

Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto de cubrición de las pistas de pádel de la Escuela Naval Militar

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Manuel Becerro Malagón

DIRECTORES: Arturo González Gil

Andrés Suárez García

CURSO ACADÉMICO: 2020-2021

Universidade Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

Proyecto de cubrición de las pistas de pádel de la Escuela Naval Militar

Grado en Ingeniería Mecánica

Intensificación en Tecnología Naval

Cuerpo General

Universidade Vigo

RESUMEN

Este Trabajo Fin de Grado aborda el diseño y dimensionado de una cubierta para las pistas de pádel de la Escuela Naval Militar (ENM). Esta escuela, centro de formación para los futuros oficiales de la Armada Española, debe poseer unas instalaciones acordes a la institución que representa. Por esta razón, el principal objetivo que se pretende con este proyecto es proponer una solución factible y segura que fomente formación física en la ENM. Para ello se realiza un estudio de las normativas aplicables al diseño estructural para cubiertas junto con un análisis de las diferentes variantes de cubiertas que existen en el mundo del pádel. A su vez, se analiza el estado de conservación actual de las pistas de pádel, al igual que se realiza una consulta al personal que hace uso de estas instalaciones con el fin de justificar la necesidad y requisitos del diseño de la cubierta. Por último, y tras la elección y descripción de una cubierta moderna, se confecciona un presupuesto estimado para la ejecución de este proyecto al igual que se redactan unas conclusiones y líneas futuras relacionadas con este ámbito.

PALABRAS CLAVE

Pádel, estructura, cubierta, Robot Structural Analysis

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi familia; a mi hermana Begoña, a mi padre, pero sobre todo a mi madre, pilar fundamental en mi vida quien, con santa paciencia ha estado a mi lado en los momentos difíciles y nunca me ha fallado. A los tres gracias.

A mi novia Lourdes, quien mediante su apoyo incansable ha estado siempre a mi lado en los peores momentos de la Escuela, quien ha sufrido conmigo y quien nunca me ha abandonado, por todo ello y más, gracias. A mis compañeros de promoción, pero en especial a Jaime Cornago, Ignacio González Aller y aún más si cabe a Eduardo Corral quien aparte de ser mi mejor amigo durante estos años de Escuela, ha sido capaz de con una paciencia asombrosa apoyarme en mis estudios durante estos cinco años.

A mi tutor, Don Aturo González Gil quien durante estos meses me ha acompañado en este tránsito del TFG, y quien incluso los fines de semana ha sido capaz de ayudarme y estar atento a mis avances, por todo ello gracias. También agradecer a mi segundo tutor, Don Andrés Suarez quien me ha ofrecido su apoyo incondicional durante estos meses. Al Coronel de Intendencia Don Jesús Martínez Palomo y al AN Yeray Manuel Estévez Cerviño, quienes han sido capaces de ayudarme con mi trabajo ofreciéndome su ayuda en varias ocasiones. A Juan Martín Díaz, ex número uno del pádel mundial, quien ha dedicado parte de su tiempo y quien ha compartido su experiencia del deporte contribuyendo de esta manera a este proyecto.

Por último, agradecer a mi amigo, compañero y pareja de pádel Luisete, quien ha sido mi máxima motivación para realizar este Trabajo Fin de Grado, quien mediante su ejemplo ha sido capaz de enseñarme el sentido de la vida y a no rendirme nunca. Esta cubierta lleva tu nombre y este trabajo es por ti amigo. Duc in altum.

CONTENIDO

Contenido 1
Índice de Figuras 3
Índice de Tablas 6
1 Introducción y objetivos 7
1.1 Introducción y motivación 7
1.1.1 Introducción 7
1.1.2 Justificación 9
1.2 Objetivos 10
1.3 Metodología general del proyecto y recursos empleados 10
2 Estado Del arte 13
2.1 Generalidades sobre las pistas de pádel 13
2.2 Tipos de materiales estructurales de cubrición 14
2.2.1 Madera 14
2.2.2 Hormigón armado 15
2.2.3 Acero estructural 15
2.3 Tipología de cubiertas 16
2.3.1 Cubierta a un agua 17
2.3.2 Cubierta curva desmontable 18
2.3.3 Cubierta curva autoportante 19
2.3.4 Cubierta curva no autoportante 20
2.3.5 Cubierta a dos aguas 21
2.4 Normativa aplicable al diseño de la cubierta de las pistas de pádel 22
2.4.1 Normativas aplicables al diseño estructural 22
2.4.2 Reglamentos aplicables al diseño del proyecto 22
3 Análisis de la situación actual de las instalaciones de pádel en la ENM 23
3.1 Descripción de las instalaciones 23
3.1.1 Emplazamiento 23
3.1.2 Descripción de las pistas 26
3.2 Estado de conservación 28
3.3 Impacto meteorológico 30
3.4 Opiniones de los alumnos, personal CUD y dotación 32
3.4.1 ¿Con qué frecuencia usa las pistas de pádel? 32
3.4.2 ¿Mantiene su frecuencia de uso en invierno? Si no es así, ¿a qué se debe? 32

3.4.3 ¿Cómo calificaría el estado actual de las pistas? 33
3.4.4 ¿Vería necesario la implementación de una cubierta para mejorar las instalaciones? 33
4 Propuesta de Diseño 35
4.1 Descripción general de la propuesta 35
4.2 Selección de materiales 42
4.2.1 Selección de materiales 42
4.2.2 Propuesta de cubierta 42
4.3 Fundamentos del cálculo estructural 43
4.3.1 Acciones permanentes: Peso propio 43
4.3.2 Acciones variables: Sobrecarga de uso 43
4.3.3 Acciones variables: Acciones del viento 44
4.3.4 Acciones variables: Acciones térmicas 44
4.3.5 Acciones variables: Determinación de la carga de nieve 44
4.3.6 Combinación de acciones y coeficientes de seguridad 44
4.3.7 Cimentación 45
4.4 Dimensionado de los elementos estructurales principales 48
4.4.1 Vigas y pilares 48
4.4.2 Cimentación 49
5 Presupuesto 51
5.1 Gestión de proyectos en la Escuela Naval 51
5.2 -Presupuesto 52
6 Conclusiones y Líneas Futuras 53
6.1 Conclusiones 53
6.2 Líneas futuras 53
7 Bibliografía 55
Anexo I: Entrevista a Juan Martín Díaz 59
Anexo II: Opiniones de los usuarios 61
Anexo III: Desarrollo de los cálculos de la estructura 64
Anexo IV: Presupuesto 75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Evolución licencias de pádel 8
Figura 1-2 Carmen 2020 con distanciamiento social y mascarillas [5] 8
Figura 1-3 Desinfección pista de pádel [6] 9
Figura 1-4 Reales Ordenanzas para las FAS [7] 9
Figura 1-5 Ex número 1 del mundo Juan Martín Díaz[8] 11
Figura 2-1 Logo de la Federación Española de Pádel [4] 14
Figura 2-2 Estructura de madera [12]....14
Figura 2-3 Estructura de hormigón [15]....15
Figura 2-4. Logo del World Padel Tour [8] 17
Figura 2-5. Cubierta a un agua [17] 18
Figura 2-6. Cubierta curva desmontable 19
Figura 2-7 Cubierta curva autoportante [18]....20
Figura 2-8 Cubierta curva no autoportante [19]....21
Figura 2-9 Cubierta a dos aguas [20] 21
Figura 3-1. Rías Bajas [27]....24
Figura 3-2. Ría de Pontevedra [27] 24
Figura 3-3. Concello de Marín [27]....25
Figura 3-4. Escuela Naval Militar [27] 25
Figura 3-5 Pista de pádel de la Escuela Naval 26
Figura 3-6 Realizando mediciones con el odómetro 27
Figura 3-7 Pista de pádel "Modelo Pro One" [8] 27
Figura 3-8 Planos de las pistas de pádel de la ENM con AutoCAD 28
Figura 3-9 Moho en el fondo de las pistas de pádel....29
Figura 3-10 Moho en la parte de la verja 29
Figura 3-11 Pista encharcada tras un día de lluvia....30
Figura 3-12 Histórico de precipitaciones (en L/m2) en Marín....31
Figura 3-13 Histórico de intensidad del viento (en nudos) en Marín....31
Figura 3-14 Gráfico de la pregunta número 2 de las encuestas....32
Figura 3-15 Gráfico de la pregunta número 3 de las encuestas....33
Figura 3-16 Gráfico de la pregunta número 7 de las encuestas....33
Figura 4-1 Vista 3D de la cubierta AN Luis Gibert Guitart....35
Figura 4-2 Escalón de las pistas de pádel de la ENM 36
Figura 4-3 Distancia entre pistas de pádel ENM....37

Figura 4-4 Separación entre correas de 2,5 metros 38
Figura 4-5 Separación entre pórticos....38
Figura 4-6 Vista 3D separación entre pórticos....39
Figura 4-7 Altura de los pilares y pendiente de la cubierta....39
Figura 4-8 Refuerzos estructurales de la cubierta 40
Figura 4-9 Vista 3D de los refuerzos aplicables a los pilares 40
Figura 4-10 Viga principal de la estructura....41
Figura 4-11 Viga de refuerzos de la estructura 41
Figura 4-12 Vigas empleadas para las correas 41
Figura 4-13 Cubrición realizada con policarbonato celular [33] 42
Figura 4-14 Perfil tipo HEB elegido para los pilares [34] 43
Figura 4-15 Sobrecarga de uso [21] 43
Figura 4-16 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autonómicas [21] 44
Figura 4-17 Comprobaciones de los coeficientes parciales para la combinación de acciones [21].45
Figura 4-18 Esquema de cimentación profunda [35] 46
Figura 4-19 Presiones admisibles según el tipo de terreno [14]....46
Figura 4-20 Cimentación y dimensionado de la zapata principal 47
Figura 4-21 Cimentación y dimensionado de la zapata secundaria 47
Figura 4-22 Diferencias entre zapatas principales y secundarias en nuestro proyecto 48
Figura 4-23 Vista en 3D de las placas de anclaje....49
Figura 4-24 Vista 3D de la propuesta de cubierta....50
Figura 5-1 Organigrama de construcción en la ENM 51
Figura 6-1 Pista de pádel convencional junto a una individual [39] 54
Figura A1-1 Entrevista realizada a Juan Martín Díaz tras un partido en 2017 [8]....59
Figura A2-1 Pregunta 1 de las encuestas....61
Figura A2-2 Pregunta 2 de las encuestas....62
Figura A2-3 Pregunta 3 de las encuestas....62
Figura A2-4 Pregunta 5 de las encuestas....63
Figura A2-5 Pregunta 7 de las encuestas....63
Figura A3-1 Listado de todas las cargas presentes en la estructura 64
Figura A3-2 Carga permanente del peso propio sobre la estructura (vista perfil) 64
Figura A3-3 Carga permanente del peso propio sobre la estructura 65
Figura A3-4 Carga permanente del peso propio sobre la estructura (vista 3D) 65
Figura A3-5 Listado de cargas permanentes 66
Figura A3-6 Simulación del viento como carga variable....66
Figura A3-7 Carga variable con viento del W 67

Figura A3-8 Carga variable con viento del N 67
Figura A3-9 Carga variable con viento del S 68
Figura A3-10 Carga variable con viento del E 68
Figura A3-11 Valores de la sobre carga de uso 69
Figura A3-12 Sobrecarga de uso en la cubierta 69
Figura A3-13 Valor de las cargas de nieve 70
Figura A3-14 Tabla de esfuerzos generados sobre nudos y barras 71
Figura A3-15 Esfuerzos de los extremos globales 71
Figura A3-16 Valores de anclaje y coeficientes del material 72
Figura A3-17 Valores de las cargas y de los resultados obtenidos en la cimentación 73
Figura A3-18 Hormigón y soldaduras 73
Figura A3-19 Advertencias del programa sobre la cimentación 74
Figura A4-1 Precio estimado del encoframiento [41] 76
Figura A4-2 Precio estimado de las zapatas [41] 76
Figura A4-3 Precio estimado de las placas de anclaje [41] 77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Límites elásticos y resistencias a la tracción de aceros no aleados....16
Tabla 3-1 Dimensiones pistas de pádel ENM según especificaciones del WPT 28
Tabla 4-1 Resultados finales de los elementos estructurales 49
Tabla 4-2 Resultados de las zapatas aisladas 49
Tabla 5-1 Presupuesto total del proyecto 52
Tabla A4-1 Precio por pilar según software....75
Tabla A4-2 Estimación del presupuesto de los pilares....75
Tabla A4-3 Precio por viga según software 76
Tabla A4-4 Estimación del presupuesto de las vigas 76
Tabla A4-5 Estimación del presupuesto de la cimentación 77
Tabla A4-6 Estimación del presupuesto de las placas de anclaje 77
Tabla A4-7 Estimación del presupuesto de las placas de policarbonato....78

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

"La educación es mucho más que la educación física, pero muy poco sin ella". [1]

1.1 Introducción y motivación

1.1.1 Introducción

La práctica del deporte forma parte de la vida diaria y sus ventajas son de todos conocidas. Además de ser una herramienta para mejorar la salud, también tiene un efecto positivo en la transmisión de valores, como pueden ser el respeto, el compromiso, el compañerismo o incluso el espíritu de equipo o de superación. Actualmente, existen gran variedad de actividades deportivas, sin embargo, este Trabajo de Fin de Grado solo se centrará en el pádel.

Según la RAE el pádel se define como un "juego entre dos parejas, muy parecido al tenis, pero que se juega entre seis paredes y en el que la pelota se golpea con una pala de mango corto" [2]. La palabra pádel viene de "paddle", en inglés que significa raqueta, refiriéndose a la raqueta de tenis. Sin embargo, esta variante del tenis poseía una serie de factores que lo separarían de este radicalmente. El pádel es un deporte que su única modalidad de juego es por parejas, con la misma puntuación que el tenis (aunque recientemente el WPT ha añadido una variante que se llama "Punto de oro[1]"). Finalmente, el pádel incluye 6 paredes las cuales se pueden usar para beneficio de los usuarios de la manera más original que permita el reglamento [3].

En cuanto a su evolución y más concretamente desde el 2011, el pádel ha ido creciendo hasta convertirse en uno de los deportes con mayor auge actualmente. Por esa razón, ha conseguido posicionarse cómo el 4º deporte con más licencias federativas de España, llegando a ascender esta cifra a 75819 en 2019. En la Figura 1-1, se muestra la evolución de estas licencias en los últimos años según la FEP [4].

[1] El punto de oro se emplea en partidos profesionales del WPT cuando en un juega llegan a 40-40 (Deuce) más de una vez, el objetivo es el de acortar el tiempo de los juegos y decidir el juego a una pelota ganadora.

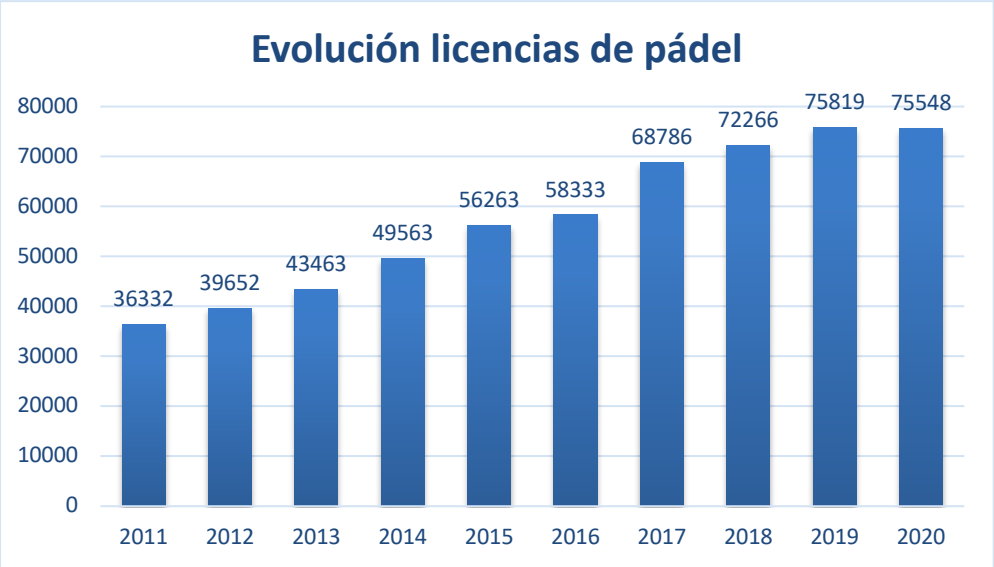


Figura 1-1 Evolución licencias de pádel

Desde entonces, la ENM y demás academias militares han seguido de cerca ese progreso. Tanto es así que han incluido este deporte cómo una modalidad para competir en el conocido Campeonato Deportivo Inter Academias. El ritmo académico de la Escuela Naval es exigente, tanto a nivel académico como a nivel de formación física, pilar fundamental para la adecuada formación de sus alumnos.

La pandemia global que está padeciendo nuestra sociedad ha hecho que se haya tenido que cambiar y adaptar a la forma de convivir e incluso de trabajar, hasta situaciones impensables. Además, no parece tener una solución inmediata, por lo que la Escuela y su personal deben ser capaces de adaptarse a estos tiempos de gran incertidumbre.



Figura 1-2 Carmen 2020 con distanciamiento social y mascarillas [5]

El pádel es un deporte de equipo y la Escuela Naval ha fomentado la práctica de este tipo de actividades desde su creación hace más de 300 años. Actualmente y en la situación sanitaria en la que se encuentra el mundo, existen pocos deportes de equipo que se puedan practicar asiduamente y que tengan baja probabilidad de contagio. Las condiciones del juego hacen posible el mantenimiento de la distancia de seguridad, evitando así el contacto físico entre jugadores. Por esta razón, los únicos deportes de equipo que están permitidos hoy en día en la Escuela Naval son el tenis y el pádel.



Figura 1-3 Desinfección pista de pádel [6]

Las Fuerzas Armadas en sus Reales Ordenanzas hacen referencia a la práctica del deporte en varios artículos, cuando se refiere a la formación de sus integrantes para contribuir a la eficacia de nuestras Fuerzas. Estos son el Artículo 25 o el Artículo 40, en los cuales se detalla la práctica del deporte como herramienta para mejorar el cuidado de la salud [7].



Figura 1-4 Reales Ordenanzas para las FAS [7]

1.1.2 Justificación

La Escuela Naval, como centro principal de enseñanza militar para los futuros oficiales de la Armada, no es ni ha sido ajena a la práctica del deporte, y es por ello por lo que le da una gran importancia a la práctica de este, fomentando de manera especial los deportes de equipo.

La ENM cuenta actualmente con unas instalaciones de pádel consistentes en dos pistas sin cubierta. Por tanto, la práctica de este deporte está supeditada a las condiciones climáticas, caracterizadas por frecuentes lluvias. No sólo la lluvia es un gran impedimento en la práctica de este deporte, sino que existen otros factores para tener en cuenta, como puede ser la humedad, la niebla, la nieve o el granizo. Su minimización, mediante la instalación de cubiertas, puede evitar la aparición de posibles lesiones.

En definitiva, poder contar con unas pistas de pádel cubiertas acorde a la situación especial del entorno, permitirá a los usuarios poder realizar la práctica de este deporte con continuidad y con una disminución considerable en cuanto a los riesgos de sufrir cualquier tipo de lesión, que solo haría mermar la capacidad operativa de dicho personal.

1.2 Objetivos

El principal objetivo de este Trabajo Fin de Grado es cubrir las pistas de pádel de la Escuela Naval. A mayores, y como objetivos secundarios, necesarios para la consecución del principal, se exponen los siguientes:

- Realizar un estudio de la normativa aplicable al pádel y al diseño estructural de las cubiertas.
- Analizar el estado actual de las pistas de pádel.
- Conocer las opiniones de los usuarios acerca de las instalaciones al igual que la de expertos en la materia mediante encuestas.
- Establecer requisitos y procedimientos para la construcción de una cubierta en la ENM.
- Aprender el uso y manejo del software “AutoDesk Robot Structural Analysis Professional 2021”.
- Confeccionar y desglosar un presupuesto para este proyecto.

1.3 Metodología general del proyecto y recursos empleados

Para la realización de este Trabajo Fin de Grado ha sido necesario estructurar este proyecto en distintas fases:

1. Estudio detallado de la aplicación del reglamento de la FEP (Federación Española de Pádel) complementado con la normativa de cálculo estructural aplicable al diseño de este tipo de cubiertas con el fin de ceñirse todo lo posible al reglamento. Además, se ha recopilado toda la información necesaria para este proyecto y de ese modo justificar las dimensiones de la estructura, los cálculos empleados y los factores que se han tenido en cuenta.
2. Posteriormente, se ha realizado un estudio para barajar las posibles opciones de cubiertas a utilizar en la pista de pádel de la Escuela Naval, al igual que el material empleado en el proyecto. Éste ha sido utilizado tanto para los pilares como para la cubrición, y se ha explicado detalladamente cuáles son sus beneficios e inconvenientes para el desarrollo de esta propuesta.
3. Se ha tenido en cuenta la opinión de los usuarios de las pistas para analizar algunos factores que podrían afectar al diseño del proyecto. Para ello se ha hecho uso de la herramienta de "Google Forms" para la realización de esta encuesta (Anexo II: Opiniones de los usuarios). Paralelamente, se le ha realizado una entrevista a Juan Martín Díaz, ex número uno del pádel mundial (Anexo I: Entrevista a Juan Martín Díaz).



Figura 1-5 Ex número 1 del mundo Juan Martín Díaz[8]

4. Con el fin de justificar todas las posibles cubiertas, al igual que el emplazamiento de estas, se ha hecho uso de los programas de diseño "AutoDesk Robot Structural Analysis Professional 2021" y "AutoCAD". Dichos programas han permitido darle un enfoque más técnico a la justificación de las futuras decisiones de propuesta para la cubierta de pádel (véase el apartado de 4.1); pero sobre todo ayudará a la hora de descartar las opciones no deseadas.
5. Por otro lado, se ha intentado aportar un enfoque realista a la hora de calcular el presupuesto de este proyecto. Para ello, se les ha consultado a los expertos de la Armada encargados de gestionar este tipo de proyectos (5.2) para saber cuales son las diferencias que existen a la hora de ejecutar un proyecto en suelo urbano o en suelo perteneciente a defensa.
6. Finalmente, se han extraído unas conclusiones generales (6.1) y se han propuesto unas líneas futuras de investigación relacionadas con este proyecto (6.2).

2 ESTADO DEL ARTE

En este apartado de la memoria se indicarán las generalidades de las distintas cubiertas y materiales empleados para el uso del pádel, describiéndolos e identificando sus principales ventajas e inconvenientes. También se citará toda la documentación empleada para el diseño y dimensionado de estas, desde un punto de vista técnica y funcional.

2.1 Generalidades sobre las pistas de pádel

Antiguamente, cuando el pádel llegó a nuestro país en los años 90, de la mano de Don Alfonso De Hohelohe, se jugaba en pistas de hormigón, con un suelo de piedra y una red con las mismas proporciones que las de una pista de tenis [9]. Actualmente, todo proyecto de construcción de una pista de pádel debe poseer las dimensiones y características oficiales que marca la Federación Internacional de Pádel o la Federación Española de Pádel [10].

La gran mayoría de las pistas de pádel usan un suelo de césped artificial, normalmente polipropileno o polietileno, al ser este menos abrasivos. Este tipo de suelo favorece la amortiguación, evitando lesiones y su mantenimiento es más barato que otros. A este suelo se le puede añadir arena de sílice[2]. También se utilizan suelos de resina sintética que favorecen la amortiguación, pero tiene el inconveniente que suelen ser más caros, de ahí que se use solo en torneos. Hace unos años las paredes de las pistas de pádel se construían de hormigón, hoy en día se usa vidrio templado de seguridad[3] de 10/12 milímetros de espesor.

El manual de la FEP sobre las buenas prácticas de instalaciones y mantenimiento de las pistas de pádel determina el vidrio a poner en las paredes de las pistas. Se montan sobre carpintería con acuñado por medio de calzos de apoyos perimetrales y laterales sellados con silicona. El vidrio se une con la

[2] Arena de sílice o de cuarzo, formada por cristales de cuarzo, facilita el confort, mejora la sujeción a la superficie y presenta un mayor drenaje.

[3] El vidrio templado es procesado por tratamientos químicos o térmicos. Se denominan de seguridad porque en caso de rotura lo hace en trozos pequeños que evitan causar heridas. Se suelen usar bien de templado térmico, laminado o templado laminado, según el tratamiento que se haga del vidrio.

estructura metálica con arandelas de neopreno y juntas de neopreno en perfil y tornillos de acero inoxidable [4].

