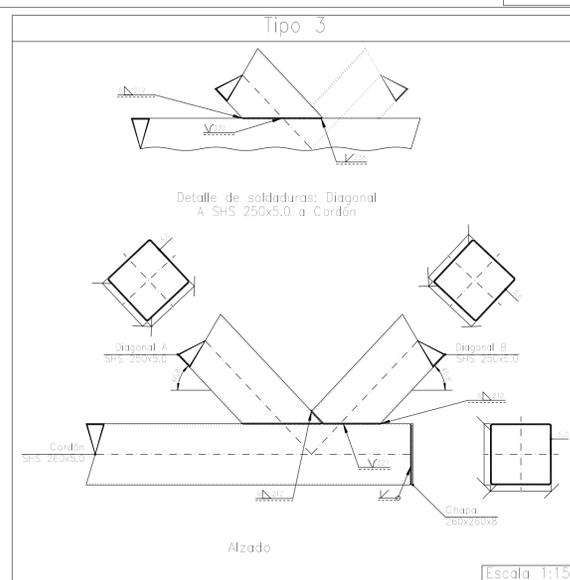
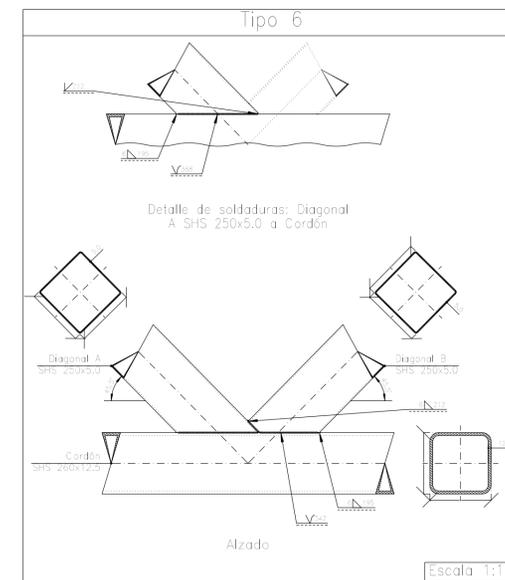
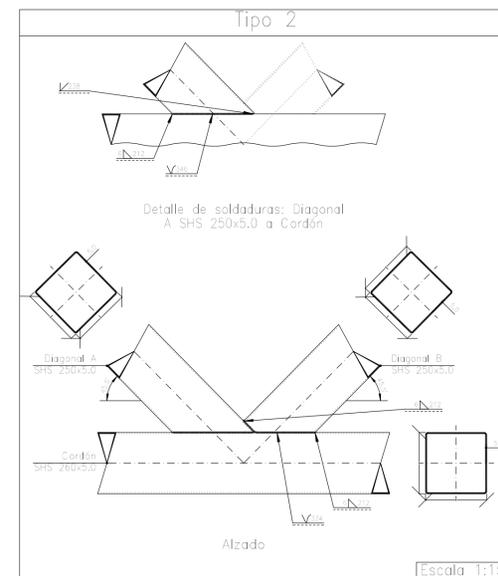
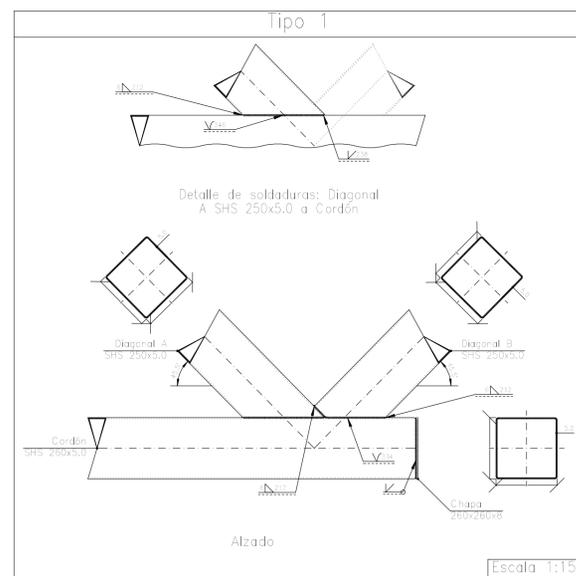
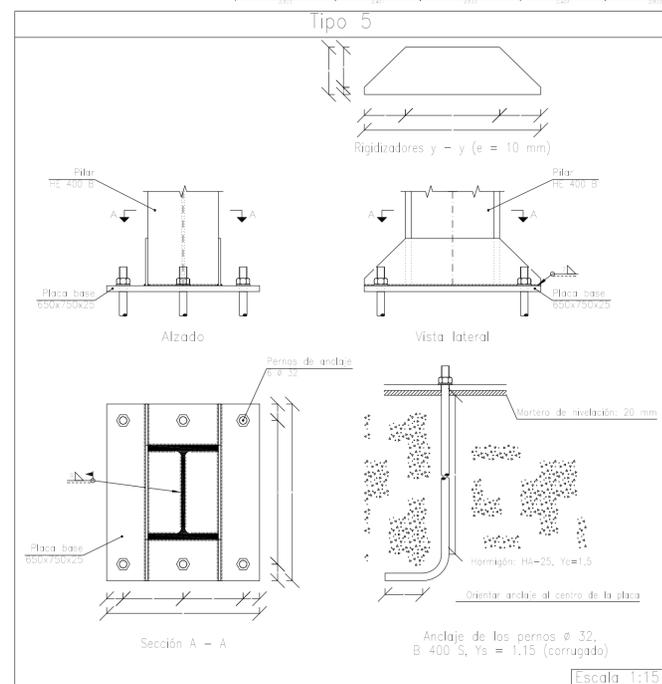
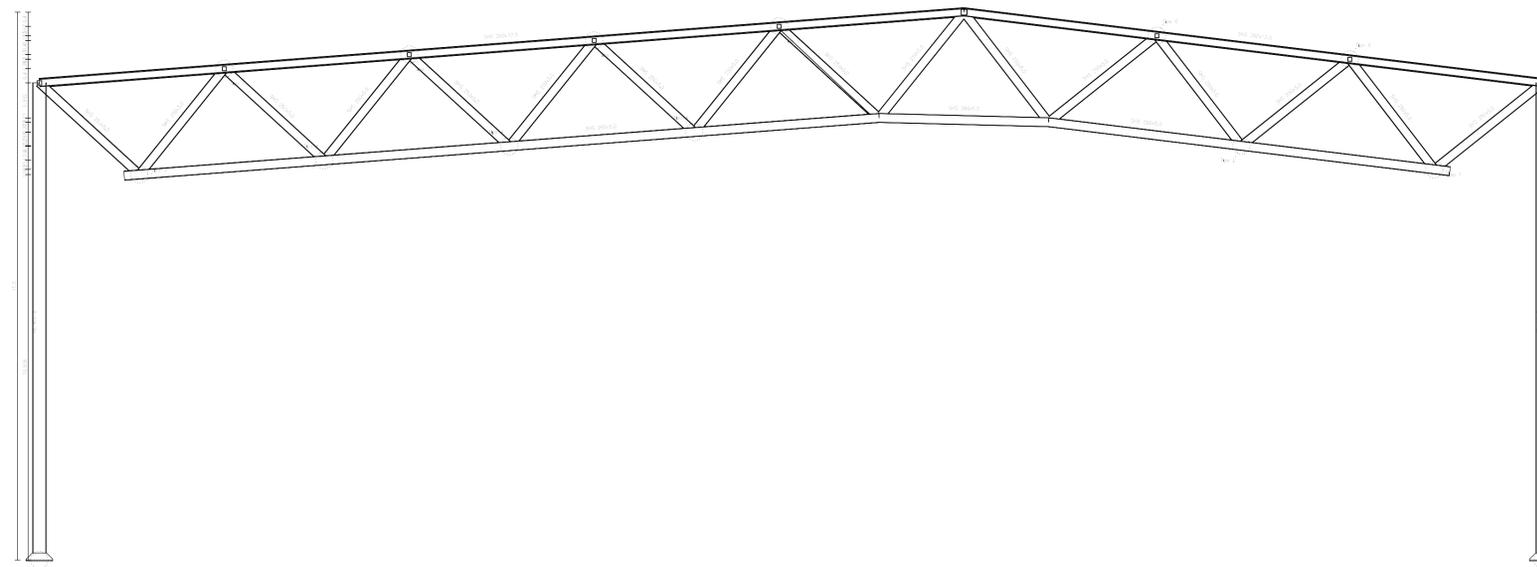


Referencia	Cantidad	Unidad
HEA, HEK, HEF, HEB, HEF, HEG, HEM, HEN, HEO, HEF, HEG, HEM, HEN, HEO	4 Pernos ø 16	Placa base (350x350x12)
HE, HEA, HEK, HEB, HEF, HEG, HEM, HEN, HEO, HEF, HEG, HEM, HEN, HEO	8 Pernos ø 32	Placa base (650x750x25)