Figura 2-1 Logo de la Federación Española de Pádel [4]

Como se ha mencionado anteriormente, en una zona como Marín, situada en Galicia y donde la climatología proporciona gran cantidad de días de lluvias al año, resulta vital la elección de una adecuada cubierta para las pistas de pádel. Por tanto, es necesario estudiar con detalle las distintas opciones.

2.2 Tipos de materiales estructurales de cubrición

Esta propuesta debe ser capaz de soportar las adversidades meteorológicas, sobre todo las del viento y la lluvia. Se plantea el uso de madera, de hormigón y de acero como materiales a emplear en dicho proyecto.

2.2.1 Madera

Frecuentemente son encontradas estructuras construidas con madera de todo tipo, ya que posee una serie de propiedades tanto técnicas, como económicas, que hacen a la madera como una opción atractiva para cualquier proyecto de construcción [11] (véase Figura 2-2).



Figura 2-2 Estructura de madera [12]

Las ventajas que posee la madera son conocidas, sin embargo, existen algunas que sobre pesan a otras y que son mencionadas a continuación. La madera es aislante al frío y al calor, posee un montaje y desmontaje fácil, con un precio económico, para un hipotético caso de un terremoto la madera posee

un buen coeficiente sísmico, se pueden mejorar sus propiedades aplicando tratamiento y por último la madera proporciona una buena resistencia a la flexión, compresión y sobre todo a la tracción [13].

A su vez también existen una serie de desventajas para el uso de la madera como elemento estructural:

- Se trata de un material fácilmente inflamable, en caso de un incendio.
- Fácilmente deformable.
- Con una tensión de rotura bajo.
- Fragilidad frente a esfuerzos cortantes.
- Posee una vida útil corta.

2.2.2 Hormigón armado

Hoy en día el hormigón, y más concretamente el hormigón armado, es el elemento más empleado del mundo para la construcción como por ejemplo la estructura que se observa en Figura 2-3, y sus beneficios son numerosos. Algunas de estas ventajas son, en primer lugar, el mantenimiento, ya que, una vez construido el hormigón, a diferencia de la madera y del acero, no necesita ningún tipo de mantenimiento ni preventivo, ni predictivo. Por otro lado, la precisión a la hora de la construcción, puesto que se trata de una elaboración y de un montaje sencillo. Asimismo, no se requiere de cortes con precisión milimétrica como es el caso del acero [14] y se trata de un material atractivo desde un punto de vista económico, siendo más barato que la madera o el hormigón.



Figura 2-3 Estructura de hormigón [15]

Sin embargo, el hormigón armado posee ciertas desventajas [15]. Aunque su montaje sea sencillo, esto no quita que el tiempo estimado de fabricación sea muy superior al que se estima para la madera o para el acero. También durante dicho montaje el hormigón es vulnerable a cualquier impacto meteorológico que podría producir retrasos en la instalación. A mayores, la diferencia de pesos es considerablemente mayor a la del acero y mucho mayor a la de la madera.

2.2.3 Acero estructural

El acero estructural en España está regulado por la norma UNE-36010 y sus características vienen establecidas por la Instrucción de Acero Estructural (EAE) [16] donde, en su artículo 27.1, estipula los tipos de aceros no aleados laminados en caliente que se pueden diferenciar por su tipo y por su grado.

La “S” viene del acero en inglés “Steel”. Su número hace referencia a 235, 275 y 355, que etiqueta a dicho acero con su valor del límite elástico correspondiente expresado en MPa. A su vez, su grado hace alusión a JR, J0 y J2 que se emplea para estipular la resiliencia que tiene cada acero.

Tipo	Espesor Nominal De la pieza			
	t<40		40<t<80	
	Límite elástico (fy)	Resistencia a la tracción (fu)	Límite elástico (fy)	Resistencia a la tracción (fu)
S235	235	360<fu<510	215	360<fu<510
S275	275	430<fu<580	255	410<fu<560
S355	355	490<fu<680	335	470<fu<630

Tabla 2-1 Límites elásticos y resistencias a la tracción de aceros no aleados

De entre las distintas posibilidades de acero, se pueden encontrar [16]:

1. S235

Este tipo de acero estructural requiere secciones de mayor tamaño que el resto para resistir los mismos esfuerzos, y por tanto no es común encontrarlo en cubiertas de mediano tamaño debido al peso al que se verá sometido, y al existir un aumento de peso automáticamente existe un aumento de precio. A su vez, S235 tiene una serie de ventajas como puede ser la buena soldabilidad y tenacidad o unas excelentes propiedades de flexión en frío. Este acero tiene un módulo de elasticidad de 210 GPa, un límite elástico de 235 MPa y tensión de rotura de 360 MPa.

2. S275

Este tipo de acero es el más usado y, más concretamente, el S275JR. Este acero estructural posee un valor del límite elástico de 275 MPa y su prefijo de “JR” es la aplicación que se le da a este tipo de acero en construcción ordinaria. Frecuentemente se observa en estructuras que se verán sometidas a esfuerzos de intensidad media. Posee un módulo de elasticidad de 210 GPa, un límite elástico de 275 MPa, tensión de rotura de 410 MPa, con un fácil conformado y una buena tenacidad.

Con respecto a las propiedades mecánicas que ofrece el acero estructural, estas son mejores que las que poseen la madera y el hormigón. Sin embargo, cierto es que, al igual que la madera y el hormigón, el acero también posee una serie de desventajas:

- Resistencia a la corrosión, el cual no afectaba a los otros materiales.
- Complejidad de construcción y ensamblaje, con respecto a la madera y el hormigón.
- Necesidad de aplicar tratamientos al acero con el fin de evitar la corrosión, óxido, etc…

3. S355

De entre todas las posibilidades listadas con anterioridad, el acero estructural S355 es el menos usado en construcción. Se trata de un acero al carbono-manganeso y es empleado en casos particulares y muy especiales, debido a sus prestaciones mecánicas.

2.3 Tipología de cubiertas

Desde un punto de vista técnico existen una serie de factores estructurales que convierten una cubierta en la elección lógica para cualquier diseño de una pista de pádel. Más adelante, se expondrán los más relevantes. A su vez, si se analizan pistas de pádel que hay en zonas con climatología similar a la de las Rías Bajas, se observan modelos que prevalecen frente al resto.

La Federación Española de Pádel, junto al World Pádel Tour, no especifican en el reglamento el tipo de cubierta que deben tener sus pistas, por lo que los factores más importantes a la hora de diseñar unas pistas serán: el económico, el técnico y sobre todo el estético.



Figura 2-4. Logo del World Padel Tour [8]

Dentro de todas las posibles cubiertas podemos encontrar: cubierta a un agua (con una vertiente), cubierta a dos aguas desmontable, cubierta a dos aguas autoportante y por último cubierta a dos aguas no autoportante.

2.3.1 Cubierta a un agua

Una cubierta a un agua es una estructura que dispone exclusivamente de una vertiente para evacuar el agua que se deposita en ella. Se trata de una estructura que posee una serie de ventajas frente al resto de cubiertas. Sin embargo, a continuación, se verá que, para este tipo de estructuras, y este proyecto en concreto, no será la elección idónea. Una cubierta a un agua nos permite un montaje y construcción sencilla, sin necesidad de tensores, ni una cantidad elevada de operarios, ni siquiera se trata de una cubierta de un alto coste. Para el uso que se desea implementar, cubrición de una pista de pádel, ninguna de las ventajas que se acaban de comentar tiene el peso suficiente como para seleccionar este tipo de cubierta. Si cierto es que una cubierta a un agua nos da la posibilidad de obtener una construcción más sencilla, también se debe tener en cuenta que, si en algún momento nieva en Marín, dicha cubierta supondrá un aumento considerable de peso a aguantar. Este aumento de peso deberá ser proporcional al esfuerzo que debe soportar y finalmente aumentaría sus propiedades mecánicas (y por tanto su precio).

Desde un punto de vista estético, una cubierta a un agua tampoco es una opción popular. Se trata de una alternativa que no es frecuente encontrarla en pistas de pádel y a la que a los usuarios les proporciona ciertas inseguridades en su juego, debido a la forma que tienen tal y como se puede observar Figura 2-5



Figura 2-5. Cubierta a un agua [17]

2.3.2 Cubierta curva desmontable

La siguiente opción que se baraja es una cubierta desmontable. Se trata de una estructura que posee la misma cimentación, los mismos pilares y, a primera vista, las mismas ventajas que las mencionadas anteriormente. Sin embargo, esta cubierta nos permite poner y quitar su parte superior (una lona). La lona tiene una resistencia menor frente a las adversidades meteorológicas, a diferencia de la que puede poseer el acero estructural o el hormigón armado.

Esta cubierta permitirá hacer uso de ella cuando las condiciones climatológicas lo permitan, pudiendo disfrutar de un día soleado. También se ha podido comprobar cómo, en circunstancias extraordinarias, algunas estructuras pueden colapsar por el exceso de nieve. Este tipo de cubiertas tiene la capacidad de abrirse con el fin de evitar dichos desplomes, tal y como se observa en Figura 2-6 (que es del club de pádel "Mad4Pádel" Pozuelo). Este tipo de estructuras tiene incorporado un motor eléctrico que permite en poco menos de un minuto cubrir o descubrir la cubierta. También es considerado por los expertos en deporte como el jugador profesional Juan Martín Díaz, antiguo número uno del ranking mundial que este tipo de cubiertas tiene como ventaja su elevada altura (unos 15 metros frente a los 9 metros de una cubierta convencional), lo cual supone una comodidad durante el juego para los profesionales y para los usuarios que posee un nivel avanzado de juego (ver entrevista en Anexo I: Entrevista a Juan Martín Díaz). A su vez, ésta cubierta tiene la posibilidad de quitar la lona completamente durante un periodo indefinido de tiempo y volver a colocarla en caso de necesitarla (para mantenimientos programados). Sin embargo, los principales inconvenientes que tiene esta propuesta son el precio y el mantenimiento.

El precio que tiene este tipo de cubiertas con respecto a las cubiertas "convencionales" puede llegar a ser hasta cinco veces más caro, el material de la lona y el motor eléctrico hacen que este tipo de proyectos alcancen un presupuesto que pocos clubes o instalaciones se lo puedan permitir. La lona que se emplea en este tipo de cubiertas al igual que el motor eléctrico poseen un mantenimiento delicado con revisiones periódicas mensualmente. A su vez la lona, la cual será la que más se verá afectada por las condiciones del ambiente, posee una vida útil considerablemente menor a la de una estructura de acero. Otro impedimento para este tipo de proyectos es la iluminación que supone una desventaja a la hora de su construcción, ya que la instalación que poseen este tipo de cubiertas no es igual que una cubierta

convencional. Tal y como observamos en Figura 2-6 los focos, que normalmente suelen ser LEDS, están ubicados en el lateral de la pista en lugar de por fuera, como son los focos de la pista "Modelo Pro One" de la ENM Figura 3-5.



Figura 2-6. Cubierta curva desmontable

2.3.3 Cubierta curva autoportante

Una de las principales ventajas de este tipo de cubiertas es que los tensores que incorporan este tipo de cubiertas permiten aguantar mayores esfuerzos como los producidos por el viento. Además, al no poseer ni vigas ni correas, el montaje de esta cubierta es más sencillo y rápido que en los casos expuestos con anterioridad.

Para este tipo de diseños, que junto a las no autoportantes son las más comunes, el principal inconveniente es el de los tensores. Si cierto es que los tensores hacen a esta propuesta destacar con respecto al resto, también supone un impedimento para el jugador. Los tensores impiden a los usuarios lanzar la bola con altitud ya que puede tropezar con el cableado, teniendo que repetirse el punto. Siendo la única solución para remediar este problema el aumento de las dimensiones de la cubierta, lo cual aumentaría sus dimensiones considerablemente.



Figura 2-7 Cubierta curva autoportante [18]

2.3.4 Cubierta curva no autoportante

La siguiente propuesta es la más popular entre los clubes la cubierta a dos aguas cóncava no autoportante. Esta posee todas las ventajas posibles desde el punto de vista de un jugador. Sin embargo, en este proyecto se intenta buscar y estudiar las ventajas desde el punto de vista técnico.

Una cubierta a dos aguas no autoportante ofrece una ventaja que la hace ser una de las opciones más populares en los clubes de pádel en España. Esto es debido a que no posee ningún tipo de cable tensor que pueda dificultar el juego, al contrario que la 2.3.3.

Los esfuerzos producidos por el viento de succión y tracción a los que se podrá ver sometido esta cubierta serán menores con respecto a 2.3.3, convirtiéndose esta última en su principal inconveniente. Este tipo de cubiertas destacan por tener: una arquitectura sencilla, no poseer un montaje complejo, no tener ningún impedimento funcional que perjudique el practicaje del deporte y una estética y unas propiedades técnicas inmejorables.



Figura 2-8 Cubierta curva no autoportante [19]

2.3.5 Cubierta a dos aguas

A continuación, se plantea una cubierta a dos aguas tal y como se observa en Figura 2-9. Este tipo de cubiertas se caracterizan entre los clubes de pádel por poseer un montaje sencillo entre las demás opciones (citadas con anterioridad). Las ventajas que ofrece son un diseño y un montaje sencillo y que no posee ningún tipo de celosía o tensores que puedan perjudicar al juego. A mayores este tipo de cubiertas tiene las ventajas que 2.3.4 y 2.3.1.



Figura 2-9 Cubierta a dos aguas [20]

2.4 Normativa aplicable al diseño de la cubierta de las pistas de pádel

2.4.1 Normativas aplicables al diseño estructural

- Código Técnico de Edificación (CTE) [21]

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.

- Instrucción de acero estructural (EAE) [16].

Es la Comisión Permanente de Estructura de Acero (2001) quien se encarga de referenciar todo aquello relativo a la edificación como la ingeniería, sobre todo en lo relacionado a los controles de calidad. En este mismo sentido también existe la Comisión del Hormigón y Cemento.

- Documento Básico de la Madera (DB-SE-M) [13]

Es un Documento modificado por Real Decreto en el año 2019 que hace referencia a la seguridad de elementos estructurales de madera en edificación.

- Documento Básico del Acero (DB-SE-M) [22]

Promulgado por Real Decreto en el año 2007 (corrección 2008) y que se encarga de la verificación de la seguridad estructural de elementos metálicos realizados por acero en edificaciones.

- Documento Básico de Cimientos (DB-SE-C) [14]

Según Real Decreto 2019 relativo al ámbito de aplicación sobre 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.

- Norma UNE-EN 10346 para recubrimiento galvanizado [23]

Norma Nacional del año 2015 regulada por la Agencia Española de Normalización y Certificación (AENOR) que parte de la normativa europea específica sobre los requisitos de productos recubiertos en continua por inmersión en caliente a partir de acero con bajo contenido en carbono.

- Norma UNE-EN 10169 para recubrimiento orgánicos [24]

Norma Nacional del año 2007 regulada por la Agencia Española de Normalización y Certificación (AENOR) que regula los productos planos de acero, recubiertos en continua de materias orgánicas.

2.4.2 Reglamentos aplicables al diseño del proyecto

- Reglamento de Juego del Pádel de la Federación Internacional de Pádel (F.I.P.) (Revisión de 2017)

Es el organismo internacional rector encargado de determinar las reglas y características del juego y pistas, para ello consta de un Comité encargado de observar el juego y las reglas y elevar recomendaciones.

- Reglamento de juego del Pádel de la Federación Española de Pádel (F.E.P.) [25]

La Federación Nacional de Pádel sigue la normativa reguladora de la Federación Internacional de Pádel a nivel nacional.

- Reglamento de juego del World Pádel Tour [26]

Es una variante del 2019 del Reglamento de la FIP específico para estos torneos.

3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INSTALACIONES DE PÁDEL EN LA ENM

En este apartado se representará gráficamente con la ayuda de planos mediante AutoCAD e imágenes la distribución de las instalaciones actuales, justificando el modelo y su homologación por la FEP. A continuación, se tratará la problemática de la climatología en dicho. Finalmente, se citarán las opiniones de: los alumnos, el personal civil del Centro Universitario de la Defensa y los oficiales de la Escuela Naval.

3.1 Descripción de las instalaciones

3.1.1 Emplazamiento

Las dos pistas de pádel, las cuales fueron construidas en 2005, se encuentran dentro de las instalaciones deportivas de la ENM en la villa de Marín dentro de la Ría de Pontevedra tal y como se observa en Figura 3-5. El emplazamiento de dichas pistas posee una orientación Este Oeste y sus paredes se encuentran separadas por un pasillo. A su alrededor podemos observar un campo de baloncesto y dos pistas de tenis (ninguna de las cuales posee una cubierta similar a la que se propone en este proyecto).

Las instalaciones se encuentran en una localización ideal ya que les aporta un resguardo de los vientos procedentes del Oeste gracias al muro de hospital elevado 5 metros por encima del suelo de nuestras pistas y los procedentes del Este debido a el otro muro que da al despacho del capellán de la Escuela Naval con 4 metros de altura.

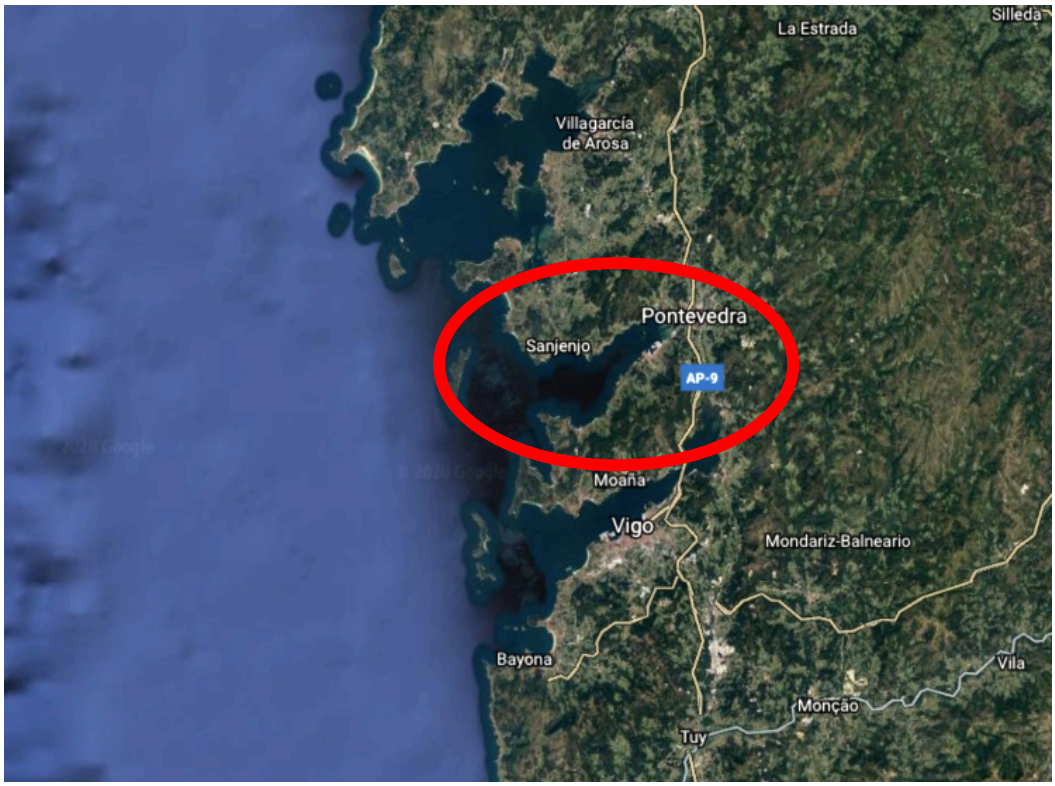


Figura 3-1. Rías Bajas [27]



Figura 3-2. Ría de Pontevedra [27]



Figura 3-3. Concello de Marín [27]



Figura 3-4. Escuela Naval Militar [27]



Figura 3-5 Pista de pádel de la Escuela Naval

3.1.2 Descripción de las pistas

Cada pista de pádel posee unas características y una denominación, las de la Escuela Naval Militar están denominadas por la F.E.P. y por el World Pádel Tour como "Modelo Pro One" y dichas dimensiones coinciden con los planos oficiales de la ENM. Sin embargo, a mayores se ha corroborado esta información mediante el uso de un Odómetro Rolatape RT412D[4] con el objetivo de verificar si la pista de la ENM está homologada tal y como acreditan los planos de la Escuela Naval. Dicha comprobación se observa en Figura 3-6. Una pista de pádel está homologada por la FEP si: *"…el área de juego es un rectángulo de 10 metros de ancho por 20 metros de largo con una tolerancia de 0,5%."*.

[4] Un odómetro Rolatape RT412D es un instrumento de medición que calcula la distancia medida recorrida por el rodillo.



Figura 3-6 Realizando mediciones con el odómetro

Como se acaba de comentar la denominación que se les da a las pistas es el "Modelo Pro One" [17]. La estructura principal es de acero y cristal templado homologado de 12 milímetros, con césped fibrilado, con cuatro postes de iluminación rectos y una superficie en proyección horizontal de 410 metros cuadrados. De nuevo tanto los materiales empleados como la orientación de los focos de iluminación cuadran con las especificaciones del WPT, como se observa en Figura 3-7.

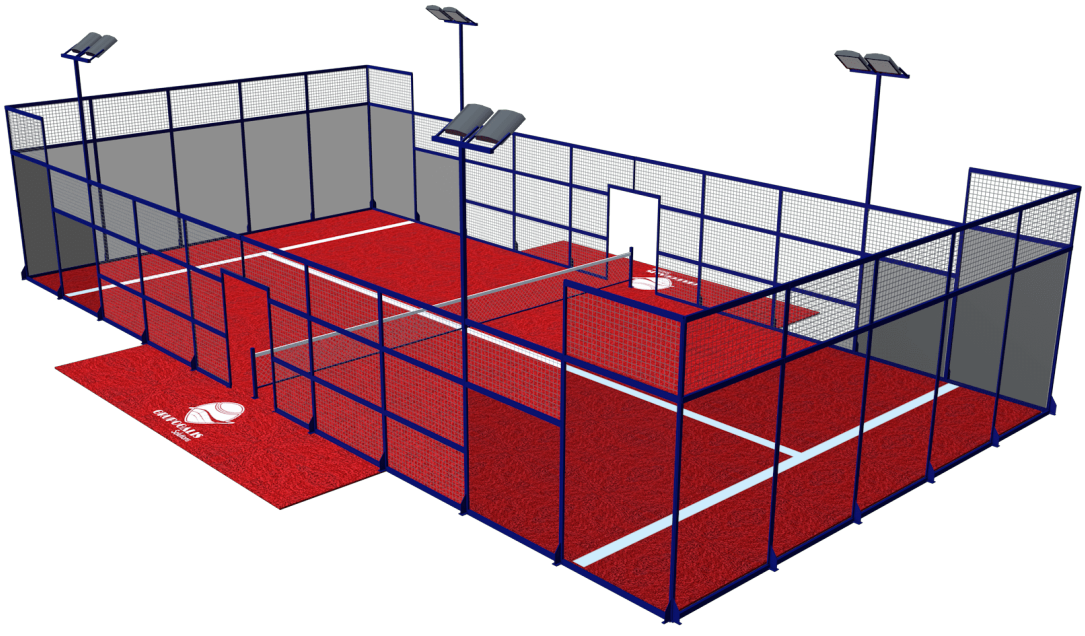


Figura 3-7 Pista de pádel "Modelo Pro One" [8]

Las dimensiones de las pistas que posee la Escuela Naval Militar se localizan en Tabla 3-1.

Tipo	Dimensiones oficiales según WPT	Dimensiones de la pista ENM
Largo	20 metros	20,103 metros
Ancho	10 metros	10,04 metros
Altura (Parte inferior)	2 metros	2,05 metros
Altura (Parte superior)	4 metros	4,03 metros

Tabla 3-1 Dimensiones pistas de pádel ENM según especificaciones del WPT

Se observa que la diferencia oficial de una pista de pádel en comparación con la pista de la Escuela Naval Militar es despreciable. De 20 metros de medida oficial a los 20,103 metros, se obtiene una tolerancia dentro de la permitida, por lo que se corrobora que las pistas de pádel de la Escuela están homologadas. Mediante estas mediciones y con la ayuda de Figura 3-8 se aprecia dicha comprobación.

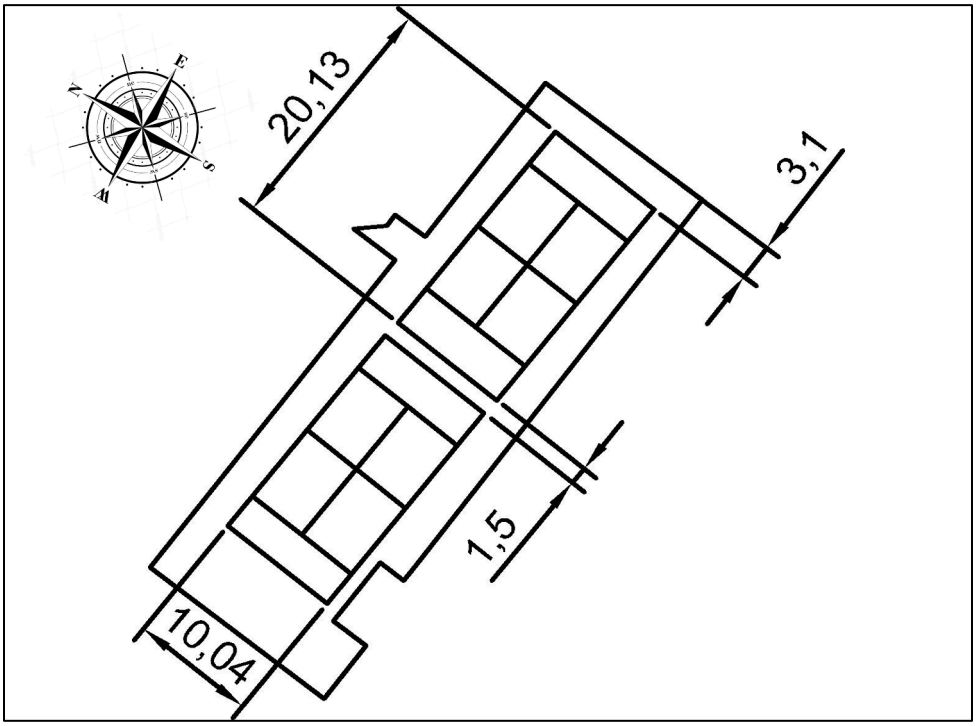


Figura 3-8 Planos de las pistas de pádel de la ENM con AutoCAD

3.2 Estado de conservación

Como se ha comentado con anterioridad en el apartado 1.1.1 un porcentaje alto del personal de esta Escuela Naval ha jugado o juega al pádel, pero no tanto los que han jugado con lluvia o con las instalaciones mojadas, ya que son conocedores de los riesgos que esto conlleva. y también son conocedores de cómo varía enormemente la práctica de este deporte con unas pistas mojadas.

De la misma manera también vamos a obviar lo que puede llegar a deteriorarse el material deportivo (bolas, raquetas o zapatos) y el césped de las pistas (el cual posee moho desde hace años), cuando se juega con el suelo mojado. Tal y como se ha mencionado en el 3.2 el suelo de las pistas de pádel de la ENM es césped fibrilado, el cual posee una fibra de espesor finas las cuales se ven sometidas a mayores desgastes provocándose así posibles compactaciones de moho o residuos no deseados [28] tal y como se puede observar en Figura 3-9 y en Figura 3-10.



Figura 3-9 Moho en el fondo de las pistas de pádel



Figura 3-10 Moho en la parte de la verja

Considerando que las condiciones climatológicas de Galicia, y por ello Marín, son las que son y la lluvia seguirá acompañándonos en nuestro periplo por la Escuela Naval, ello no debería ser excusa para que dentro de la Escuela se deja de practicar un deporte de equipo como el Pádel, como se observa a continuación en Figura 3-11.



Figura 3-11 Pista encharcada tras un día de lluvia

3.3 Impacto meteorológico

Como se puede apreciar en Figura 3-12 y en Figura 3-13 en Marín durante los últimos años ha habido más días de lluvia de los deseados. El año pasado solo fueron 202 días de lluvia, lo que se tradujo en 202 días sin poder usar las pistas de pádel, y todo ello sin contar el tiempo que tarda en secarse la pista [29]. Bien por la cantidad de lluvia caída o por la mala calidad del drenaje del suelo, asunto no tratado en este Trabajo, pero de suma importancia, pero que incrementa de manera considerable los días sin poder hacer uso de las pistas. En la Figura 3-12 se puede observar la cantidad de litros por metro cuadrado que ha tenido la Escuela Naval Militar en los últimos años. Se trata de una cantidad considerablemente grande la cual está muy por encima de lo deseado para unas pistas de pádel que se encuentran a la intemperie. Siendo uno de los principales problemas ligados a estas condiciones meteorológicas las posibles lesiones que se pueden sufrir durante el practicaje de este deporte con lluvia (como puede ser el codo de tenista).

Los vientos que predominan en la Ría de Pontevedra son, generalmente, los vientos procedentes del Oeste, sin embargo, la pista de la ENM al estar resguardada por tres paredes, la dirección por la que viene el viento tiene un carácter impredecible, por esta razón se estudia únicamente la intensidad de este.

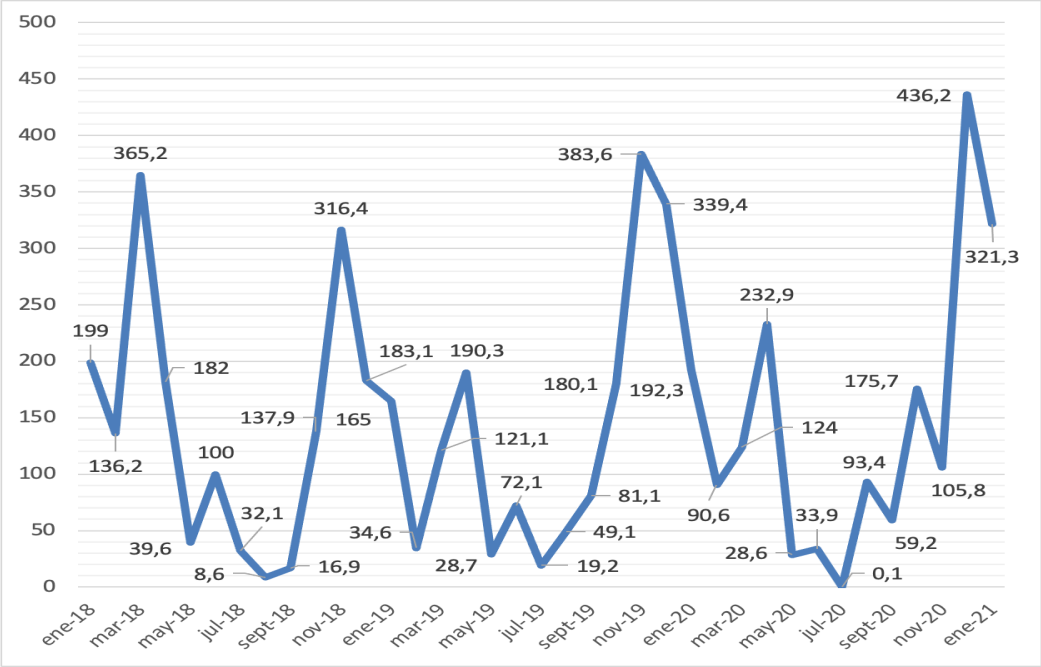


Figura 3-12 Histórico de precipitaciones (en L/m2) en Marín

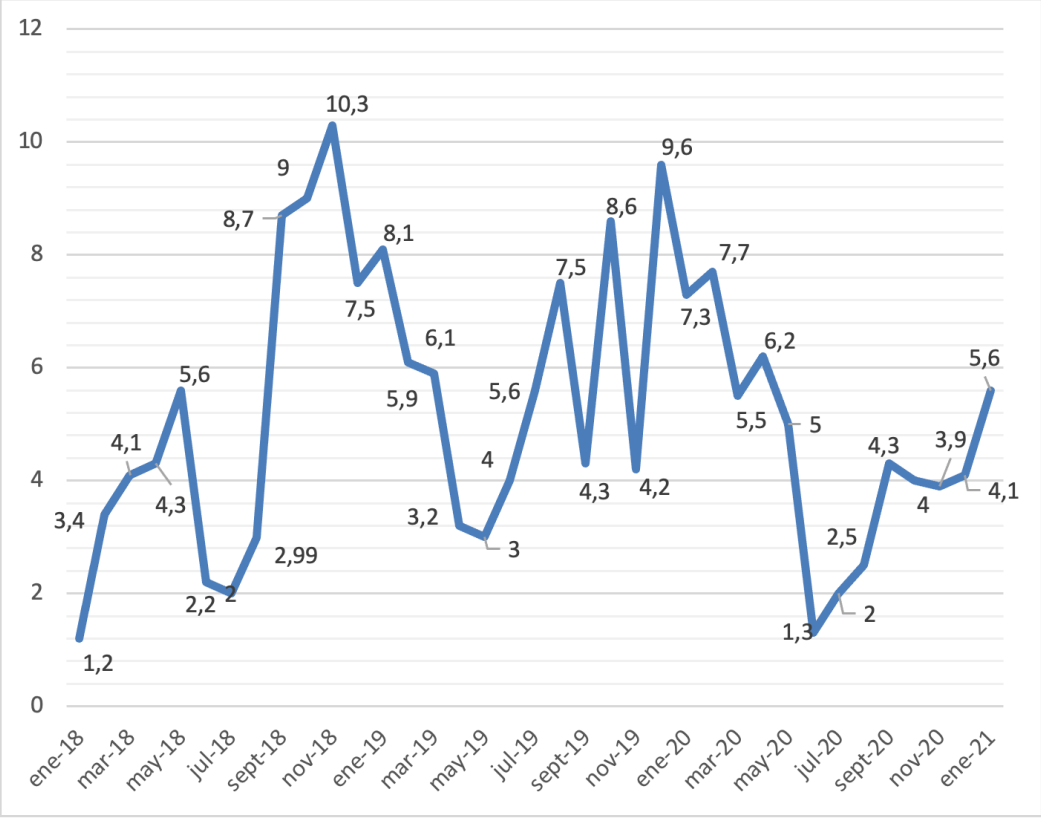


Figura 3-13 Histórico de intensidad del viento (en nudos) en Marín

Que el pádel está en auge como deporte de equipo es una realidad (Introducción y objetivos), y si se considera la cantidad de días de lluvia al año en Galicia, se sobreentendía que dotar a estas pistas de unas cubiertas adecuadas podría hacer disfrutar a sus usuarios de este deporte sin tener en cuenta las condiciones meteorológicas.

3.4 Opiniones de los alumnos, personal CUD y dotación

"When in doubt, always listen to the men on the ground." [30].

A la hora de realizar nuestro diseño de la cubierta se ha querido valorar toda ayuda posible con el fin de obtener el proyecto óptimo y eficiente posible. En este apartado se tendrán en cuenta las opiniones de todo el personal que hace uso de las instalaciones, centrándonos en los alumnos, personal del CUD y los oficiales de la Escuela.

El ser capaz de recopilar información de expertos en la materia, o simplemente del personal que conoce dichas instalaciones, es un factor crucial para obtener el diseño deseado y que mejor convenga a la realización de este Trabajo Fin de Grado. A continuación, se expondrá una serie de preguntas a alumnos de la ENM (102 encuestados), a personal del Centro Universitario de la Defensa (21 encuestados) y por último a los oficiales de la ENM (20 encuestados). En este apartado de la memoria se citarán las preguntas más relevantes con respecto a nuestro proyecto, para más información véase Anexo II: Opiniones de los usuarios.

3.4.1 ¿Con qué frecuencia usa las pistas de pádel?

Lo que se busca con esta pregunta es encontrar desde el principio de la encuesta a los usuarios que más hacen uso de las instalaciones y, por tanto, los que mejor la conocen y más enfoques nos podrían aportar a este proyecto. Se han obtenido 143 respuestas al formulario enviado al personal del CUD, oficiales de la ENM y alumnos de la Escuela Naval. Se ha obtenido un 24,5% de personal que usa las pistas con frecuencia y es sobre este porcentaje sobre el que se trabajará para el resto del apartado.

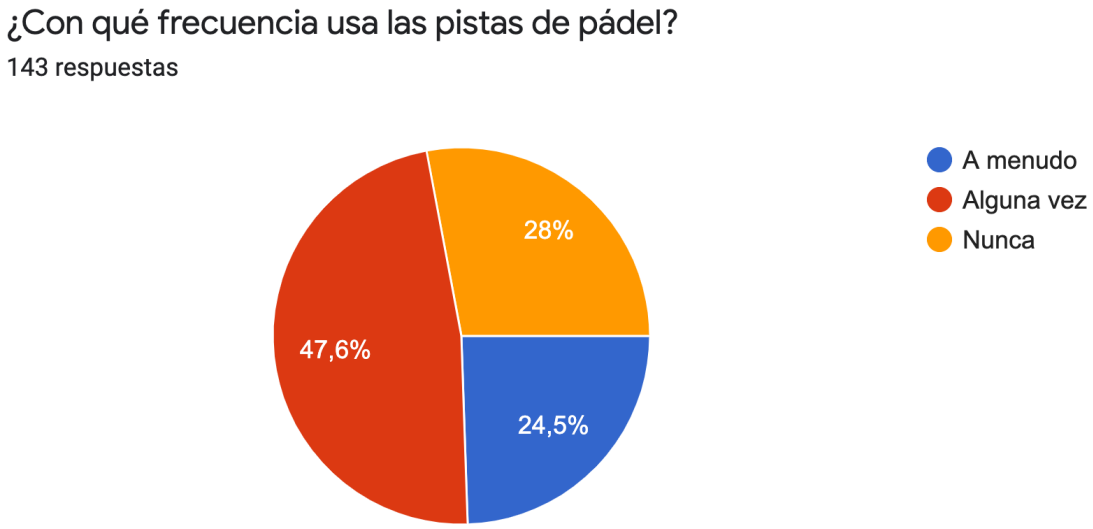


Figura 3-14 Gráfico de la pregunta número 2 de las encuestas

3.4.2 ¿Mantiene su frecuencia de uso en invierno? Si no es así, ¿a qué se debe?

En esta pregunta se descartará todo aquel que haya contestado que "Si". La siguiente tesitura que se plantea, entre todos aquellos que han contestado que "No" (un 72,4%), es si los usuarios mantienen su uso durante la temporada de invierno, y aunque puedan parecer obvias la respuesta se ha intentado conocer las experiencias de los jugadores añadiendo una respuesta corta. Se ha decidido no poner respuesta única con el objetivo de conocer más puntos de vista que se escapen a lo expuesto en este proyecto, donde las respuestas más comunes han sido las relacionadas con la lluvia (como respuesta más popular con un 93,2%) y aunque se esperaba sobre todo respuestas relacionadas con las condiciones climatológicas también se han obtenido respuestas ligadas a la investigación de este trabajo y comentadas en (Estado de conservación) como el mal estado del césped, de los cristales y de las pistas en general.



Figura 3-15 Gráfico de la pregunta número 3 de las encuestas

3.4.3 ¿Cómo calificaría el estado actual de las pistas?

De nuevo, con esta pregunta se ha descartado el hecho de que fuera una respuesta única, por lo que el encuestado ha sido capaz de expresar su opinión libremente al respecto del estado de las pistas. Al ser las respuestas obtenidas muy diversas y con una variedad alta, no se plantearán en este apartado ninguna de ellas, todas ellas se encuentran en Anexo II: Opiniones de los usuarios. Únicamente hay que destacar que ninguna de las respuestas ha sido impredecible y prácticamente todas han coincidido.

3.4.4 ¿Vería necesario la implementación de una cubierta para mejorar las instalaciones?

De todos los usuarios entrevistados solo un 4,2% han votado que no, el resto han opinado lo que se plantea diseñar en este Trabajo Fin de Grado, que en la Escuela Naval Militar es recomendado una cubrición para las pistas de pádel.



Figura 3-16 Gráfico de la pregunta número 7 de las encuestas

4 PROPUESTA DE DISEÑO

Este capítulo es la continuación y culminación de los apartados citados anteriormente. En el se procede a exponer las propuestas de material y cubiertas que se emplearán en este Trabajo Fin de Grado se basara en la información expuesto en los apartados 1, 2 y 3. Se ha contado con la ayuda del programa "AutoDesk Robot Structural Analysis Professional 2021" la distribución y las dimensiones exactas de la cubierta. Se exponen los cálculos pertinentes para ver las acciones permanentes y variables de nuestra cubierta. Finalmente se realiza un análisis desglosado de la propuesta, analizando todos los factores técnicos y funcionales que podría tener la propuesta.

4.1 Descripción general de la propuesta

Estas cubiertas, tal y como se comenta al principio de esta Memoria, llevará el nombre de "Cubiertas AN Luis Gibert Guitart" tal y como se observa en Figura 4-1y se elige una cubierta a dos aguas. Se trata de dos estructuras idénticas con 5 pórticos por lado, de 11 metros de ancho por 21 de largo y zapatas aisladas. El material empleado para los elementos estructurales es el acero S275JR, para la cubierta el policarbonato celular y para la cimentación el hormigón armado HA-25. A continuación, en los siguientes apartados se explica detalladamente su justificación.

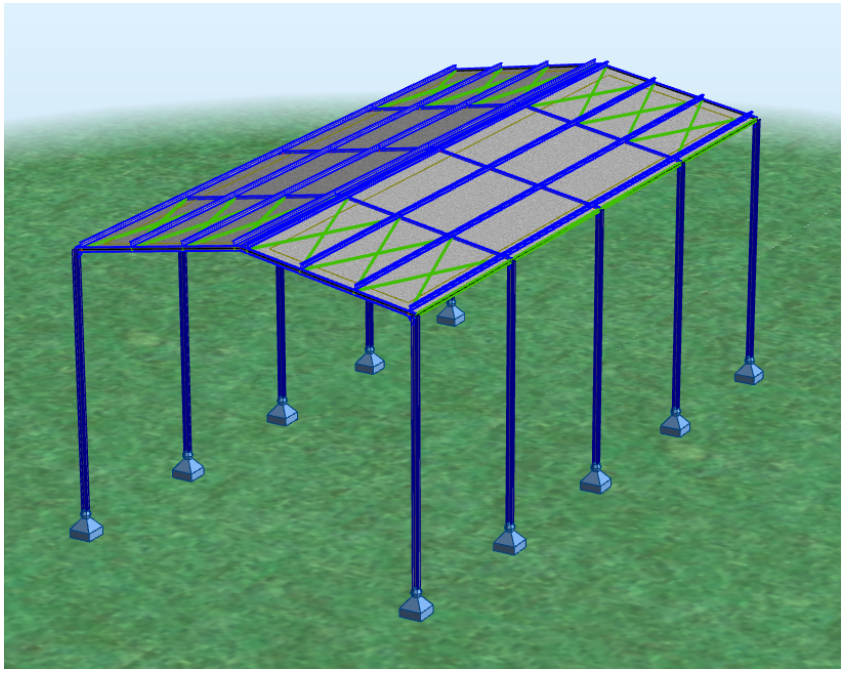


Figura 4-1 Vista 3D de la cubierta AN Luis Gibert Guitart

I. Ancho de la cubierta

El ancho que ocupará nuestra cubierta será de 11 metros. Lo idóneo sería aumentar este número con el fin de que el agua corra y libre la estructura sin perjudicar el terreno. Sin embargo, esto no es viable debido a el espacio reducido que tenemos entre pistas, los postes de luz y el escalón que se observa en Figura 4-2 (aunque no afecte directamente al diseño de esta).



Figura 4-2 Escalón de las pistas de pádel de la ENM

II. Longitud de la cubierta

Se ha optado por una longitud de cubierta de 21 metros (sobresaliendo medio metro por lado), de nuevo y por la misma razón que se ha descrito para justificar las dimensiones del ancho de la cubierta no es viable aumentar el tamaño. Para la justificación de la longitud de la cubierta se ha tenido en cuenta la distancia que existe entre pistas de pádel, medida previamente con el odómetro como observamos en Figura 3-6. Como se observa en Figura 4-3 esta distancia entre cubiertas nos permitirá que se cumplan los requisitos que se buscan en este diseño de sobresalir medio metro por fuera de las pistas.



Figura 4-3 Distancia entre pistas de pádel ENM

III. Altura de la estructura

La altura de los pilares será de 8 metros, que nos proporciona medio metro de resguardo para librar los focos de iluminación y cuenta con 9 metros en su parte más alta. Se ha decidido optar por 8 y 9 metros y no los 15 metros recomendados por Anexo I: Entrevista a Juan Martín Díaz, puesto que el nivel de rendimiento que se describe en dicha entrevista es el máximo que existe en el mundo, no se considera necesario para este proyecto cumplir con esta recomendación. En este caso, se acometerá a el reglamento de la FEP y el WPT [4].

IV. Separación entre correas

Las correas son vigas de acero que tienen como objetivo primordial el repartir los esfuerzos y las cargas de la cubierta a los correspondientes pórticos. La distancia elegida para separar las correas será de 2,5 metros tal y como se observa en Figura 4-4. Mediante los cálculos realizados y la ayuda del software se llegó a elegir la distancia óptima de separación entre correas que permitirá un menor número de elementos estructurales y por tanto una menor complejidad a la hora de diseñar y de construir.

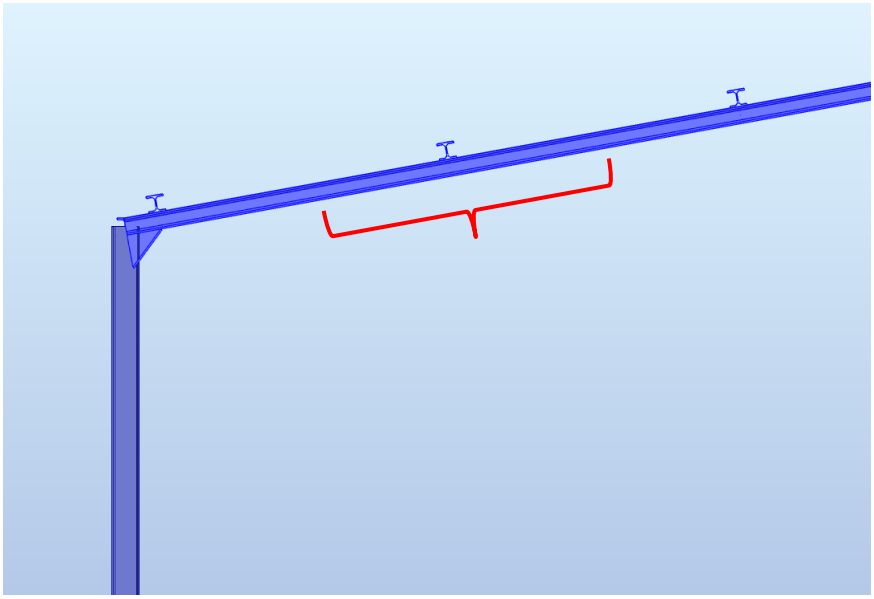


Figura 4-4 Separación entre correas de 2,5 metros

V. Separación entre pórticos

Para este trabajo se emplea una separación entre pórticos de 2 metros y medio y 5 vanos de 5,25 metros, tal y como se observa en Figura 4-5 y Figura 4-6. Se ha optado por esta separación entre pórticos por las mismas razones que las expuestas para la separación entre correas.