Resumen Acero	Long. total (m)	Peso+10% (kg)	Total
B 500 S, Yc=1.15	ø8	417.6	181
	ø12	1235.5	1207
	ø16	3405.2	5612
			7300

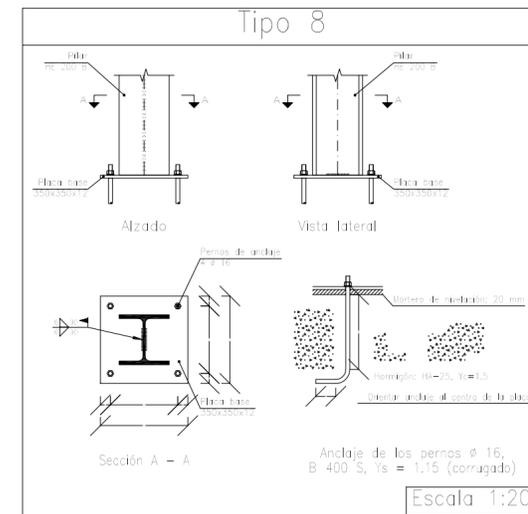
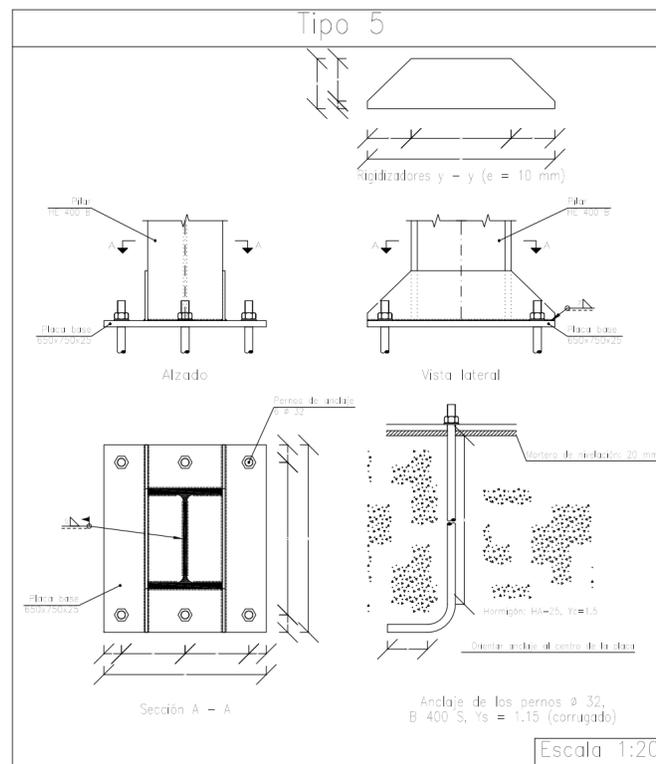
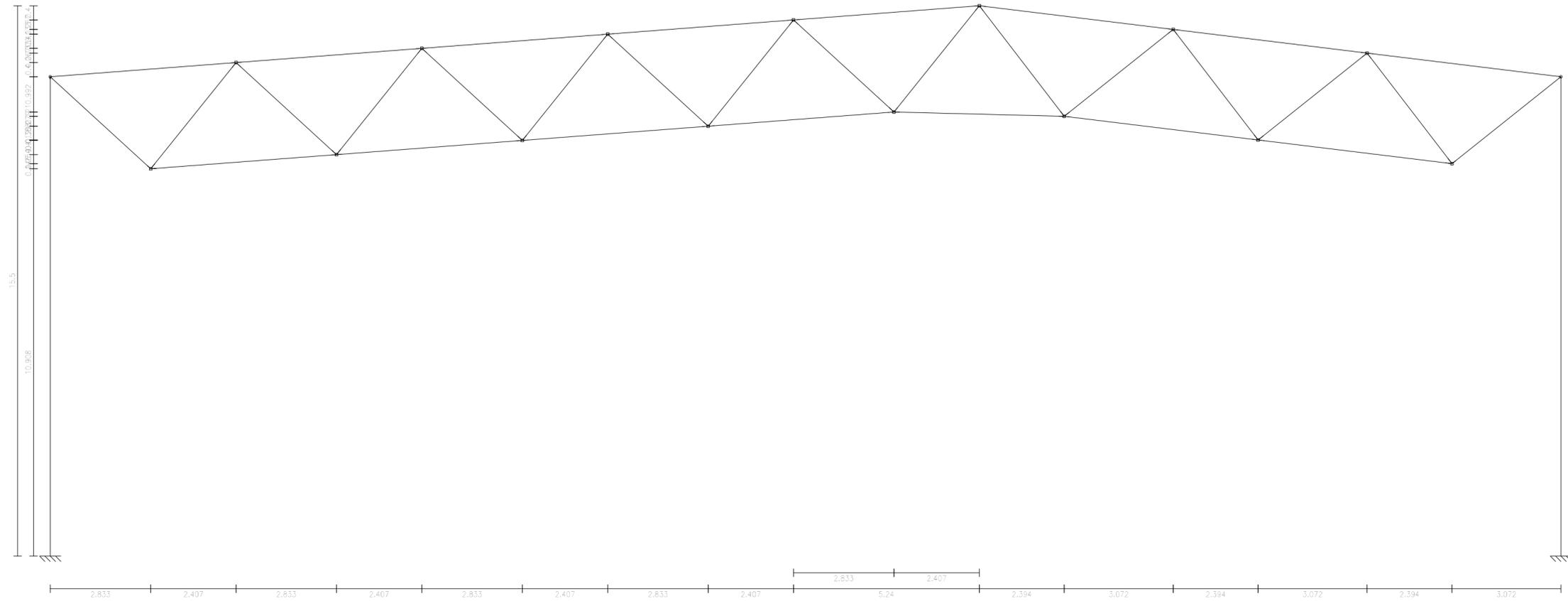
Proyecto:	CALCULO DE ESTRUCTURA DE POLIDEPORTIVO Y FRONTO ANEXO CON PERFILES TUBULARES DE ACERO	
Situación:	AVENIDA DEL POLIDEPORTIVO Nº 28, PEÑAFIEL, VALLADOLID.	ESCALA: 1/100