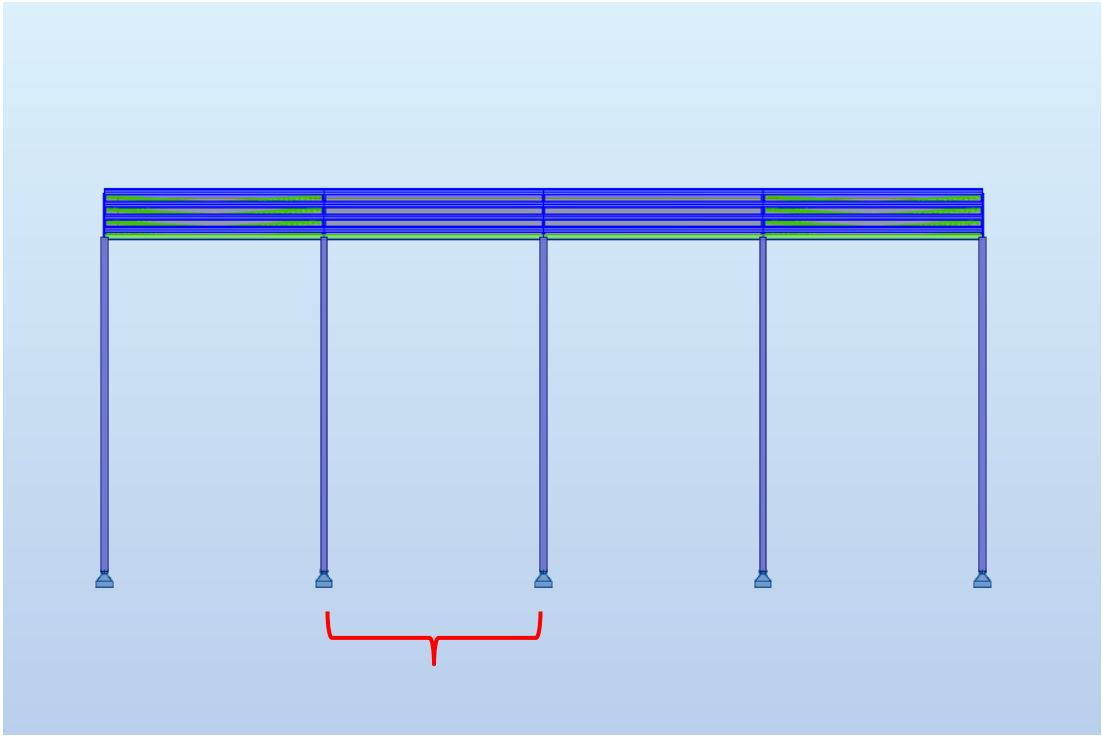


Figura 4-5 Separación entre pórticos

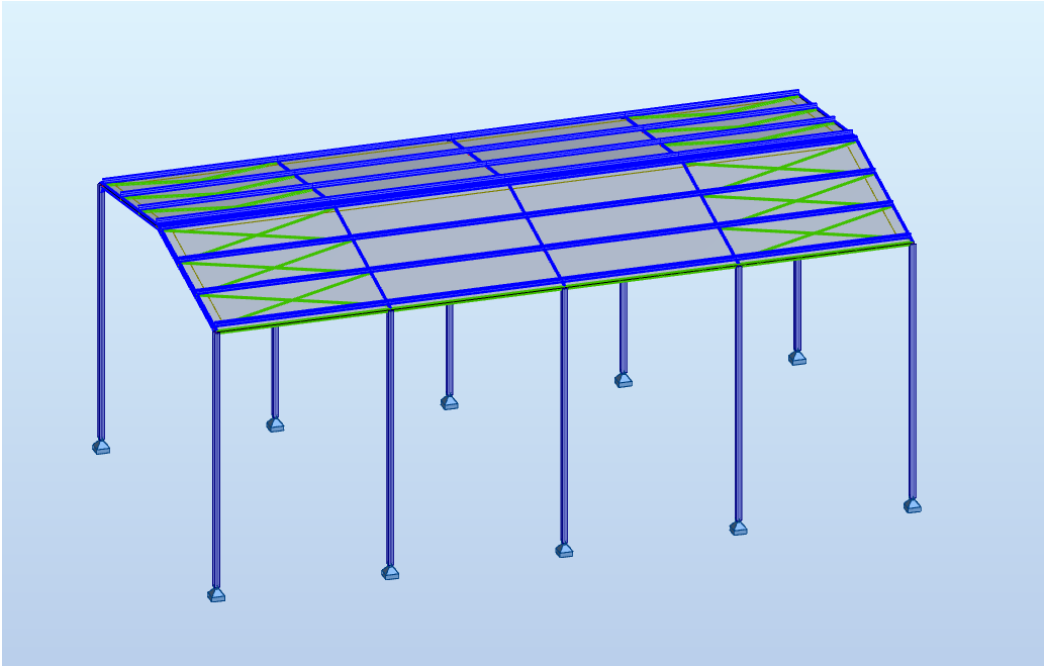


Figura 4-6 Vista 3D separación entre pórticos

VI. Pendiente

La altura de los pilares es de 8 metros y la altura de la parte de mayor altura de nuestra estructura es un metro superior por lo que nuestro diseño posee una pendiente del 10,3% tal y como se observa en Figura 4-7.

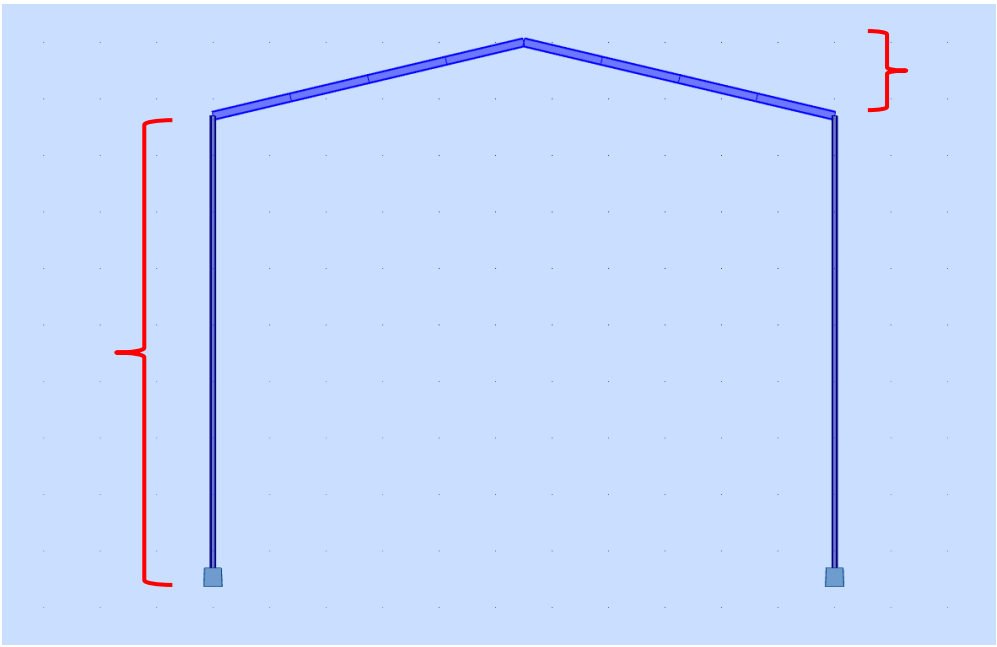


Figura 4-7 Altura de los pilares y pendiente de la cubierta

VII. Refuerzos estructurales

Se ha decidido usar unos refuerzos para el ángulo pilar-viga con geometría triangular de dimensiones 0,2x0,2 metros (hbc=200 mm y bbc=200 mm), tal y como se observa en Figura 4-8. Se observa en Figura 4-9 una vista en 3D donde se aprecia con mayor claridad el tipo de refuerzo que se utilizará en este trabajo.

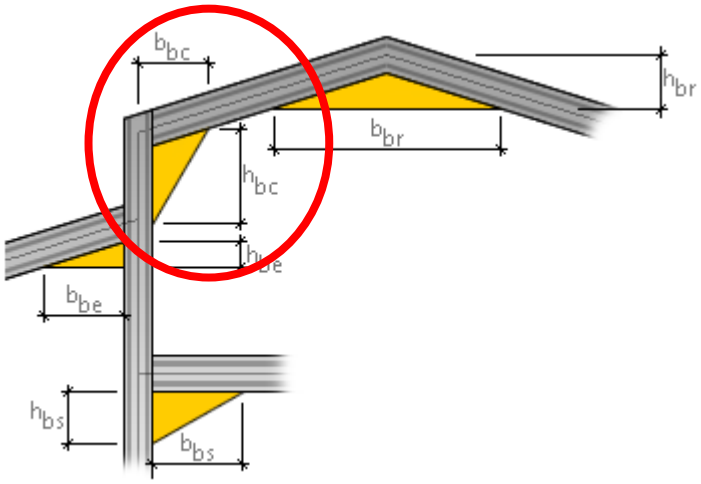


Figura 4-8 Refuerzos estructurales de la cubierta

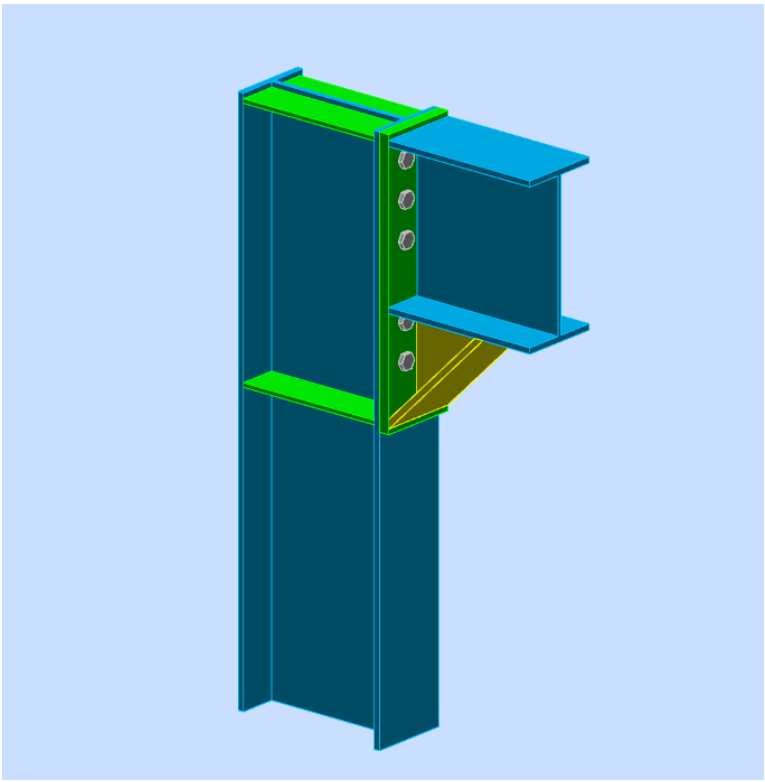


Figura 4-9 Vista 3D de los refuerzos aplicables a los pilares

VIII. Vigas

Las vigas son elementos estructurales generalmente en proyección horizontal con el fin de soportar y transmitir las cargas transversales hacia un elemento que esté apoyado [31]. Las vigas las dividiremos en viga principal, viga de refuerzos y vigas de las correas tal y como se observa en Figura 4-10, Figura 4-11 y Figura 4-12.

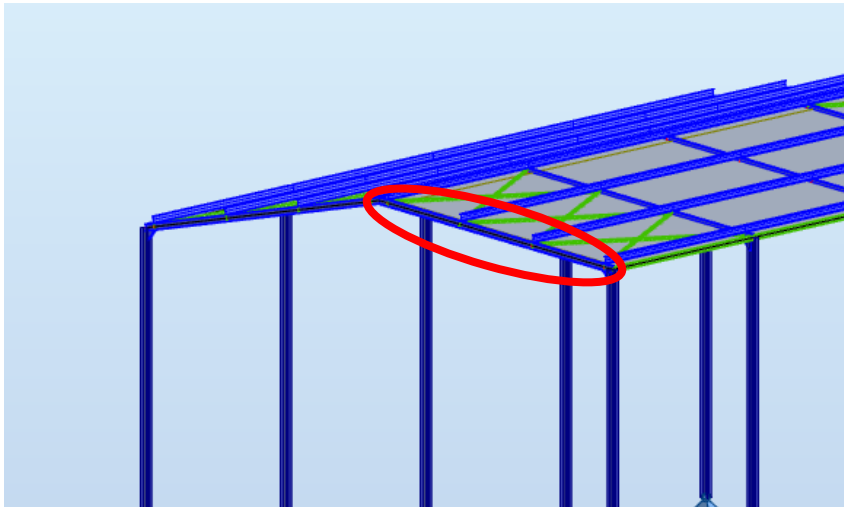


Figura 4-10 Viga principal de la estructura

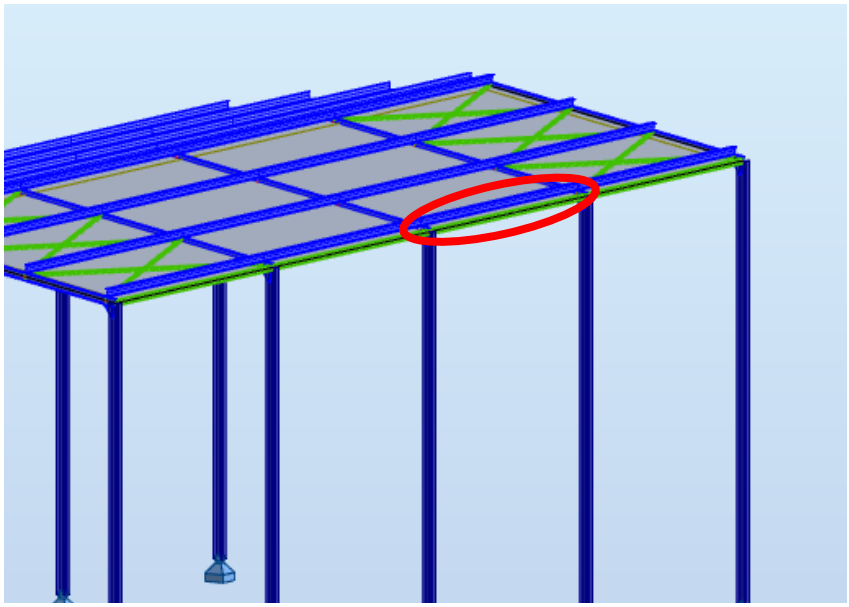


Figura 4-11 Viga de refuerzos de la estructura

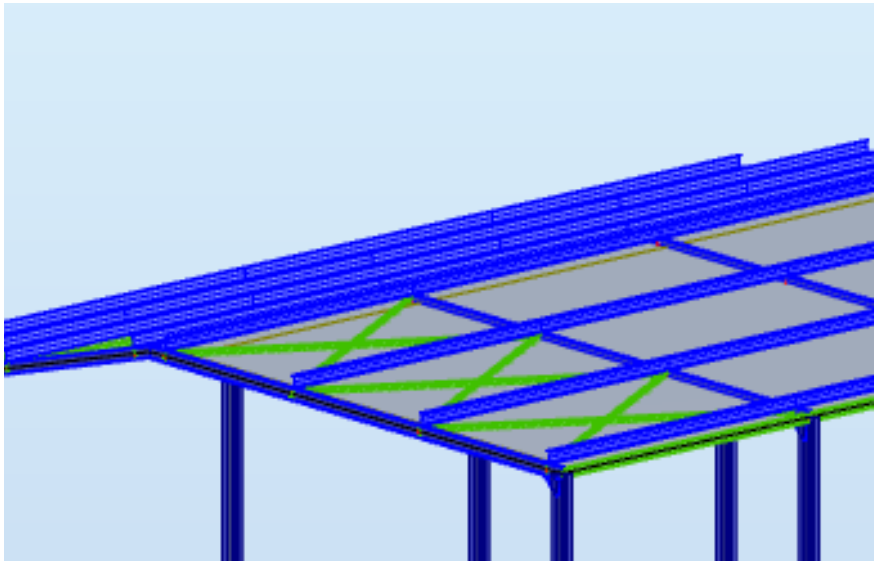


Figura 4-12 Vigas empleadas para las correas

4.2 Selección de materiales

4.2.1 Selección de materiales

Finalmente se ha decido usar como elemento estructural el acero, más concretamente el acero estructural S275JR. La razón por la que se decide usar esta clase de material es debido a todas las ventajas que aporta dicho acero, expuestas anteriormente en el apartado 2.2.3.

4.2.2 Propuesta de cubierta

Debido a la naturaleza de las pistas de pádel de la Escuela Naval y tal y se observa en 3.1.1 se necesitará cubrir ambas pistas, por lo que se ha decidido finalmente por optar de dos cubiertas exactamente iguales, juntas y con las mismas dimensiones.

Para la cubrición de esta propuesta se ha elegido policarbonato celular opaco de 15 mm con perfil grecado, con "dos" placas de 5,5x21, este da una facilidad extra a la hora de unir la chapa, al igual que evitar la entrada de aguas y goteras. Debido a las dimensiones que se pretenden obtener en este proyecto, no será posible ceñirse a una sola pieza de 5 metros y medio por 21 metros, deben ser varias placas unidas (16 placas de 2,5x2,5 y dos placas 2,5x1). El policarbonato celular al ser un material semirrígido y ligero es capaz de curvarse en frío y es fácilmente mecanizado. Estas planchas destacan frente al metacrilato y el cristal por su alta resistencia al impacto y a las condiciones climatológicas, siendo hasta 12 veces más resistente que el metacrilato y 200 veces más resistente que el cristal. Tanto el metacrilato como el policarbonato puede llegar a ser hasta un 60% más liviano que el cristal. Si cierto es que el policarbonato celular posee una transparencia elevada, para este proyecto se ha decidido usar una pieza opaca con el fin de evitar reflejos a la hora de jugar, los cuales pueden ser perjudiciales para el jugador tal y como se observa en Anexo I: Entrevista a Juan Martín Díaz. A su vez el policarbonato celular es un excelente aislante acústico y térmico y con una buena resistencia al fuego. Frente al metacrilato y el cristal, aunque no se considere una diferencia de precio considerable, las propiedades mecánicas de este material sobre pesan a las económicas para este diseño. El policarbonato celular es frecuente encontrarlo en instalaciones similares a las que se exponen en este Trabajo Fin de Grado [32].

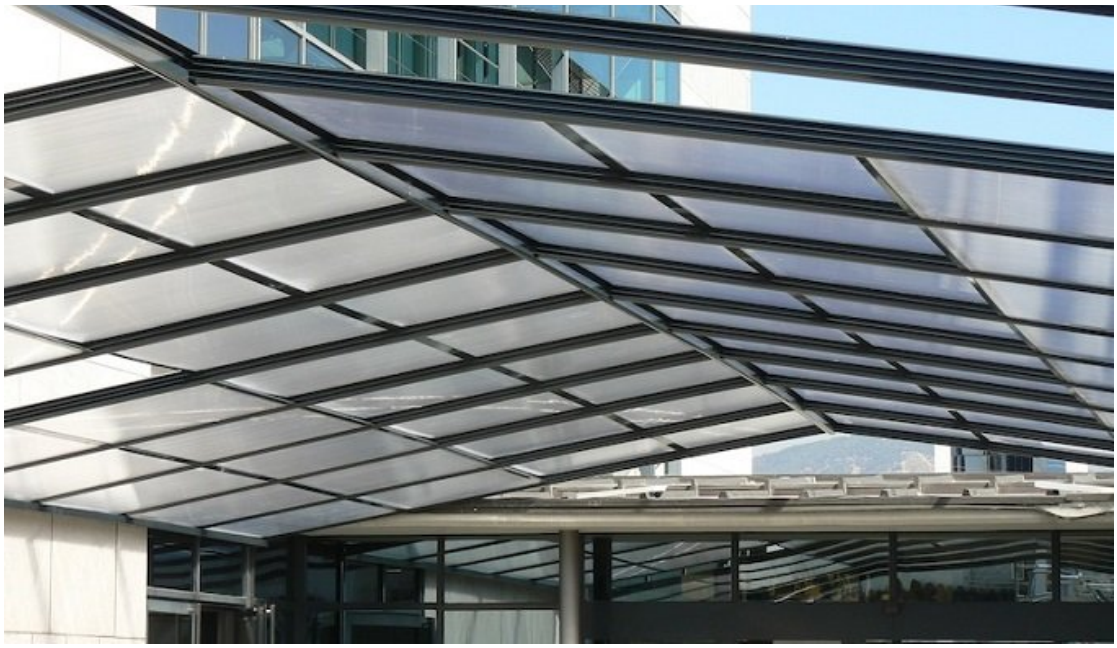


Figura 4-13 Cubrición realizada con policarbonato celular [33]

Para los elementos estructurales y tal y como se ha comentado se decide usar el acero S275JR como material principal de nuestra estructura de tipo doble HEB para los pilares como se aprecia en la Figura 4-14.

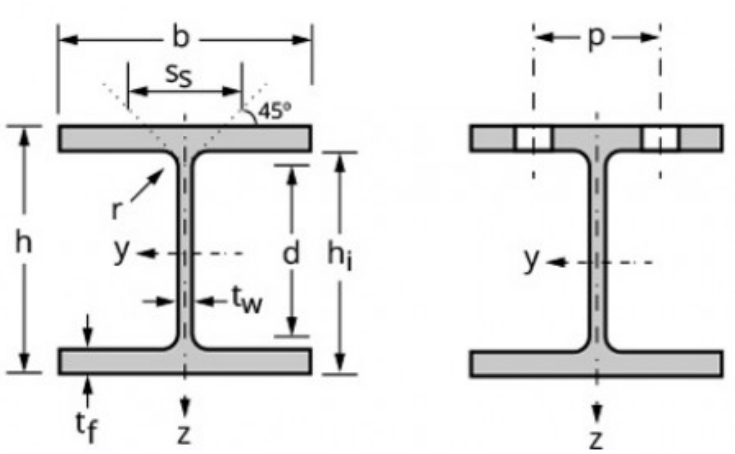


Figura 4-14 Perfil tipo HEB elegido para los pilares [34]

4.3 Fundamentos del cálculo estructural

4.3.1 Acciones permanentes: Peso propio

Se entiende como acción permanente toda fuerza o presión que se ejerza de manera constante sobre nuestra estructura. La única acción permanente que tendrá nuestra estructura será su propio peso. Siendo el material decidido en el apartado 4.2.2 el policarbonato celular el cual posee un peso de 8 kg/m2 y siendo la superficie total en proyección horizontal de nuestro proyecto de 528 m2 el peso total será de 4224 kg.

4.3.2 Acciones variables: Sobrecarga de uso

Según el Código Técnico de Edificación (CTE) [21], las acciones variables "son aquellas que pueden actuar o no sobre la estructura. Dentro de este grupo se incluyen sobrecargas de uso, acciones climáticas, acciones debidas al proceso constructivo, etc.".

Para nuestro caso en la columna de "Categoría de uso" iremos a la letra "G", en la columna de subcategorías de uso iremos a la letra "G1" y finalmente obtendremos que tiene un valor de sobre carga de usa para "Carga uniforme" de 1 kN/m2 y para "Carga concentrada" de 2 kN, tal y como se observa en Figura 4-15.

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 20º	1(4)	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Figura 4-15 Sobrecarga de uso [21]

4.3.3 Acciones variables: Acciones del viento

Las acciones que ejerce el viento son generalmente fuerzas perpendiculares a la superficie de cada punto expuesto, lo podemos expresar mediante la siguiente Ecuación 4-1. La "qb" es la presión dinámica del viento, la "Ce" es el coeficiente de exposición y lo podemos sacar del Código Técnico de Edificación en su apartado 3.3.3, y por último la "Cp" que es el coeficiente de presión. En esta estructura los vientos que nos afectarán, debido a la geometría de la cubierta, son los de presión (2,56 kN/m2) y de succión (-2,97 kN/m2).

$$Qe = qb \times Ce \times Cp$$

Ecuación 4-1 Ecuación de la acción del viento

4.3.4 Acciones variables: Acciones térmicas

Podemos entender las acciones térmicas como las que se deben a deformaciones debidas a las variaciones de temperatura. Solo tendríamos en cuenta las acciones térmicas cuando la longitud de las correas sea superior a 40 metros, puesto que la longitud de nuestra correa es de 21 metros, no se tendrá en cuenta las acciones térmicas.

4.3.5 Acciones variables: Determinación de la carga de nieve

Para ser capaz de determinar la carga que la nieve ejerce sobre nuestra estructura se puede usar la Ecuación 4-2 y para aplicarlo a nuestro diseño, usamos la Figura 4-16 y de esta manera calcular el valor que se obtendría de sobrecarga de nieve para Pontevedra (0,3kN/m2) [21].

$$qn = \mu \times Sk$$

Ecuación 4-2 Ecuación de la carga de nieve

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 4-16 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autonómicas [21]

4.3.6 Combinación de acciones y coeficientes de seguridad

La combinación de acciones se emplea para obtener los efectos más desfavorables en una estructura. Estas combinaciones se forman con todas las cargas que se encuentran presentes en dicha estructura, normalmente se centran en las cargas variables y las permanentes [21]. La combinación de todas las acciones mencionadas en esta sección se expresa en la siguiente ecuación:

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

Ecuación 4-3 Combinación de acciones [21]

Todo material en edificación se le aplica un coeficiente de seguridad. Un coeficiente de seguridad es la diferencia entre el valor máximo (teórico) de un sistema y su valor real [21]. Dependiendo de si la carga que se le añade es permanente se hablará de un coeficiente favorable o desfavorables. Desfavorable siempre se hablará de valores superiores a uno y favorables valores por debajo de uno. tal y como se observa en Figura 4-17.

Tipo de comprobación	Acción	Desfavorable	Favorable
Estado Límite Último Resistencia	Peso propio	$\gamma_G = 1{,}35$	$\gamma_G = 0{,}80$
	Empuje del terreno	$\gamma_G = 1{,}35$	$\gamma_G = 0{,}70$
	Presión del agua	$\gamma_G = 1{,}20$	$\gamma_G = 0{,}90$
	Variable	$\gamma_Q = 1{,}50$	$\gamma_Q = 0$
Estado Límite Último Estabilidad	Peso propio	$\gamma_G = 1{,}10$	$\gamma_G = 0{,}90$
	Empuje del terreno	$\gamma_G = 1{,}35$	$\gamma_G = 0{,}80$
	Presión del agua	$\gamma_G = 1{,}05$	$\gamma_G = 0{,}95$
	Variable	$\gamma_Q = 1{,}50$	$\gamma_Q = 0$
Estado Límite de Servicio	Permanente	$\gamma_G = 1{,}00$	$\gamma_G = 1{,}00$
	Variable	$\gamma_Q = 1{,}00$	$\gamma_Q = 0$

Figura 4-17 Comprobaciones de los coeficientes parciales para la combinación de acciones [21]

Se aprecia en Figura 4-18 en la primera columna los distintos tipos de comprobación que existen [21]:

- Estado Límite de Servicio: Se trata de un límite que una vez sobrepasado podría afectar al rendimiento y a un correcto funcionamiento de la construcción.
- Estado Límite Último Resistencia: Es el límite que se asocia a la rotura como fallo principal de la estructura y que sea capaz de deteriorarla suficiente como para afectar a su capacidad de resistencia.
- Estado Límite Último Estabilidad: Es el límite que se asocia a la rotura como fallo principal de la estructura y que sea capaz de deteriorarla suficiente como para afectar a su estabilidad.

4.3.7 Cimentación

Se entiende a la cimentación, desde un punto de vista técnico, como a los elementos estructurales que tiene como objetivo el transmitir al terreno las cargas que se ejercen sobre la construcción. La cimentación en España se rige por la normativa DB-SE-C Seguridad estructural: Cimientos por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

La principal diferencia que radica entre una cimentación por zapatas aisladas y una por pilotaje está en la resistencia del suelo, que es factor crucial para la decisión de cualquier tipo de cimentación. Si se trata de un suelo fangoso e inestable lo recomendable es usar cimentación por pilotes de una extensión considerable hasta conseguir llegar a un suelo estable, firme y que sea capaz de aguantar nuestra estructura. A su vez, el pilotaje es un proceso de cimentación más complejo que la zapata, al tener que incrustar unos pilares a una profundidad (dependiendo del terreno) de unos 20 o 30 metros [35].

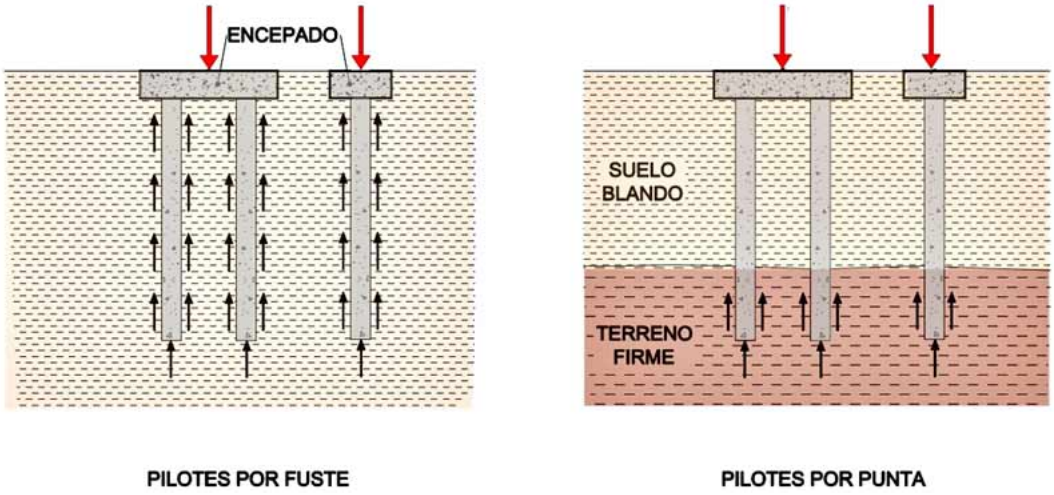


Figura 4-18 Esquema de cimentación profunda [35]

Tomando como referencia el Trabajo Fin de Grado de Luis Martínez García [36], se observa que mediante el estudio geotécnico realiza para dicho Trabajo el suelo de Marín está compuesto por rocas ígneas y por granito y con una tensión admisibles de 10 MPa, tal y como se observa en Figura 4-19.

Terreno	Tipos y condiciones	Presión admisisible [Mpa]	Observaciones
Rocas	Rocas ígneas y metamórficas sanas (1) (Granito, diorita, basalto, gneis)	10	Para los valores apuntados se supone que la cimentación se sitúa sobre roca no meteorizada
	Rocas metamórficas foliadas sanas (1), (2) (Esquistos, pizarras)	3	
	Rocas sedimentarias sanas (1), (2): Pizarras cementadas, limolitas, areniscas, calizas sin karstificar, conglomerados cementados	1 a 4	
	Rocas arcillosas sanas (2), (4)	0,5 a 1	
	Rocas diaclasadas de cualquier tipo con espaciamiento de discontinuidades superior a 0,30m, excepto rocas arcillosas	1	
	Calizas, areniscas y rocas pizarrosas con pequeño espaciamiento de los planos de estratificación(3)	-	
	Rocas muy diaclasadas o meteorizadas(3)	-	

Figura 4-19 Presiones admisibles según el tipo de terreno [14]

Para este proyecto se ha decidido optar por la cimentación de zapata aislada de hormigón de HA-25 y acero B500S. Son comúnmente usadas para cimentaciones de poca profundidad, se pueden encontrar con materiales reforzados o sin reforzar, en este caso se empleará un material no reforzado tal y como se observa en Figura 4-20 y Figura 4-21. La forma de la zapata puede tomar forma cuadrada (cuando la carga que se transmite es con una excentricidad nula) o rectangular (si se conoce la dirección de la carga de excentricidad). En cuanto al anclaje se usará unas placas metálicas, tal y como se observa en pernos.

Están ubicadas entre la propia zapata y el pilar y el objetivo principal es el de hacer un empotramiento rígido. En este caso se ha optado por zapatas cuadradas.

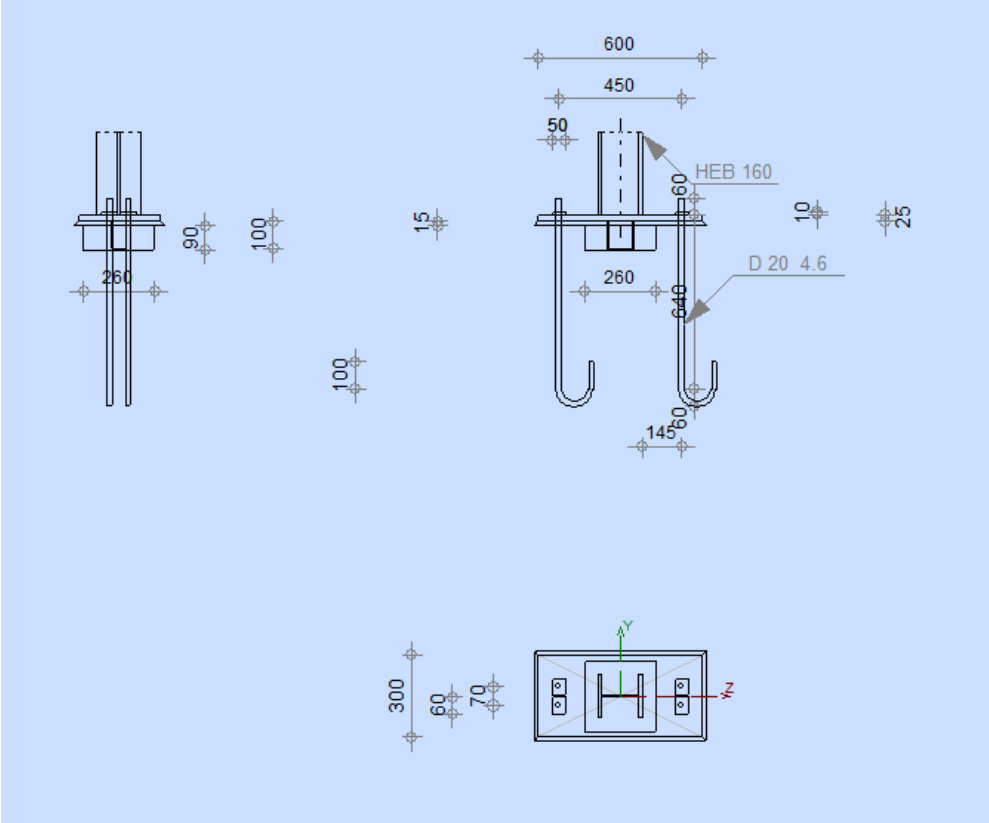


Figura 4-20 Cimentación y dimensionado de la zapata principal

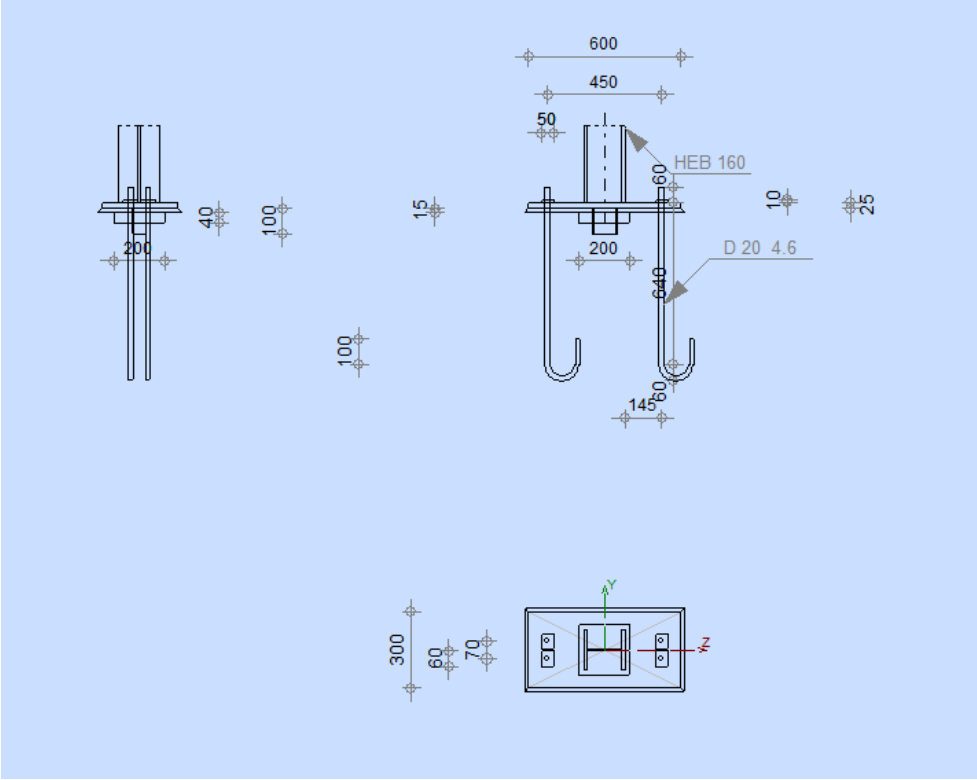


Figura 4-21 Cimentación y dimensionado de la zapata secundaria

Esta cubierta no se verá sometida a grandes esfuerzos, ni a cargas elevadas y las propiedades geotécnicas del suelo no son desfavorables por lo que la elección de una zapata aislada frente a unos pilotes es la opción que mejor se ciñe a esta propuesta. Se diferencia en este proyecto a las zapatas "principales" y a las zapatas "secundarias". Los esfuerzos a los que se verán sometidos las zapatas de los extremos no serán los mismos a los otros, por lo que las dimensiones de estos serán diferentes. A estas zapatas se les llamarán "secundarias", tal y como se observa en Figura 4-22 y en Tabla 4-2.

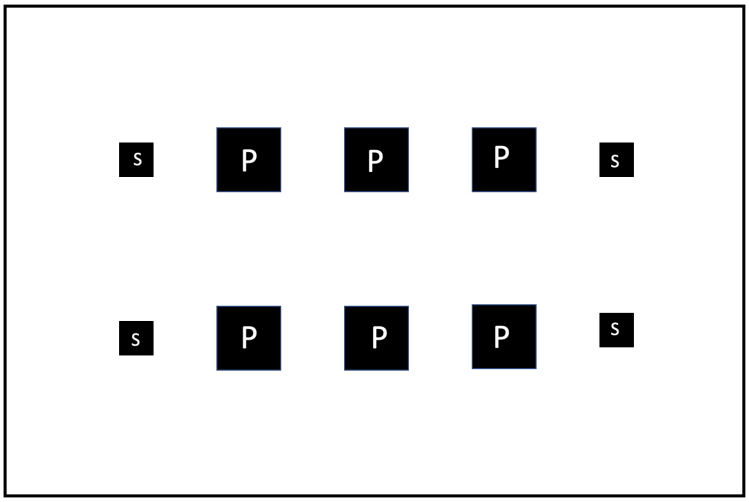


Figura 4-22 Diferencias entre zapatas principales y secundarias en nuestro proyecto

4.4 Dimensionado de los elementos estructurales principales

En este apartado se realiza una explicación de los resultados obtenidos en esta propuesta, para más información Anexo III: Desarrollo de los cálculos de la estructura. Con el fin de analizar de una manera óptimas los resultados, se seguirá un orden cronológico de los pasos realizados con el Software. En el programa de "Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021" cuando se realizan cálculos y comprobaciones de esfuerzos si sale en rojo implica que se ha encontrado una anomalía, un aviso o incluso un error. Es sobre esto último sobre lo que se trabajará para comprobar si los ensayos realizados por el software son exitosos o no.

4.4.1 Vigas y pilares

Con la ayuda de "Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021" y después de diseñar la cubierta, se procede a la comprobación estructural, técnica y funcional del diseño de la cubierta, donde no se aprecia ningún error, ni ninguna advertencia. Cabe destacar la diferencia de tamaño que existe entre los pilares (HEB160) y las vigas (IPE 140 y IPE 100). Se ha optado, por simplicidad de cálculos y de presupuesto, por emplear el perfil HEB 160 únicamente para los pilares, el resto de los elementos estructurales se emplea perfil IPE 140 y IPE 100. Hay que recalcar que durante el diseño de esta cubierta el perfil de tamaño de la viga principal tiene que ser mayor que la de las demás vigas, y así se reflejará. A continuación, en la Tabla 4-1 se citan todos los elementos estructurales presentes en esta cubierta:

Elemento estructural	Perfil	Número de elementos	Dimensiones
Pilar	HEB 160	10	8 metros
Viga principal	IPE 140	10	5,59 metros
Viga de refuerzo	IPE 100	48	5,53 metros
Viga de correas	IPE 100	28	5,25 metros

Tabla 4-1 Resultados finales de los elementos estructurales

Se introducen los valores de las cargas permanentes (peso propio) y cargas variables (sobrecarga de uso, nieve y viento), calculadas en 4.3 y se observa que de nuevo no se aprecia ninguna anomalía. Tomando como referencia, el código de colores del software.

4.4.2 Cimentación

Con respecto a la cimentación se elige hormigón de HA-25 y acero B500S, tal y como se observa en Cimentación. Ambos valores se han procesado en el software y se observa en la Figura 4-23 y que no se detecta ningún error en la elección del hormigón, ni del acero ni en las placas de anclaje.

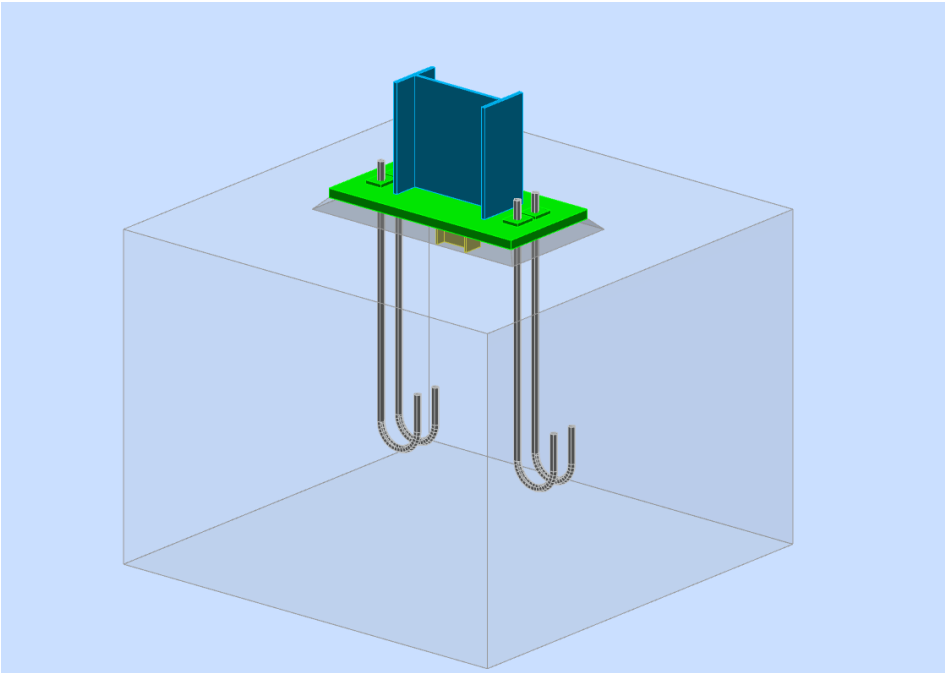


Figura 4-23 Vista en 3D de las placas de anclaje

Referencia	Dimensiones (cm)	Acero	Hormigón
Zapatas principales	260x260x90	B500S	HA-25
Zapatas secundarias	200x200x40	B500S	HA-25

Tabla 4-2 Resultados de las zapatas aisladas

Como culminación de este apartado y habiendo tenido todos los factores citados con anterioridad en cuenta, mediante el software "Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021" el resultado final de esta cubierta se aprecia en Figura 4-1.

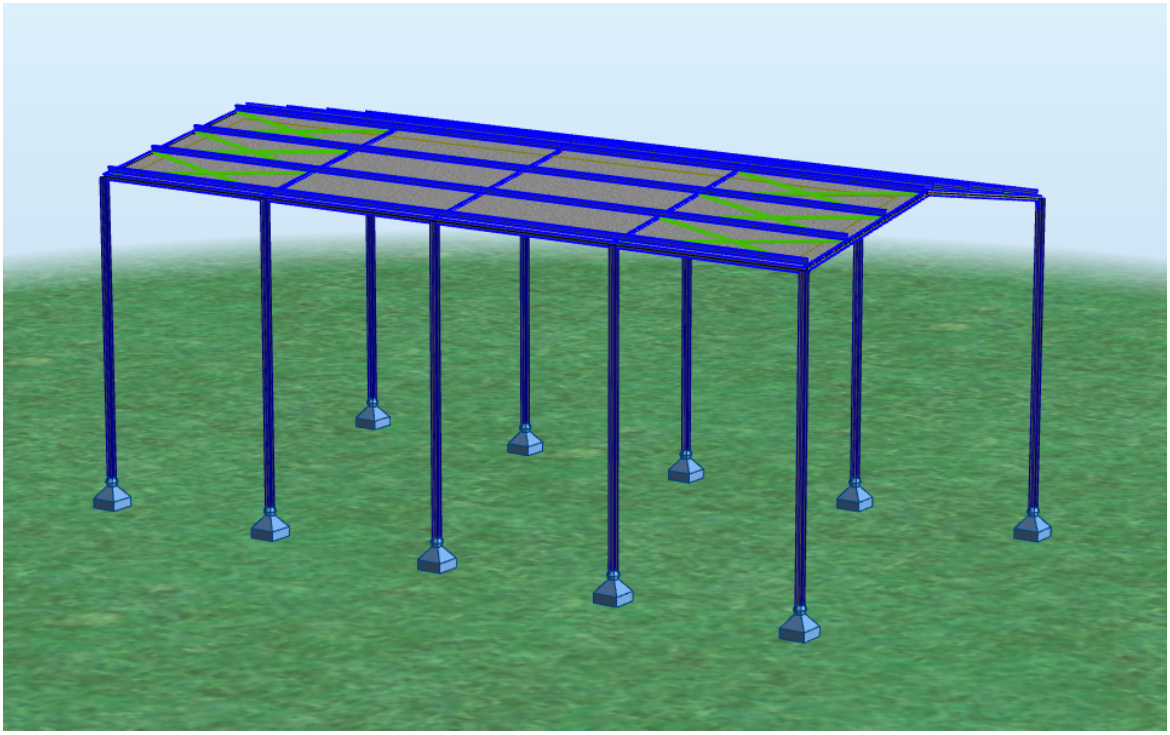


Figura 4-24 Vista 3D de la propuesta de cubierta

5 PRESUPUESTO

En este penúltimo capítulo de la memoria se afrontará una estimación del presupuesto que tendrá nuestro diseño. Se pretende afrontar este apartado de la forma más realista posible, calculando este con las tasas adecuadas para la construcción de instalaciones en suelo de Defensa.

5.1 Gestión de proyectos en la Escuela Naval

Se busca aportar un presupuesto de la manera más detallada posible y para ello lo primero que se ha hecho ha sido afrontar dicho trabajo como el que es, un proyecto en suelo de Defensa. Este proyecto no tiene las mismas variantes que si la realización fuese en suelo urbano. Para que un proyecto de esta magnitud se apruebe es necesario que pase por una cadena de mando que tiene a la cabeza al Ministerio de Defensa acabando por el Departamento de Mantenimiento de la ENM tal y como se observa en Figura 5-1.

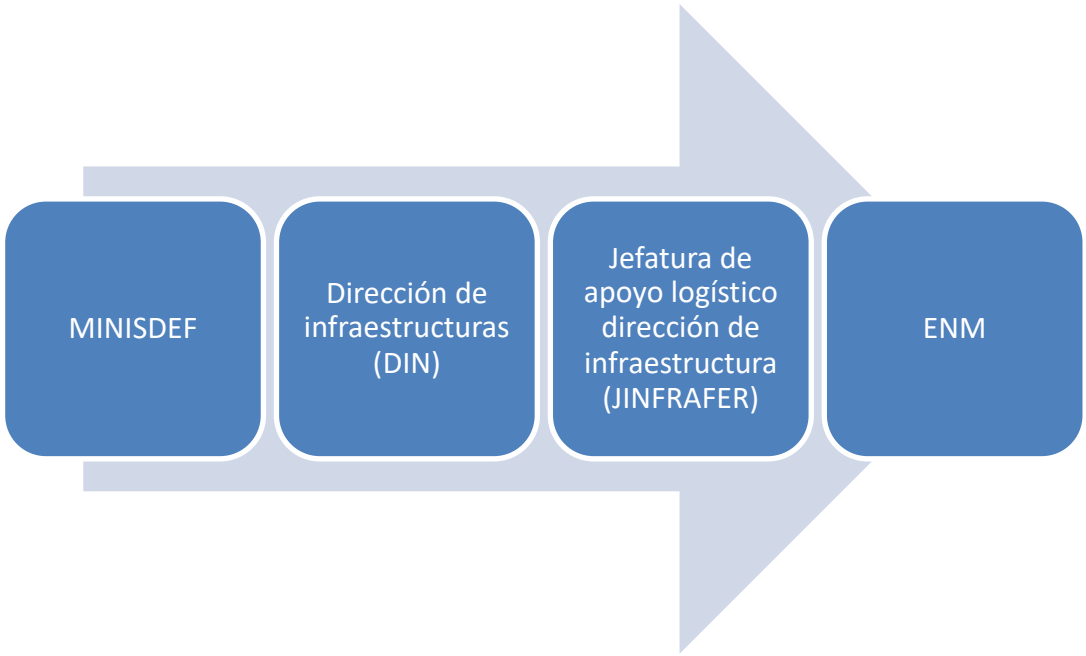


Figura 5-1 Organigrama de construcción en la ENM

La Escuela Naval Militar para este tipo de construcciones depende directamente de la Jefatura de Apoyo Logístico (JAL) y en concreto de la Dirección de Infraestructura del Arsenal de Ferrol, por lo que lo primero que se hizo antes de comenzar esta sección del proyecto fue consultar a su jefe, el

Ilustrísimo Capitán de Navío Gabriel Braña Estévez. Existen una serie de diferencias entre hacer un presupuesto en suelo de defensa y en suelo urbano, tal y como nos ha facilitado el AN Yeray Manuel Estévez Cerviño [37] perteneciente a dicho destino. A la hora de realizar una obra en la Escuela Naval Militar el primer documento que debemos consultar debe ser la Ley de Contratos del Sector Público en su Artículo 233 apartado 2 donde se especifica que al ser una obra de menor de 500,000 euros existen una serie de documentaciones y de licencias que se pueden obviar. En su artículo 235 habla sobre la supervisión de las estructuras y aunque no sea necesario realizar una supervisión, se debe de mandar a la Oficina de Supervisión de la JAL, quienes se encargarán de corroborar que no se ha producido ningún fallo. Este último paso no es obligatorio, aunque sí recomendable.