Propietario:	NURIA DE LA PEÑA REVILLA	
Plano:	3	GRANDO EN INGENIERIA MECANICA, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Grado:	Ingeniería Técnica	DETALLES DE CIMENTACIÓN
Fecha:	Sept. de 2021	

PORTICO INTERMEDIO



Proyecto:	CALCULO DE ESTRUCTURA DE POLIDEPORTIVO Y FRONTON ANEXO CON PERFILES TUBULARES DE ACERO	
Situación:	AVENIDA DEL POLIDEPORTIVO Nº 28, PEÑAFIEL, VALLADOLID	ESCALA: 1/100
Propietario:	NURIA DE LA PEÑA REVILLA	
Plano:	4	GRANDO EN INGENIERIA MECANICA, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Grado:	Ingeniería Mecánica	PORTICO INTERMEDIO, NUDOS Y COTAS
Fecha:	Junio de 2021	

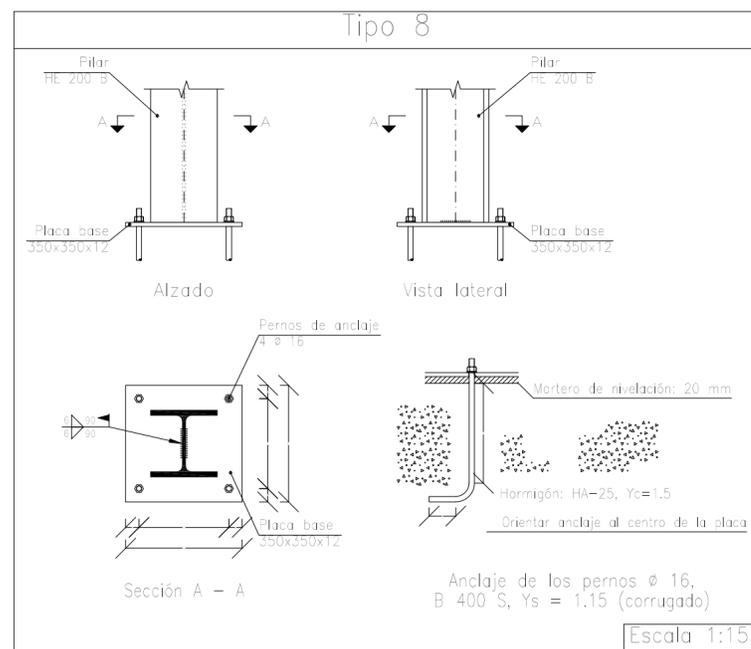
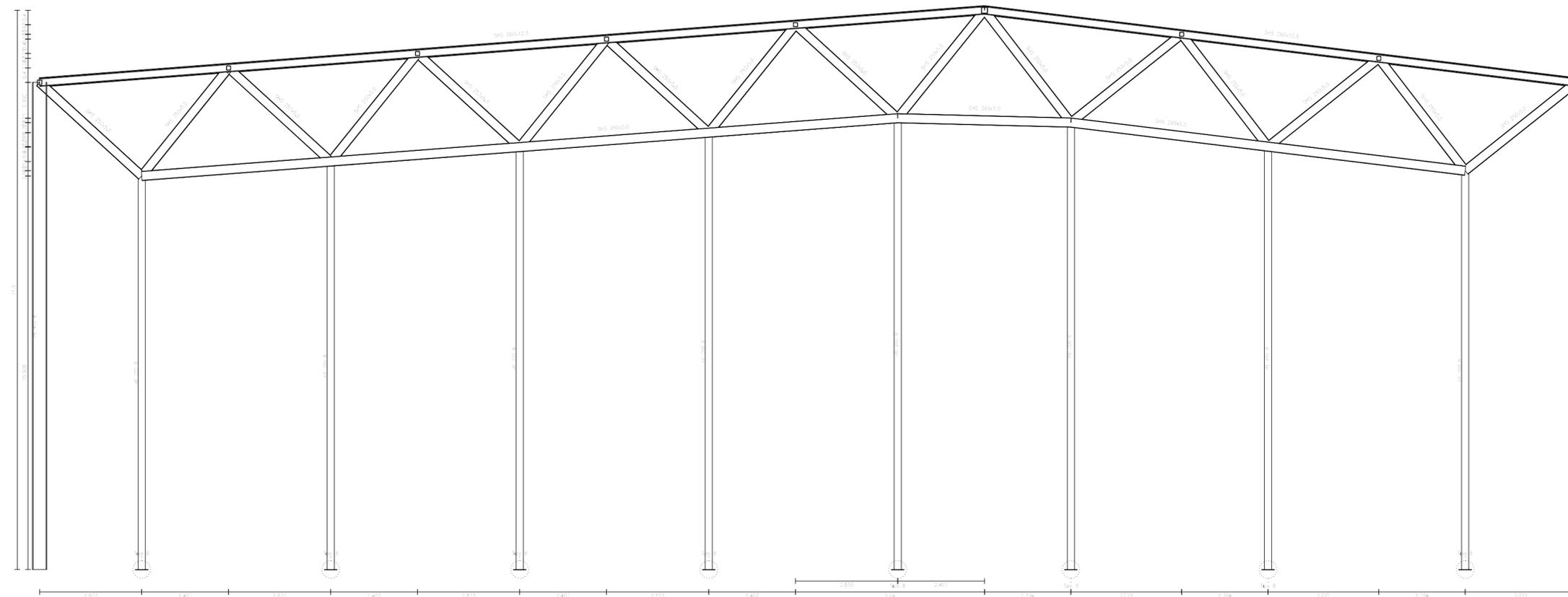
PORTICO INTERMEDIO



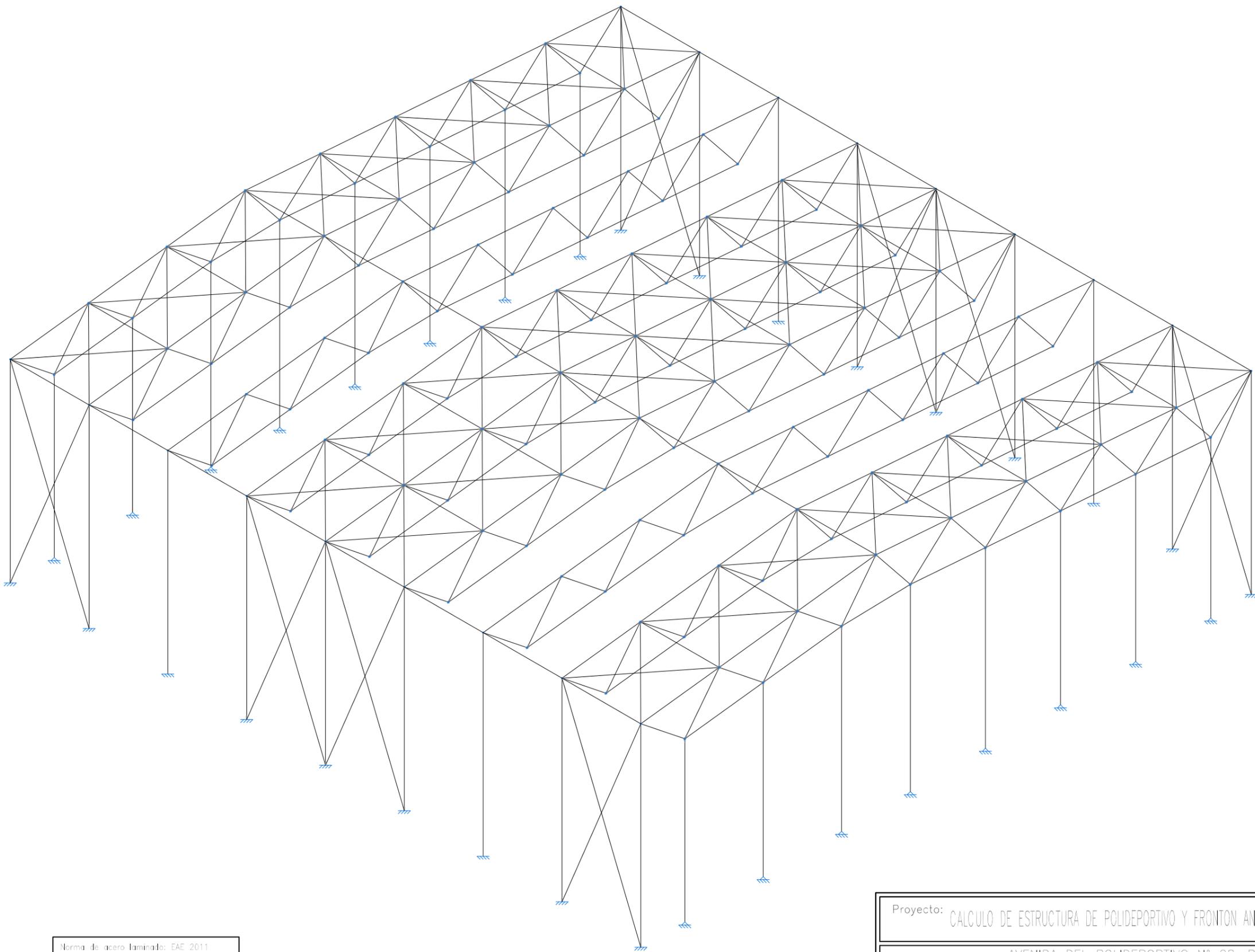
Producido por una versión educativa de CYPE

Proyecto: CALCULO DE ESTRUCTURA DE POLIDEPORTIVO Y FRONTON ANEXO CON PERFILES TUBULARES DE ACERO	