La siguiente instrucción es la permanente de la DIN 02/06 del Almirante Jefe de Apoyo Logístico sobre Licencias, Tasas e Impuestos por Obras Realizadas En Bienes Inmuebles Afectos al Ministerio de Defensa (Armada), que se trata de una instrucción donde especifica la necesidad de solicitar un permiso de construcción al Ayuntamiento de la zona (Marín), sin embargo tal y como cita el AN Estévez y el Coronel de Intendencia Martínez Palomo [37] [38] la Escuela Naval Militar al estar en el listado de bienes de interés para la defensa nacional, no tiene obligación de solicitar dicho permiso al Ayuntamiento. Una vez solicitado todos los permisos y presentado toda la documentación pertinente para la realización de la obra, se podría empezar a construir la cubierta de la pista de pádel en la Escuela Naval Militar.

5.2 -Presupuesto

A continuación, se representa el presupuesto total del proyecto, como se observa en Tabla 5-1. Para mayor detalle de este apartado, ver Anexo IV: Presupuesto donde se desglosa detalladamente todos los cálculos relaciones con el presupuesto de este Trabajo Fin de Grado.

Presupuesto pilares	29.243,089 euros
Presupuesto vigas	72.599,0996 euros
Presupuesto cimentación	1.010,2 euros
Presupuesto placas de anclaje	771,4 euros
Presupuesto para la cubierta de policarbonato	1.098,4 euros
Presupuesto de ejecución de material (PEM)	**104.722,1886 euros**
13% Gastos generales	**13.613,884 euros**
6% Beneficio industrial	**6.283,33 euros**
Presupuesto de licitación	**124.619,402 euros**
21% del IVA	**26.170,074 euros**
Presupuesto total del proyecto	**150.789,476 euros**

Tabla 5-1 Presupuesto total del proyecto

Asciende el presente presupuesto a la cantidad de: CIENTO CINCUENTA MIL SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE con CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS.

6 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

6.1 Conclusiones

Este trabajo ha propuesto la cubrición de las pistas de pádel de la ENM mediante dos cubiertas idénticas a dos aguas con acero estructural S275JR, cubierta de policarbonato celular y el uso de zapatas aisladas como material de cimentación. En cuanto a las conclusiones extraídas, resalta la capacidad para conseguir de manera óptima los objetivos principales y secundarios que se estipularon al comienzo de este proyecto. Estos logros, que se han observado durante la realización de esta investigación, son los siguientes:

- En primer lugar, se ha realizado satisfactoriamente un estudio sobre la normativa aplicable a los reglamentos relativos al pádel y al diseño estructural de las cubiertas.
- Asimismo, se ha llevado a cabo un análisis sobre el estado actual de las pistas de pádel de la Escuela Naval Militar estando éstas homologadas según el WPT.
- Por otro lado, se ha realizado una investigación para conocer la opinión de los usuarios de las pistas de pádel, quienes han considerado beneficiosa la cubrición de estas y han calificado como deficiente el estado de las instalaciones.
- Del mismo modo, se ha diseñado una cubierta que cumpla con los requisitos de facilidad en el montaje, ahorro económico, funcionalidad y estética.
- Por consiguiente, se ha alcanzado un aprendizaje para el uso y manejo del software "AutoDesk Robot Structural Analysis Professional 2021".
- Por último, se ha conseguido establecer un presupuesto realista para la financiación de este proyecto.

Para terminar y a modo de conclusión general, se ha logrado determinar una propuesta de cubierta de las pistas de pádel de la Escuela Naval Militar moderna, que cumpla los parámetros oficiales de construcción, así como las normativas a nivel nacional e internacional de las respectivas Federaciones de pádel. Todo ello ha tenido como finalidad última, permitir el uso de estas por parte de los alumnos y dotación de forma segura y sin tener que depender de factores meteorológicos adversos.

6.2 Líneas futuras

Como continuación de este Trabajo Fin de Grado, se plantean las siguientes líneas futuras ligadas a este campo de investigación.

A. Rediseño del sistema de iluminación LED para las pistas de pádel.
B. Diseño de un nuevo suelo para las pistas de pádel.

C. Sistema de organización de horarios y uso de las instalaciones deportivas de la Escuela Naval.
D. Diseño de una cubierta para las pistas de tenis de la ENM.
E. Diseño de una pista de pádel individual para la ENM (véase Figura 6-1).



Figura 6-1 Pista de pádel convencional junto a una individual [39]

F. Diseño de una sala de “Crossfit” bajo techado en la Escuela Naval.

7 BIBLIOGRAFÍA

[1] B. Hammelbert, «La educación física en una sociedad moderna,» *Deporte y Salud,* 11 Septiembre 2017.

[2] «Diccionario de la Real Academia Española,» 4 Octubre 2001. [En línea]. Available: https://dle.rae.es.

[3] J. C. Zagalaz, «¿ENTUSIASMO, DELIRIO, DEPORTE, FERVOR, PASIÓN, PÁDEL?,» *Journal of Human Sport and Exercise,* 2014.

[4] FEP, «Federación Española de Pádel,» 11 Octubre 2018. [En línea]. Available: https://www.padelfederacion.es/Home.

[5] E. N. Militar, «Facebook,» 23 Agosto 2020. [En línea]. Available: https://www.facebook.com/EscuelaNavalEsp.

[6] C. Giner, «Del cielo al infierno en apenas dos meses: la delicada situación del pádel en España,» 2020.

[7] M. d. Defensa, Reales Ordenanzas para las Fuerzas Armadas, 2009.

[8] «World Padel Tour,» 12 Diciembre 2020. [En línea]. Available: https://www.worldpadeltour.com/.

[9] M. Rodriguez-Fernandez, «Historia del pádel,» Madrid, 2011.

[10] Á. Rodriguez, «El pádel un deporte en auge,» 1 Septiembre 2013.

[11] M. Martínez, «Madera Misiones,» 2018.

[12] M. Martínez, «Ventajas e inconvenientes de la madera,» 16 Septiembre 2017. [En línea]. Available: https://www.madereramisionessrl.com/2018/06/08/ventajas-y-desventajas-del-techo-y-estructura-de-madera/.

[13] M. d. Fomento, Documento Básico de la Madera (DB-SE-M)., 2019.

[14] M. d. Fomento, Documento Básico de Cimientos (DB-SE-C)., 2019.

[15] J. González, «Ventajas: ¿Estructuras metálicas o de hormigón?,» 23 Marzo 2012. [En línea]. Available: https://edinalia.es/2019/08/01/ventajas-estructuras-metalicas-o-de-hormigon/.

[16] M. d. Fomento, Instrucción de acero estrucural, 2011.

[17] W. P. Tour, «Pistas de pádel homologadas del WPT,» 29 Febrero 2011. [En línea]. Available: https://castuera.hoy.es/actualidad/2014-05-21/pistas-padel-cuentan-cubierta-metalica-1301.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.es%2F..

[18] «Extrema Padel,» 30 Octubre 2018. [En línea]. Available: https://www.extremapadel.es/cubiertas/.

[19] APIMET, «Diseño original de cubierta autoportante para padel,» *APIMET,* 2019.

[20] «ARACARPAS,» 24 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://www.aracarpas.com/deportes/.

[21] M. d. Fomento, «DB-SE. Documento Básico del Código Técnico de la Edificación,» 22 Enero 2018. [En línea]. Available: https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte.html. .

[22] M. d. Fomento, Documento Básico del Acero (DB-SE-M), 2019.

[23] M. d. Fomento, Norma UNE-EN 10346 para recubrimiento galvanizado., 2015.

[24] M. d. Fomento, Normal UNE-EN 10169 para recubrimiento orgánicos., 2011.

[25] W. P. Tour, Reglamento de juego del Pádel de la Federación Española de Pádel, 2019.

[26] W. P. Tour, Reglamento de juego del World Padel Tour, 2020.

[27] Google, «Google Maps,» 12 Enero 2021. [En línea]. Available: https://www.google.es/maps/@40.2085,-3.713,1293077m/data=!3m1!1e3.

[28] F. L. Sabando Moreano, «Implementación de cancha de césped sintética de uso múltiple en la ciudad de Portoviejo».

[29] «Meteo Galicia,» Enero 2021. [En línea]. Available: https://www.meteogalicia.gal/observacion/meteovisor/indexChartMes.action?idEstacion=10064&dataSeleccionada=23/01/2021.

[30] P. Blaber, The Mission The Men and Me, Berkley Books, 2008.

[31] A. Maccioni, «Vigas de celosía,» 27 Enero 2021. [En línea]. Available: http://www.arquitecturaenacero.org/uso-y-aplicaciones-del-acero/soluciones-constructivas/vigas-de-celosia.

[32] M. M. R. Q. E. M. Y. E. C. PLÁSTICO DE POLICARBONATO CELULAR, 2018. [En línea]. Available: https://www.mwmaterialsworld.com/blog/plastico-policarbonato-celular/.

[33] «Hersa Estructuras,» 15 Julio 2020. [En línea]. Available: https://techosypergolas.mx/category/policarbonato/.

[34] M. d. Fomento, 18 Enero 2018. [En línea]. Available: http://www.construmatica.com/construpedia..

[35] «Pilotes de cimentación,» 13 Febrero 2021. [En línea]. Available: https://ingeniero-de-caminos.com/pilotes-de-cimentacion/.

[36] L. M. García, «Cálculo de la cimentación de una estructura de cubierta para las instalaciones deportivas exteriores de la ENM,» 2016.

[37] A. Y. M. E. Cerviño, Interviewee, *Licencias para construir en la ENM.* [Entrevista]. 5 Febrero 2021.

[38] C. J. M. Palomo, Interviewee, *Obras en la Armada.* [Entrevista]. 13 Enero 2021.

[39] D. Naranjo, «Pádel Individual y Pádel Cruzado.,» 11 Diciembre 2019. [En línea]. Available: https://www.toropadel.com/padel-individual-y-padel-cruzado/.

[40] J. M. Diaz, Interviewee, *¿Pista indoor o pista al aire libre?.* [Entrevista]. 26 Enero 2021.

[41] C. ingenieros, «Generadores de precio CYPE,» 22 Octubre 2017. [En línea]. Available: http://www.generadordeprecios.info/login.html#gsc.tab=0.

ANEXO I: ENTREVISTA A JUAN MARTÍN DÍAZ

De cara a este proyecto y como continuación de las encuestas citadas anteriormente 3.4 y con el mismo objetivo se ha hecho posible en este Trabajo Fin de Grado el entrevistar a un jugador del World Pádel Tour, Juan Martín Díaz. [40].



Figura A1-1 Entrevista realizada a Juan Martín Díaz tras un partido en 2017 [8]

Natural de Mar de Plata (Argentina), Juan Martín Díaz es un jugador profesor del World Padel Tour y ha sido el mejor jugador del mundo durante 17 años consecutivos. En sus 27 años en el deporte ha batido los récords de ser el de jugador profesional que más años consecutivos ha estado de número uno de un deporte y de ser el atleta profesional que más finales ha jugado y ganado en la historia del deporte. A continuación, se plantean una serie de preguntas con el fin de profundizar más y de tener otro punto de vista para la elección de nuestra cubierta.

Pregunta 1: Hemos visto que el pádel es el deporte hoy más jugado en España, después del fútbol, las licencias federadas han crecido exponencialmente, ¿a que se debe este auge?

El pádel es un deporte que es muy fácil de empezar a jugar y con muy poco dinero, muy pocos recursos y sin tener un buen estado físico eres capaz de empezar a practicar este deporte y divertirte. Lo importante es que los cuatro tengan más o menos el mismo nivel y con eso ya basta para que la sociedad actual empiece a jugar más al pádel. Además, si le sumamos todos los problemas que estamos teniendo debidos a la pandemia, el pádel y el tenis se han convertido y uno de los deportes más seguros por leguas, esto se ve reflejado no solo en el tour sino también en las marcas que están facturando mucho más y que el pádel empieza a ser popular internacionalmente como puede ser en Bruselas, Francia, Italia o Austria. Lo más importante a todos los niveles, incluso en el tour, es divertirse.

Pregunta 2: ¿Qué beneficios puede aportar el pádel a la sociedad? ¿Se podrían ver reflejados algún valor militar en este deporte?

Con respecto a los valores es verdad yo creo que se ven reflejados algunos, no conozco mucho el régimen militar, pero creo que el esfuerzo y el compañerismo son unos valores comunes en un militar y también lo son para este deporte.

Pregunta 3: Desde tu punto de vista, ¿Cuándo juegas al pádel prefieres jugar con una pista cubierta o sin cubrir?

Yo soy una persona que no es muy normal y cuando quiero jugar al pádel ya sea por ocio o para entrenar de día, de noche, en invierno, cuando nieva (como hace poco en Madrid) o cuando llueve quiero que sea siempre con las mismas condiciones de visibilidad y de estado de las pistas. Te podrá extrañar esta respuesta porque ¿a quien no le gusta hacer deporte al sol? Pues te vas a encontrar que los jugadores del tour en ocasiones somos peculiares en las formas. Cuando vine a Madrid hace 23 años no había ni una sola pista cubierta y nos dificultaba incluso jugar torneos.

Pregunta 5: ¿En una cubierta, afecta de alguna manera la estética a la hora de jugar? ¿Cuál sería para ti una cubierta perfecta?

Para mí como te acabo de contar soy muy quisquilloso y en general siempre quiero jugar con la misma pista, en el mismo campo, con la misma cubierta. Y aunque no todos los clubes lo tienen, pero yo solo juego en las cubiertas grandes, es decir no me gusta jugar con las medidas oficiales, si puedo juego con cubiertas de 15 metros, pero eso yo que personalmente para mi juego es mejor y más cómodo. Realmente la estética mientras no sea menor de 8 metros que creo que son las medidas oficiales no te afecta al juego, pero si dudas que pueda afectar igual te acaba afectando por eso lo torneos de WPT ahora son en polideportivos y no es cubiertas, porque siempre van a tener las mismas medidas e iluminación. Además, como ya sabes estoy involucrado en los proyectos de Mad4Pádel del club de Pozuelo y de las 4 cubiertas nuevas que vamos a construir todas son de 15 metros de altura y a dos vertientes, porque al fin y al cabo es lo que nos pide el cliente, no solo los jugadores opinamos así. Por eso yo creo que la cubierta perfecta, aunque mientras cumplan su función todas lo son, pero la perfecta ideal sería una cubierta alta de unos 15 metros y que entre por los ojos.

Pregunta 7: Para finalizar, ¿Qué ventajas crees que aporta jugar en una pista que se encuentre cubierta?

Bueno muchísimas lo primero la optimización del negocio del pádel. Si tienes una pista cubierta la puedes utilizar los 365 días del año, haga frío, calor, nieva, poca luz cuando quieras y con seguridad. Una pista outdoor se va a ver afectada siempre por las condiciones climatológicas y va a haber muchos días donde un club no va a poder facturar o entrenar lo cual es un error inconcebible que pase eso, por esta misma razón no ves a pistas de pádel nuevas sin algún tipo de cubierta.

ANEXO II: OPINIONES DE LOS USUARIOS

A continuación, y como culminación del apartado 3.4 se expone todas las preguntas realizadas por los alumnos de la ENM, el personal del Centro Universitario de la Defensa y por los oficiales de la Escuela.

1. ¿A qué grupo pertenece?

Esta encuesta ha sido realizada por 143 personas, entre los que se encuentran: 102 alumnos de la ENM, 20 personas del Centro Universitario de la Defensa y 21 oficiales de la Escuela Naval Militar. La encuesta se podría etiquetar como exitosa debido a la cantidad de encuestados. De 301 alumnos de la ENM (sin contar con los Guardiamarinas de primero que se encontraban navegando durante la realización de estas encuestas) un 33,88% han realizado la encuesta. De las 48 personas que componen el CUD un 33,3% han realizado la encuesta y por último de 60 oficiales un 33,3% de ellos han dedicado tiempo a responder estas preguntas.

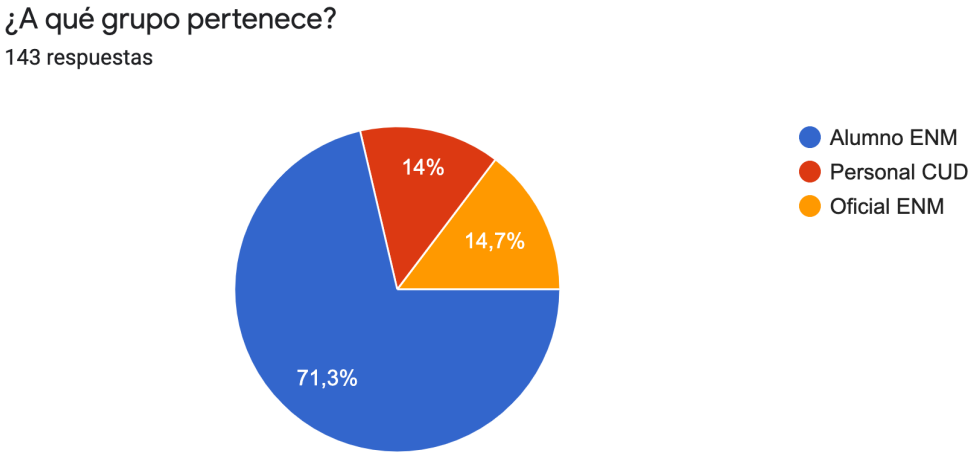


Figura A2-1 Pregunta 1 de las encuestas

2. ¿Con qué frecuencia usa las pistas de pádel?

En este apartado se plantean únicamente tres respuestas: a menudo, alguna vez o nunca. Se busca con esta pregunta encontrar aquellos usuarios que emplean con frecuencia las instalaciones de pádel, ya que se considera su opinión crucial a la hora de tenerla en cuenta para el diseño y para el dimensionado de esta cubierta. Es sobre estos 35 usuarios en donde se prestará mayor atención para las siguientes preguntas.

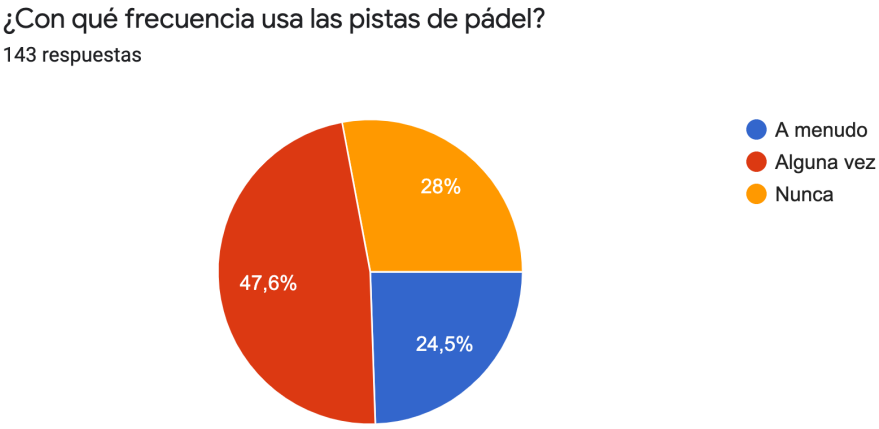


Figura A2-2 Pregunta 2 de las encuestas

3. ¿Mantiene su frecuencia de uso en invierno?

Esta pregunta busca conocer si el invierno, con sus impedimentos climatológicos, limitan de alguna manera la frecuencia del practicaje del pádel a los usuarios de la ENM. Un 72,4% de los entrevistados han contestado "No", lo cual era una respuesta esperada. A mayores los 35 usuarios que en la pregunta 2 contestaron "A menudo" (ese porcentaje que queremos analizar detenidamente) el 100% de ellos han contestado que no mantienen su frecuencia de uso en invierno.



Figura A2-3 Pregunta 3 de las encuestas

4. Si no la mantiene ¿a que se debe?

En esta pregunta, aunque las respuestas podrían llegar a ser predecibles, se buscaba (mediante una respuesta corta) que el entrevistado escribiera libremente su opinión al respecto, con el fin de identificar todas las variables posibles. Las respuestas más frecuentes han sido las relacionadas con el suelo, el estado de las pistas y la lluvia (habiendo escrito la lluvia un 79,3% de los usuarios que han respondido a esta pregunta).

5. ¿Cómo calificaría el estado actual de las pistas de pádel?

De las 137 respuestas obtenidas en esta pregunta un 73% han contestado "Normal", un 24,1% han contestado "Deficiente" y un 2,9% han contestado "Perfecto estado". De los 35 usuarios que contestaron "A menudo" 34 de ellos han contestado "Deficiente" es decir un 97,14% de los usuarios conocedores de las pistas de pádel de la ENM han calificado a estas como "Deficiente".

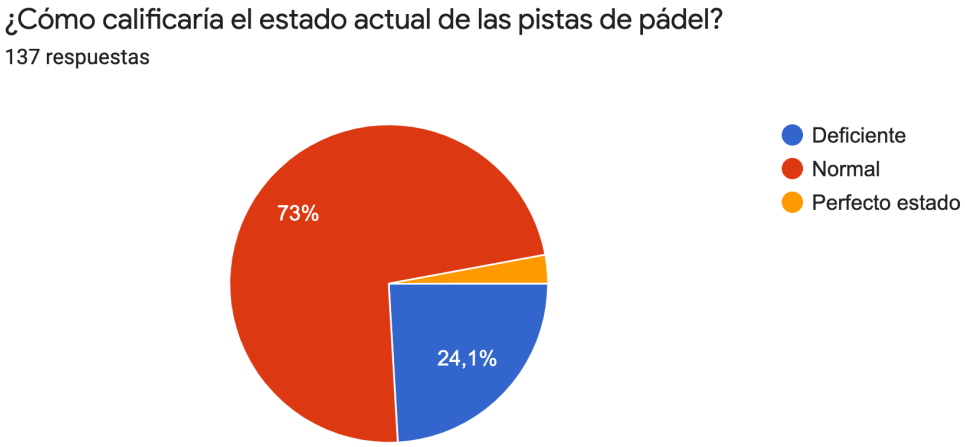


Figura A2-4 Pregunta 5 de las encuestas

6. Si ha contestado deficiente, ¿a que es debido?

En esta pregunta, se busca de nuevo que el usuario pueda contestar libremente mediante una respuesta corta, su opinión al respecto del estado deficiente de las pistas. Esta pregunta se centra en ese 24,1% que han contestado "Deficiente". Las respuestas han sido muy diversas y variadas las más relevantes han sido: "A la falta de mantenimiento", "A la lluvia" o "A el suelo".

7. ¿Vería necesario la implementación de una cubierta para mejorar las instalaciones?

De las 144 respuestas un 95,8% han contestado que "Sí" frente a un 4,2% que han contestado que "No". Esta rotunda diferencia demuestra que los usuarios de la ENM que juegan al pádel en estas pistas por diversas razones, todas expuestas en este apartado, ven necesario la implementación de una cubierta para las pistas.

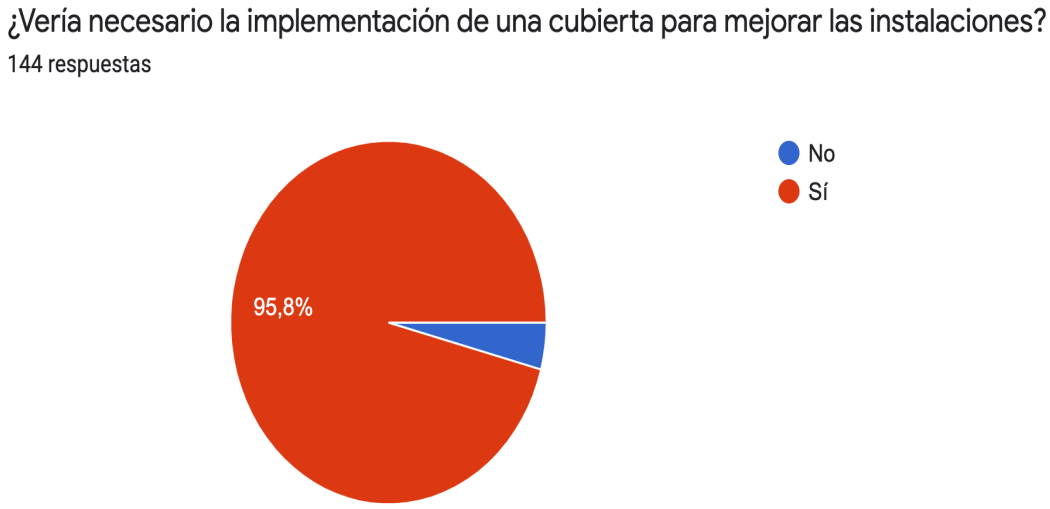


Figura A2-5 Pregunta 7 de las encuestas

ANEXO III: DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS DE LA ESTRUCTURA

En este apartado del anexo se profundiza el desarrollo de los cálculos de la estructura de nuevo con la ayuda de "Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021". Se estudia todos los esfuerzos a los que se verá sometida la cubierta y se demuestra que no existe ningún riesgo, peligro o anomalía en el diseño y dimensionado de este proyecto.

A continuación, se citan todas las cargas permanentes en nuestra cubierta.

Cargas

Caso	Etiqueta	Nombre del caso	Naturaleza	tipo de análisis
1	Peso propio	Peso propio	permanente	Estático lineal
2	Cargas permanentes	Cargas permanentes	permanente	Estático lineal
3	Carga de explotación	Carga de explotación	explotación	Estático lineal
4		ELU		Estático lineal
5		ELU+		Estático lineal
6		ELU-		Estático lineal
7		ELS		Estático lineal
8		ELS+		Estático lineal
9		ELS-		Estático lineal
11	VIENTO1	Viento a presión	viento	Estático lineal
12	VIENTO2	Viento a succión	viento	Estático lineal
13	Nieve	Nieve	nieve	Estático lineal

Figura A3-1 Listado de todas las cargas presentes en la estructura

1) Cargas permanentes (peso propio):

A continuación, se muestra mediante un código de colores la carga permanente (peso propio) que se ejerce sobre nuestra cubierta.

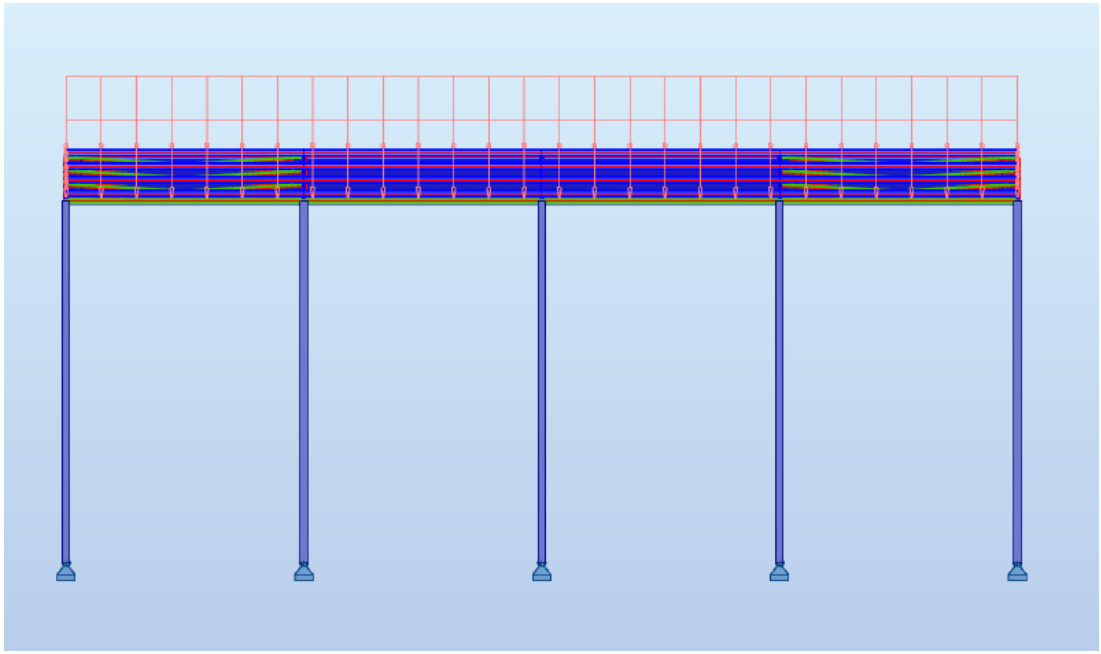


Figura A3-2 Carga permanente del peso propio sobre la estructura (vista perfil)

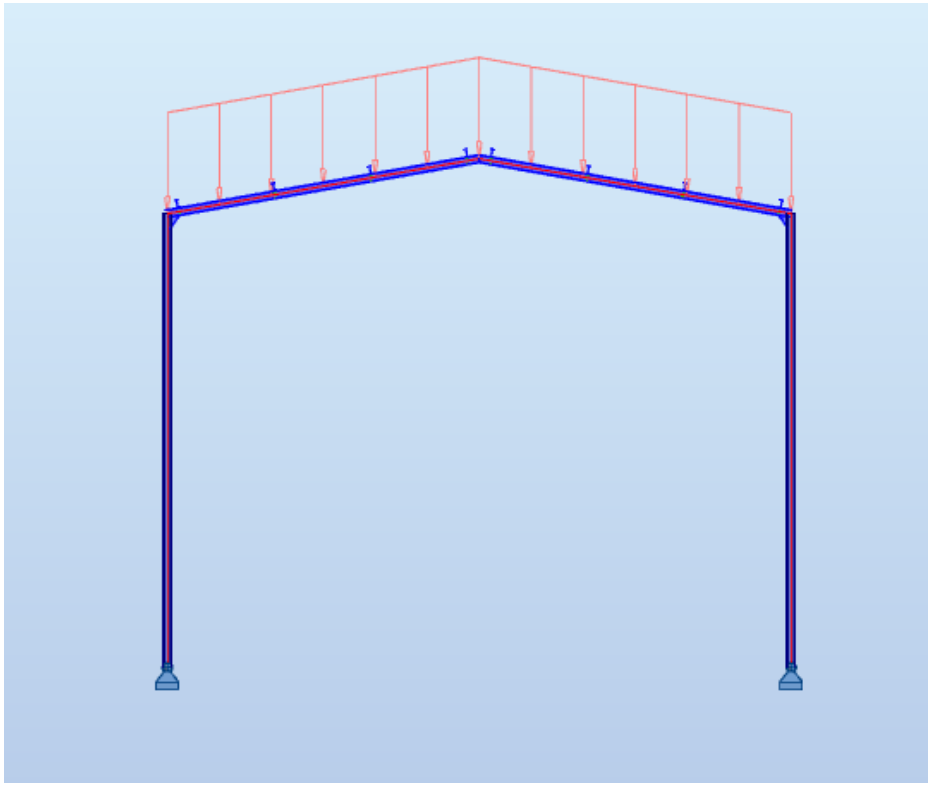


Figura A3-3 Carga permanente del peso propio sobre la estructura

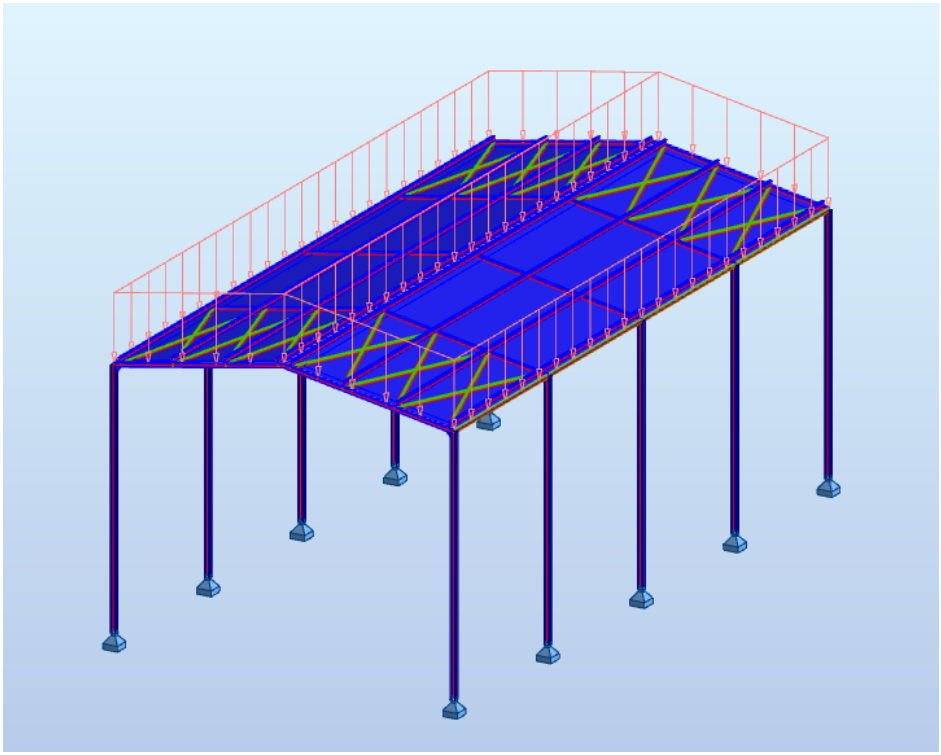


Figura A3-4 Carga permanente del peso propio sobre la estructura (vista 3D)

Cargas - Caso: 2 (Cargas permanentes)

	Caso	Tipo de carga	Lista					
	1:Peso propio	peso propio	1A114	Estructura ent	-Z	Coef=1,00	Normal	MEMO:
	2:Cargas per	surfácico sobre objeto	113	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-8,00	global	MEMO:
	3:Carga de ex	surfácico sobre objeto	113	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-4,00	global	MEMO:
	2:Cargas per	surfácico sobre objeto	114	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-8,00	global	MEMO:
	3:Carga de ex	surfácico sobre objeto	114	PX=0,0	PY=0,0	PZ=-4,00	global	MEMO:
*								

Figura A3-5 Listado de cargas permanentes

2) Cargas variables:

Cargas del viento:

Una vez comprobado los resultados de las cargas permanente se realizan la verificación de las cargas variables, en particular la carga del viento. Como se comenta en el apartado 3.3 la media de intensidad de viento en Marín es de 8 nudos (aproximadamente 5 m/sg). Mediante este programa somos capaces de orientar la dirección del viento y añadir a mayores la intensidad de este. Se analiza los vientos del norte, del sur, del este y del oeste, en donde de nuevo no se aprecia ningún error ni fallo de la estructura tal y como se observa en Figura A3-6 Simulación del viento como carga variable

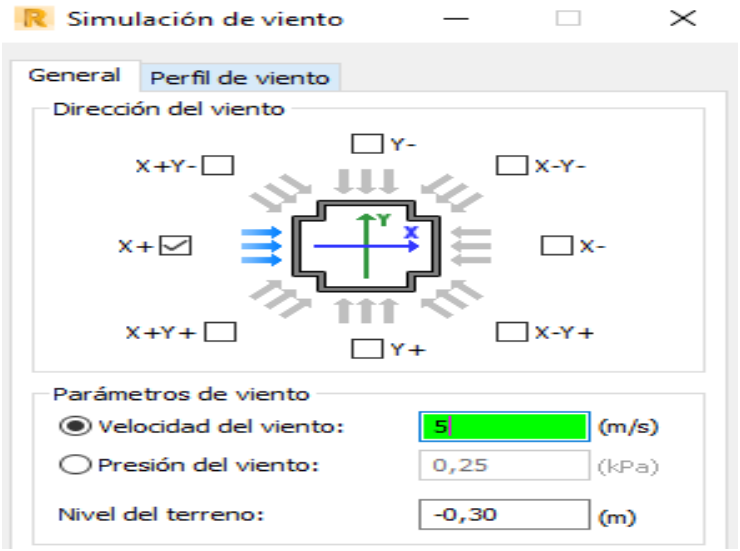


Figura A3-6 Simulación del viento como carga variable

Para las cargas de viento el programa nos permite calcular la dirección de la que viene y a mayores la intensidad con la que viene tal y como se observa en Figura A3-7, Figura A3-8, Figura A3-9 y Figura A3-10 el único inconveniente es que las unidades están en m/s y no es nudos. Del apartado 3.3 se sabe que la media de intensidad de viento en Marín en los últimos 3 años es de 8 nudos que son aproximadamente 5 m/sg. y será sobre ese valor sobre el que se trabajará en este anexo. Se han probado varias intensidades de vientos para localizar el fallo de la estructura, y con un viento de aproximadamente 75 nudos (47 m/sg) podría llegar a ceder nuestra estructura. Este valor se considera una cifra difícilmente alcanzable en Marín por lo que se podría decir que se prevé ningún fallo estructural causado por el viento en este proyecto.

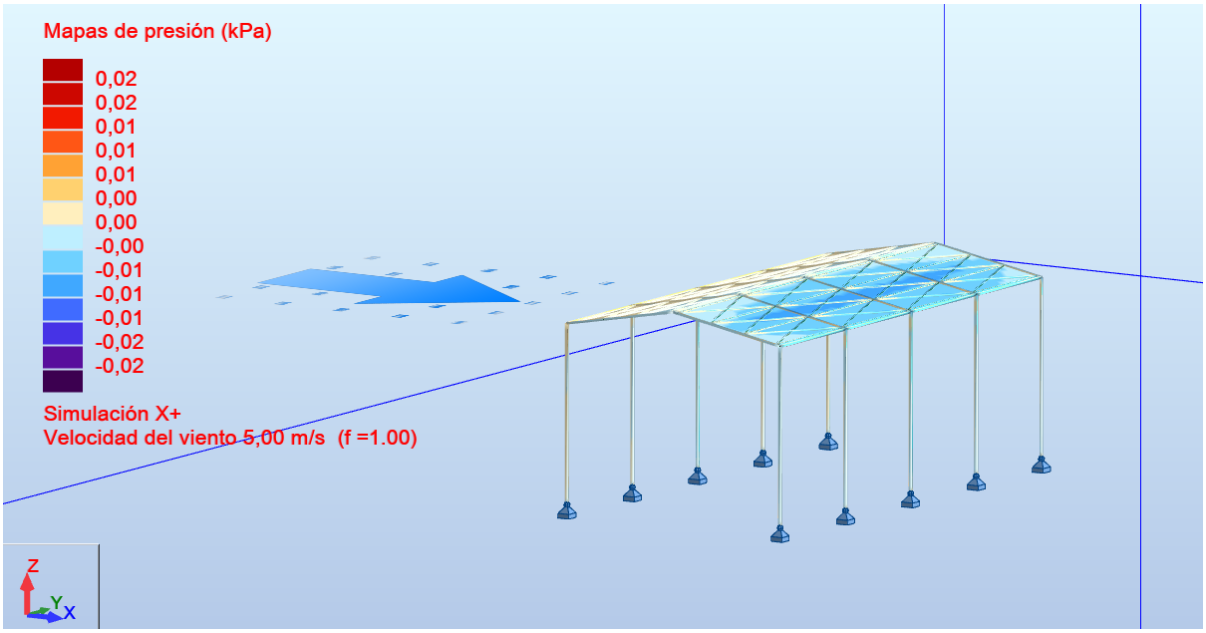


Figura A3-7 Carga variable con viento del W

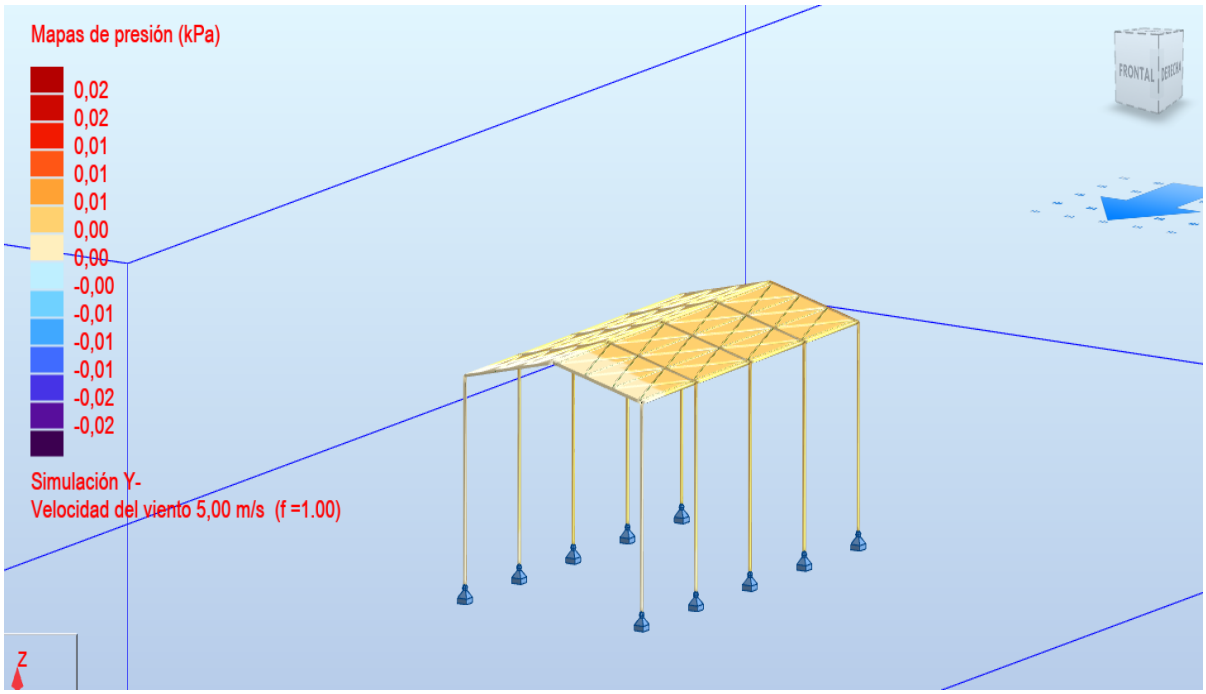


Figura A3-8 Carga variable con viento del N

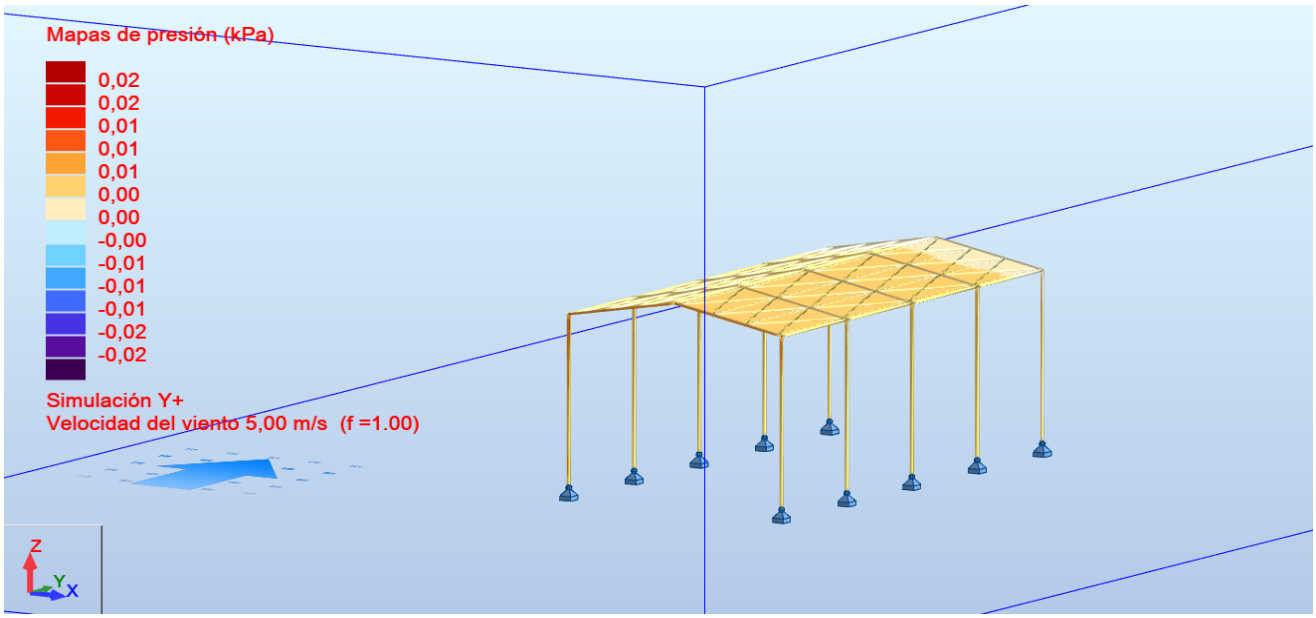


Figura A3-9 Carga variable con viento del S

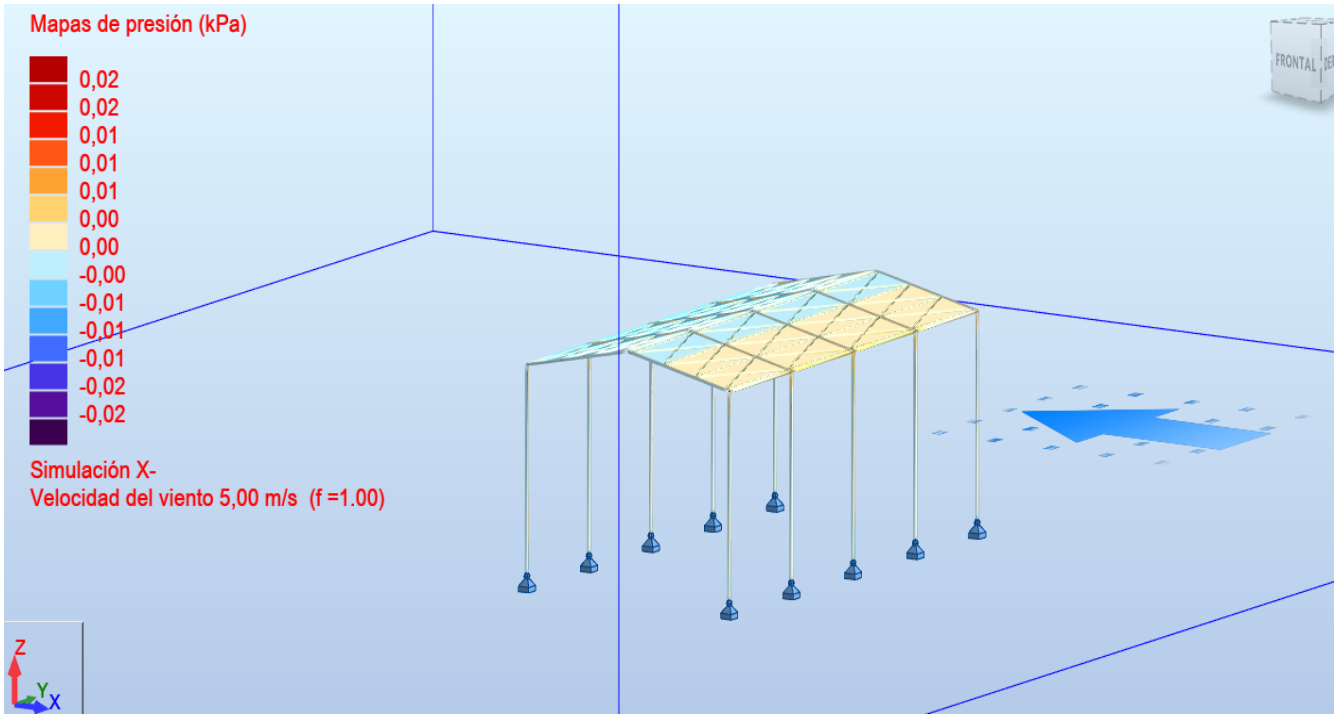


Figura A3-10 Carga variable con viento del E

Sobrecarga de uso:

A continuación, en este apartado del anexo, y como continuación del apartado de la memoria 4.3.2 se exponen los valores y se visualiza los efectos que tienen la sobre carga de uso sobre nuestro diseño.