Situación: AVENIDA DEL POLIDEPORTIVO N° 28, PEÑAFIEL, VALLADOLID.	ESCALA: 1/100
Propietario: NURIA DE LA PEÑA REVILLA	
Plano: 5	GRADO EN INGENIERIA MECANICA, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Graduado en Ingeniería Mecánica NURIA DE LA PEÑA REVILLA	PORTICO INTERMEDIO, PLACAS DE ANCLAJE
Fecha: Junio de 2021	

HASTIAL



Proyecto: CALCULO DE ESTRUCTURA DE POLIDEPORTIVO Y FRONTON ANEXO CON PERFILES TUBULARES DE ACERO	
Situación: AVENIDA DEL POLIDEPORTIVO N° 28, PEÑAFIEL, VALLADOLID.	ESCALA: 1/100
Propietario: NURIA DE LA PEÑA REVILLA	
Plano: 6	GRANDO EN INGENIERIA MECANICA, UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Graduado en Ingeniería Mecánica NURIA DE LA PEÑA REVILLA	PORTICO HASTIAL, PLACAS DE ANCLAJE Fecha: Junio de 2021



Norma de acero laminado: EAE 2011
 Acero laminado HEB: S275 (EAE)
 Acero laminado SHS: S355 (EAE)
 Acero laminado CUADRADOS: S275 (EAE)

Proyecto: CALCULO DE ESTRUCTURA DE POLIDEPORTIVO Y FRONTON ANEXO CON PERFILES TUBULARES DE ACERO		
Situación: AVENIDA DEL POLIDEPORTIVO N° 28, PEÑAFIEL, VALLADOLID.		ESCALA: S/E
Propietario: NURIA DE LA PEÑA REVILLA <i>Nuria de Peña</i>		
Plano: 7	GRANDO EN INGENIERIA MECÁNICA. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	
Graduado en Ingeniería Mecánica NURIA DE LA PEÑA REVILLA	ESTRUCTURA EN 3D	Fecha: Junio de 2021