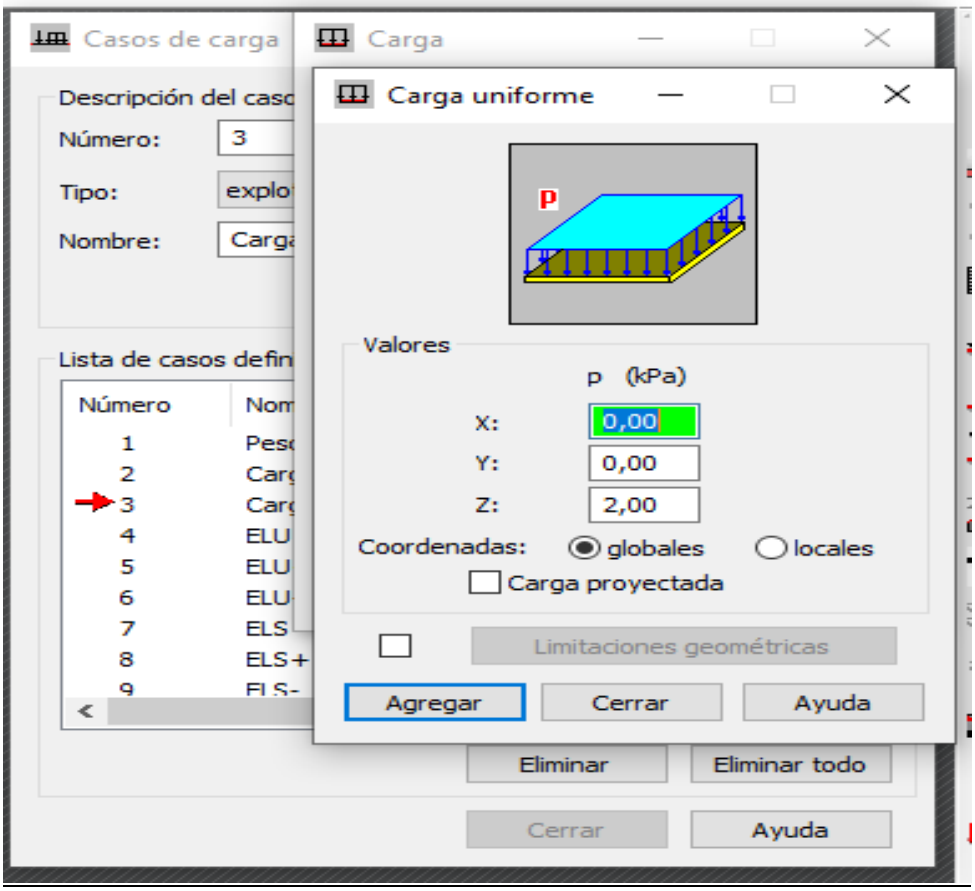


Figura A3-11 Valores de la sobre carga de uso

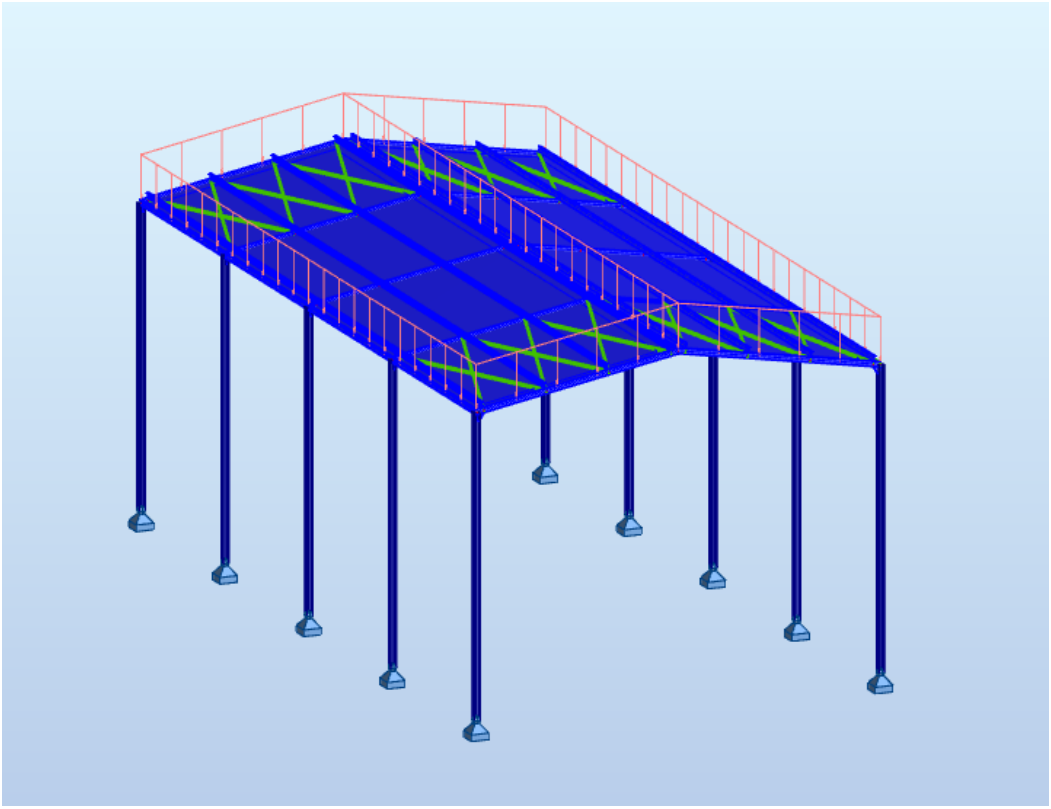


Figura A3-12 Sobrecarga de uso en la cubierta

Carga de la nieve:

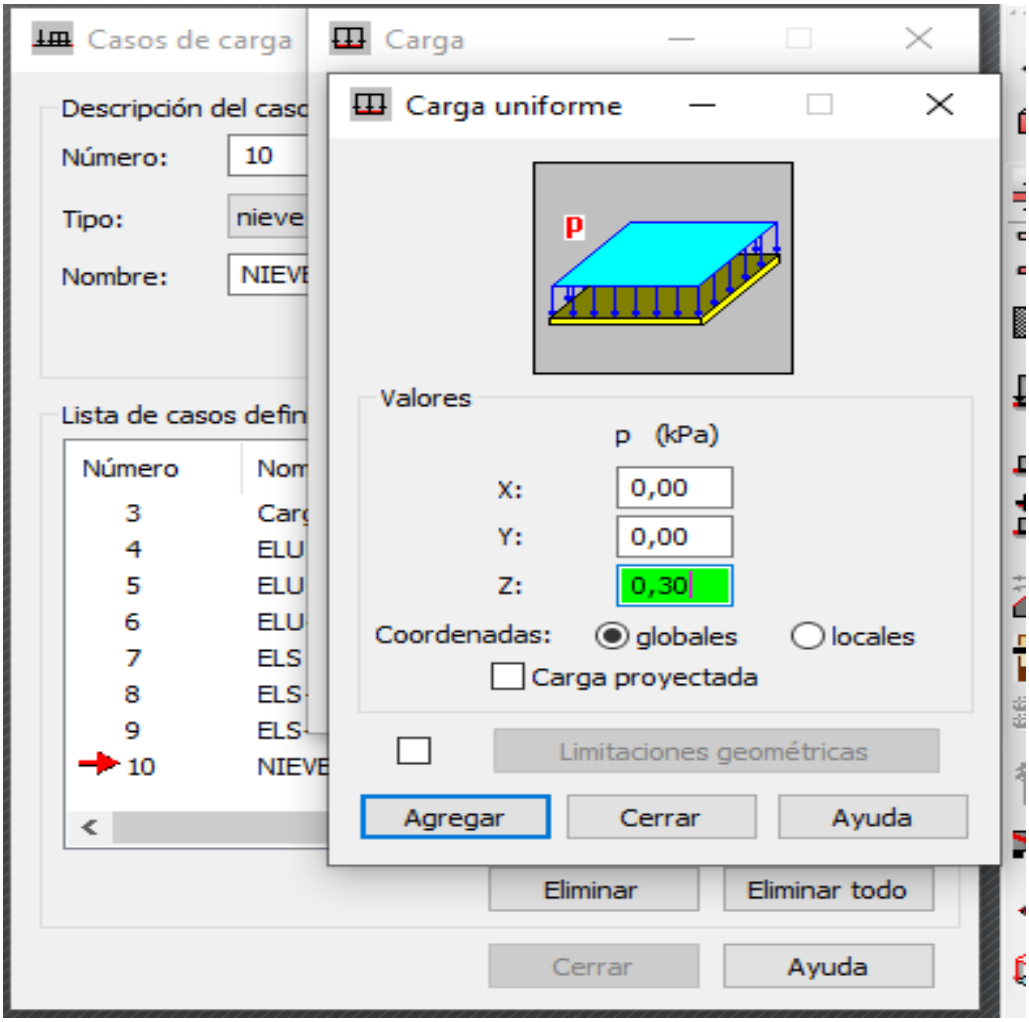


Figura A3-13 Valor de las cargas de nieve

3) Esfuerzos:

A continuación, se visualizan los valores de los esfuerzos que se generan sobre las barras y nudos de nuestra cubierta.

Barra/Nudo/Caso	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
11/ 12/ ELS-	75,38	-1,54	208,98	-0,07	-433,65	0,01
11/ 12/ 10	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
11/ 12/ 11	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
11/ 12/ 12	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
11/ 15/ 1	7,72	-0,10	-0,96	-0,00	12,08	0,01
11/ 15/ 2	150,26	-1,71	-24,59	-0,01	202,20	0,14
11/ 15/ 3	75,13	-0,85	-12,30	-0,01	101,10	0,07
11/ 15/ ELU+	325,97	-1,44	-20,44	-0,01	440,93	0,31
11/ 15/ ELU-	126,39	-3,72	-52,93	-0,02	171,42	0,12
11/ 15/ ELS+	233,11	-1,81	-25,55	-0,01	315,38	0,22
11/ 15/ ELS-	157,98	-2,66	-37,84	-0,02	214,28	0,15
11/ 15/ 10	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
11/ 15/ 11	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
11/ 15/ 12	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
12/ 14/ 1	4,08	0,07	11,00	-0,00	-16,38	0,00
12/ 14/ 2	74,11	1,18	201,13	-0,05	-295,48	0,01
12/ 14/ 3	37,05	0,59	100,56	-0,02	-147,74	0,00
12/ 14/ ELU+	161,14	2,58	437,22	-0,04	-249,49	0,02
12/ 14/ ELU-	62,55	1,00	169,70	-0,10	-642,63	0,01
12/ 14/ ELS+	115,24	1,84	312,69	-0,05	-311,87	0,01
12/ 14/ ELS-	78,19	1,25	212,13	-0,07	-459,61	0,01
12/ 14/ 10	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
12/ 14/ 11	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
12/ 14/ 12	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
12/ 15/ 1	7,75	0,10	-0,79	-0,00	12,08	-0,01
12/ 15/ 2	150,80	1,83	-21,61	-0,06	202,20	-0,13
12/ 15/ 3	75,40	0,91	-10,80	-0,03	101,10	-0,06
12/ 15/ ELU+	327,15	3,97	-17,92	-0,05	440,93	-0,11
12/ 15/ ELU-	126,85	1,54	-46,44	-0,13	171,42	-0,28
12/ 15/ ELS+	233,96	2,84	-22,40	-0,06	315,38	-0,14
12/ 15/ ELS-	158,56	1,93	-33,20	-0,09	214,28	-0,20
12/ 15/ 10	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
12/ 15/ 11	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay
12/ 15/ 12	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay	No hay

Figura A3-14 Tabla de esfuerzos generados sobre nudos y barras

	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
MAX	479,00	71,27	444,56	1,08	670,77	2,86
Barra	14	3	16	20	14	15
Nudo	18	2	19	24	19	20
Caso	ELU/1	ELU/1	ELU/1	ELU/1	ELU/1	ELU/1
MIN	-333,37	-70,18	-75,85	-1,13	-670,47	-2,82
Barra	4	4	5	4	16	16
Nudo	5	4	6	4	19	20
Caso	ELU/1	ELU/1	ELU/1	ELU/1	ELU/1	ELU/1

Figura A3-15 Esfuerzos de los extremos globales

4) Cimentación:

ANCLAJE

El plano de corte atraviesa la parte NO FILETEADA de un tornillo.

Clase =	4.6		Clase de anclajes
f_{yb} =	240,00	[MPa]	Límite de plasticidad del material del tornillo
f_{ub} =	400,00	[MPa]	Resistencia del material del tornillo a la tracción
d =	20	[mm]	Diámetro del tornillo
A_s =	2,45	[cm^2]	Area de la sección eficaz del tornillo
A_v =	3,14	[cm^2]	Area de la sección del tornillo
n =	2		Número de líneas de tornillos
e_V =	41	[mm]	Separación vertical

Dimensiones de los anclajes

L_1 =	60	[mm]
L_2 =	640	[mm]
L_3 =	120	[mm]
L_4 =	100	[mm]

Plaqueta

l_{wd} =	20	[mm]	Longitud
b_{wd} =	30	[mm]	Anchura
t_{wd} =	10	[mm]	Espesor

CHAVETA

Perfil: IPE 100

l_w =	100	[mm]	Longitud

Material: S 235

f_{yw} =	235,00	[MPa]	Resistencia

COEFICIENTES DE MATERIAL

γ_{M0} =	1,00	Coeficiente de seguridad parcial
γ_{M2} =	1,25	Coeficiente de seguridad parcial
γ_C =	1,50	Coeficiente de seguridad parcial

Figura A3-16 Valores de anclaje y coeficientes del material

CARGAS

Caso: Cálculos manuales.

$N_{j,Ed}$ =	-10,00	[kN]	Esfuerzo axil
$V_{j,Ed,y}$ =	10,00	[kN]	Esfuerzo cortante
$V_{j,Ed,z}$ =	10,00	[kN]	Esfuerzo cortante

RESULTADOS

ZONA COMPRIMIDA

COMPRESIÓN DE HORMIGÓN

f_{cd} =	10,00	[MPa]	Resistencia de cálculo a la compresión
f_j =	15,81	[MPa]	Resistencia de cálculo al apoyo debajo de la pletina de base
$c = t_p \sqrt{(f_{yp}/(3*f_j*\gamma_{M0}))}$			
c =	56	[mm]	Anchura adicional de la zona de apoyo
b_{eff} =	119	[mm]	Anchura eficaz de la zona de apoyo debajo de la tabla
l_{eff} =	160	[mm]	Longitud eficaz de la zona de apoyo debajo del ala
A_{c0} =	189,90	[cm^2]	Superficie de contacto entre la pletina de base y la cimentación
A_{c1} =	1709,14	[cm^2]	Área de cálculo máxima de la distribución de la carga
$F_{rdu} = A_{c0}*f_{cd}*\sqrt{(A_{c1}/A_{c0})} \le 3*A_{c0}*f_{cd}$			
F_{rdu} =	569,71	[kN]	Resistencia del hormigón al apoyo
β_j =	0,67		Coeficiente de reducción para la compresión
$f_{jd} = \beta_j*F_{rdu}/(b_{eff}*l_{eff})$			
f_{jd} =	20,00	[MPa]	Resistencia de cálculo al apoyo
$A_{c,n}$ =	407,62	[cm^2]	Área de apoyo en compresión
$F_{c,Rd,i} = A_{C,i}*f_{jd}$			
$F_{c,Rd,n}$ =	815,23	[kN]	Resistencia del hormigón al apoyo en compresión

RESISTENCIA DEL PIÉ DEL PILAR EN LA ZONA COMPRIMIDA

$N_{j,Rd} = F_{c,Rd,n}$			
$N_{j,Rd}$ =	815,23	[kN]	Resistencia del pié del pilar a la compresión axial

Figura A3-17 Valores de las cargas y de los resultados obtenidos en la cimentación

CIMENTACIÓN

L =	600	[mm]	Longitud de la cimentación
B =	600	[mm]	Anchura de la cimentación
H =	900	[mm]	Altura de la cimentación

Hormigón

Clase H-150

f_{ck} =	15,00	[MPa]	Resistencia característica a la compresión

Capa de arena

t_g =	30	[mm]	Espespor da la capa de arena
$f_{ck,g}$ =	12,00	[MPa]	Resistencia característica a la compresión
$C_{f,d}$ =	0,30		Coef. de rozamiento entre la pletina de base y el hormigón

SOLDADURAS

a_p =	2	[mm]	Pletina principal del pié del pilar
a_w =	4	[mm]	Chaveta

Figura A3-18 Hormigón y soldaduras

COMPONENTE MÁS DÉBIL:

TORNILLA DE ANCLAJE CONTRA EL CIZALLAMIENTO - CON EFECTO DE PALANCA

NOTAS

Distancia demasiado pequeña entre el tornillo de anclaje y el fuste del pilar.
El espesor de las soldaduras entre el fuste y la pletina es demasiado pequeño. 2 [mm] < 3 [mm]

Figura A3-19 Advertencias del programa sobre la cimentación

ANEXO IV: PRESUPUESTO

Como continuación del apartado 5.2 se realiza un posible presupuesto para el proyecto de la cubierta de pádel. Todos estos cálculos, a excepción de la mano de obra, han sido realizados mediante el software "Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2021", sin embargo y con el objetivo de conseguir un desglose del presupuesto más gráfico se realizan (sobre los datos del software) tablas. Se debe tener en cuenta que, aunque por simplicidad se haya calculado una cubierta solo (ya que la otra es exactamente igual), pero este proyecto habla de dos cubiertas, factor para tener en cuenta cuando se realizan los cálculos. A su vez, en cada apartado se contempla el precio total de la mano de obra el cual incluye: equipos y elementos auxiliares empleados, montador de la estructura metálica y el ayudante montador de la estructura metálica.

A. Cálculo del presupuesto de los pilares:

Los pilares que se han elegido para esta cubierta, tal y como se expuso en el apartado 4.2 son pilares con un perfil HEB 160 y para este diseño se cuenta con 10 de ellos, sin embargo, el software solo nos permite obtener el valor de cada uno de ellos por separado tal y como se observa en Tabla A4-1 y para calcular el precio total de los pilares en nuestra estructura véase Tabla A4-2.

Sección	Grupo	Protección	Peso (kG)	Precio de material	Precio de protección	Precio total
HEB 160	Pilares	Protección_1	1135,97	1101,89	0,0	1101,89
Total			1135,97	1101,89	0,0	1101,89

Tabla A4-1 Precio por pilar según software

Elemento estructural	Cantidad de vigas	Precio
Pilares	10	1101,89x10x2
Mano de obra	-	7205,289
	Total	**29.243,089 euros**

Tabla A4-2 Estimación del presupuesto de los pilares

B. Cálculo del presupuesto de las vigas:

Las vigas que se han elegido para esta cubierta, tal y como se expuso en el apartado 4.2 son vigas con un perfil HEB 100 y para este diseño se cuenta con 10 de ellos, sin embargo, el software solo nos permite obtener el valor de cada uno de ellos por separado tal y como se observa en. Este presupuesto calculado mediante el software equivale a un pilar únicamente.

Sección	Grupo	Protección	Peso (kG)	Precio de material	Precio de protección	Precio total
IPE 140	Viga principal	Protección_1	13345,5	343,51	0,0	343,51
IPE 100	Viga de refuerzo	Protección_1	11450,19	332,06	0,0	332,06
IPE 100	Viga de las correas	Protección_1	11450,19	297,70	0,0	297,70
Total						**973,27**

Tabla A4-3 Precio por viga según software

Elemento estructural	Número de vigas	Precio
Viga principal	10	343,51x10x2
Viga de refuerzo	48	332,06x48x2
Viga de las correas	28	297,70x28x2
Mano de obra	-	17.179,939
	Total	**72.599,0996 euros**

Tabla A4-4 Estimación del presupuesto de las vigas

C. Cálculo del presupuesto de la cimentación:

Los parámetros de la cimentación son los expuestos en 4.3.7. Hormigón HA-25 y acero B500S y las dimensiones de las zapatas se encuentran en Tabla A4-2. Teniendo en cuenta las dimensiones de las zapatas, el material empleado y la normativa vigente, a continuación, en Tabla A4-5 se procede a hacer un calculo estimado del presupuesto que tendría la cimentación. Para el cálculo del presupuesto de la cimentación se emplea el software "CYPE" [41]. A mayores tenemos que añadir al valor estimado el precio del encofrado (el cual va incluido en el precio).

Montaje de sistema de encofrado recuperable metálico, para zapata de cimentación, formado por paneles metálicos, amortizables en 200 usos, y posterior desmontaje del sistema de encofrado. Incluso elementos de sustentación, fijación y acodalamientos necesarios para su estabilidad y líquido desencofrante para evitar la adherencia del hormigón al encofrado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt08eme040	m²	Paneles metálicos de varias dimensiones, para encofrar elementos de hormigón.	0,005	52,00	0,26
mt50spa052b	m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,020	5,27	0,11
mt50spa081a	Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,013	16,04	0,21
mt08eme051a	m	Fleje de acero galvanizado, para encofrado metálico.	0,100	0,29	0,03
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,050	1,10	0,06
mt08var060	kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,100	7,00	0,70
mt08dba010d	l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,030	2,19	0,07
			Subtotal materiales:		**1,44**
2		**Mano de obra**			
mo044	h	Oficial 1ª encofrador.	0,300	19,67	5,90
mo091	h	Ayudante encofrador.	0,400	18,63	7,45
			Subtotal mano de obra:		**13,35**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	14,79	0,30
				Costes directos (1+2+3):	15,09

Figura A4-1 Precio estimado del encoframiento [41]

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. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt07aco020a	Ud	Separador homologado para cimentaciones.	8,000	0,15	1,20
mt07aco010c	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	50,000	1,60	80,00
mt08var050	kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,200	1,10	0,22
mt10haf010nga	m³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,100	76,88	84,57
			Subtotal materiales:		**165,99**
2		**Mano de obra**			
mo043	h	Oficial 1ª ferrallista.	0,080	19,67	1,57
mo090	h	Ayudante ferrallista.	0,120	18,63	2,24
mo045	h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,050	19,67	0,98
mo092	h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,300	18,63	5,59
			Subtotal mano de obra:		**10,38**
3		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	176,37	3,53
Coste de mantenimiento decenal: 5,40€ en los primeros 10 años.				**Costes directos** (1+2+3):	179,90

Figura A4-2 Precio estimado de las zapatas [41]

Elemento estructural	Número de zapatas	Precio
Zapata principales	6	179,9x2
Zapata secundarias	4	174,3x2
Encoframiento	10	15,09x10x2
	Total	**1010,2 euros**

Tabla A4-5 Estimación del presupuesto de la cimentación

D. Cálculo del presupuesto de las placas de anclaje:

Al igual que en el apartado anterior los parámetros de dimensiones y material empleados en las placas de anclaje viene recogidos en 4.3.7 y el presupuesto estimado de estas placas de anclaje se representa a continuación gracias a la Tabla A4-6 y Figura A4-3 Precio estimado de las placas de anclaje. Para el cálculo del presupuesto de las placas de anclaje se emplea el software "CYPE" [41].

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		**Materiales**			
mt07ala011k	kg	Pletina de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, para aplicaciones estructurales. Trabajada y montada en taller, para colocar con uniones soldadas en obra.	9,813	1,34	13,15
mt07aco010c	kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, de varios diámetros.	6,310	1,60	10,10
			Subtotal materiales:		**23,25**
2		**Equipo y maquinaria**			
mq08sol020	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,20	0,05
			Subtotal equipo y maquinaria:		**0,05**
3		**Mano de obra**			
mo047	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,379	19,67	7,45
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,379	18,63	7,06
			Subtotal mano de obra:		**14,51**
4		**Costes directos complementarios**			
	%	Costes directos complementarios	2,000	37,81	0,76
Coste de mantenimiento decenal: 1,16€ en los primeros 10 años.			**Costes directos** (1+2+3+4):		38,57

Referencia norma UNE y Título de la norma transposición de norma armonizada	Aplicabilidad(a)	Obligatoriedad(b)	Sistema(c)
UNE-EN 10025-1:2006 Productos laminados en caliente, de acero no aleado, para construcciones metálicas de uso general. Parte 1: Condiciones generales de suministro.	1.9.2005	1.9.2006	2+

Figura A4-3 Precio estimado de las placas de anclaje [41]

Elemento estructural	Número de placas	Precio
Placas de anclaje	10	385,7x2
	Total	**771,4 euros**

Tabla A4-6 Estimación del presupuesto de las placas de anclaje

E. Cálculo del presupuesto de la cubierta de policarbonato:

De nuevo con la ayuda del software se procede a calcular el valor estimado que tendría la cubierta de nuestro diseño. Se decide usar el software y no consultar empresas del sector debido a que, como ya se ha comentado con anterioridad, el software se ciñe a la normativa vigente (ya que se trata del modelo nuevo de 2021) y es conocedor de la longitud exacta de nuestra cubierta, así como su grosos y cantidad de placas. Todos estos valores se aprecian en Descripción general de la propuesta. A continuación, se representa mediante la Tabla A4-7 una estimación del presupuesto de la cubierta. El precio de los elementos auxiliares para las uniones de las placas (como los tornillos rosca chapa) van incluidos en el precio de mano de obra.

Elemento estructural	Número de placas	Precio
Cubierta policarbonato	18	502,1x2
Mano de obra	-	92,1x2
	Total	**1098,4 euros**

Tabla A4-7 Estimación del presupuesto de las placas de policarbonato

Finalmente, y para concluir este Anexo se expone el precio total estimado de este proyecto.

Presupuesto pilares	29.243,089 euros
Presupuesto vigas	72.599,0996 euros
Presupuesto cimentación	1.010,2 euros
Presupuesto placas de anclaje	771,4 euros
Presupuesto para la cubierta de policarbonato	1.098,4 euros
Presupuesto de ejecución de material (PEM)	**104.722,1886 euros**
13 % Gastos generales	**13.613,884 euros**
6% Beneficio industrial	**6.283,33 euros**
Presupuesto de licitación	**124.619,402 euros**
21% del IVA	**26.170,074 euros**
Presupuesto total del proyecto	**150.789,476 euros**

Asciende el presente presupuesto a la cantidad de: CIENTO CINCUENTA MIL SETECIENTOS OCHENTA Y NUEVE con CUATROCIENTOS SETENTA Y SEIS CÉNTIMOS.