



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS**



Documento Nº1 – Memoria

Diseño y análisis estructural de helipuerto de aluminio sobre la cubierta de un buque de apoyo marítimo en alta mar.

Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Trabajo Final de Máster

DOCUMENTO Nº1
MEMORIA

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	3
2. OBJETO DEL TRABAJO	3
3. CLASIFICACIÓN DE LOS HELIPUERTOS.....	3
4. LOCALIZACIÓN Y CONDICIONANTES	4
4.1. UBICACIÓN DEL HELIPUERTO.....	4
4.2. HELICOPTERO DE DISEÑO	4
4.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	4
4.4. REQUISITOS DE LIMITACIÓN DE OBSTÁCULOS.....	4
5. BASES DE CÁLCULO	5
5.1. NORMATIVA APLICADA.....	5
5.2. METODO DE LOS ESTADOS LÍMITE.....	5
6. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	6
7. EQUIPAMIENTOS.....	6
7.1. PUNTOS DE AMARRE DEL HELICOPTERO.....	6
7.2. RED DE SEGURIDAD PERIMETRAL	7
7.3. SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y AYUDAS VISUALES.....	7
7.4. SISTEMA DE CANALIZACIÓN	8
8. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.....	8
8.1. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS	8
9. PROCESO CONSTRUCTIVO	9
10. RESUMEN DE LA VALORACIÓN POR CAPÍTULOS.....	9
11. DOCUMENTOS QUE CONSTITUYEN EL PRESENTE TRABAJO	10

1. Antecedentes

El objetivo de este documento es la realización del Trabajo Final de Máster, con el fin de obtener el título del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, título por el cual se pretende obtener las competencias de ingeniero de caminos, canales y puertos.

2. Objeto del trabajo

Se trata de redactar un documento en el que se contemple el diseño y análisis estructural de un helipuerto de aluminio que irá ubicado sobre la cubierta de un buque de apoyo en alta mar. Se pretende realizar un trabajo equivalente al que se hará en una empresa de ingeniería, en este caso en concreto en la del diseño de estructuras de aluminio para helipuertos en embarcaciones. Se pretende facilitar de manera correcta y detallada todo el diseño y construcción de la estructura de aluminio de acuerdo a las normas internacionales necesarias para el cumplimiento de las especificaciones para el aterrizaje y despegue de helicópteros en el mar.

En esta memoria se trata de realizar una síntesis descriptiva que resuma las premisas, condicionantes y soluciones del proyecto básico.

La memoria se va a dividir en dos partes diferenciadas: este documento con un carácter expositivo, y una serie de anejos a la memoria, que recogen todos los datos, cálculos y estudios que se han realizado, que por su volumen se extraen del resumen general. La misión principal de la memoria, es que se pueda obtener un conocimiento claro, conciso y global del presente proyecto.

3. Clasificación de los helipuertos

Se define como helipuerto un aeródromo destinado exclusivamente a los helicópteros, en el que suelen encontrarse los servicios necesarios para el aterrizaje, despegue, suministro de combustible, mantenimiento y sistemas para la contención y extinción de incendios.

En función de la ubicación donde se encuentre el helipuerto se pueden distinguir diferentes tipos como los que se presentan a continuación:

- Helipuertos de superficie: helipuerto emplazado en tierra o sobre una estructura en la superficie del agua.



Figura 1 - Helipuerto de superficie. Fuente: Google images.

- Helipuertos elevados: helipuerto emplazado sobre una estructura elevada, generalmente edificios.



Figura 2 - Helipuerto elevado sobre edificio. Fuente: Google images.

- Heliplataformas: helipuerto situado en una instalación fija o flotante mar adentro, generalmente sobre una estructura, características de unidades de exploración o producción utilizadas para la explotación de petróleo o gas.



Figura 3 - Heliplataforma offshore. Fuente: Google images.

- Helipuertos a bordes de buques. Los helipuertos construidos exprofeso son aquellos destinados específicamente a operaciones de helicópteros y generalmente están formados por una estructura ligera sobre la que aterriza el helicóptero.



Figura 4 - Helipuerto a bordo de buque. Fuente: Propia.

Es lógico entender que en función del tipo de helicóptero los materiales con los que se realizaran variarían, siendo los principales el acero, aluminio y hormigón. El hormigón se ha utilizado para helipuertos sobre edificios de nueva construcción, aunque en la actualidad se tiende a huir de estas soluciones. En cuanto al acero es un material muy utilizado para realizar estructuras mucho más ligeras en el caso de plataformas y buques, aunque en las últimas décadas el aluminio se está abriendo paso entre estos materiales a pesar de su coste elevado, debido principalmente a su gran resistencia a la corrosión, su reducido peso en comparación con el acero, y su gran resistencia.

4. Localización y condicionantes

4.1. Ubicación del helipuerto

La embarcación sobre la que irá instalado la estructura de aluminio que conforma el helipuerto, se trata de un buque de apoyo marítimo en alta mar de 95,5 metros de eslora y 20 metros de manga. Dispone de una grúa de pluma única a estribor y el puente de mando junto con otras instalaciones queda ubicado en la proa de la embarcación.

El helipuerto irá ubicado sobre 21 perfiles metálicos HEB260 de acero S275 existentes en la embarcación pensados durante el diseño del buque por la naviera para la posterior instalación del helipuerto. Dichos perfiles están integrados en los elementos estructurales que dotan de resistencia transversal y longitudinal al buque, como las cuadernas y las longitudinales de costado respectivamente.

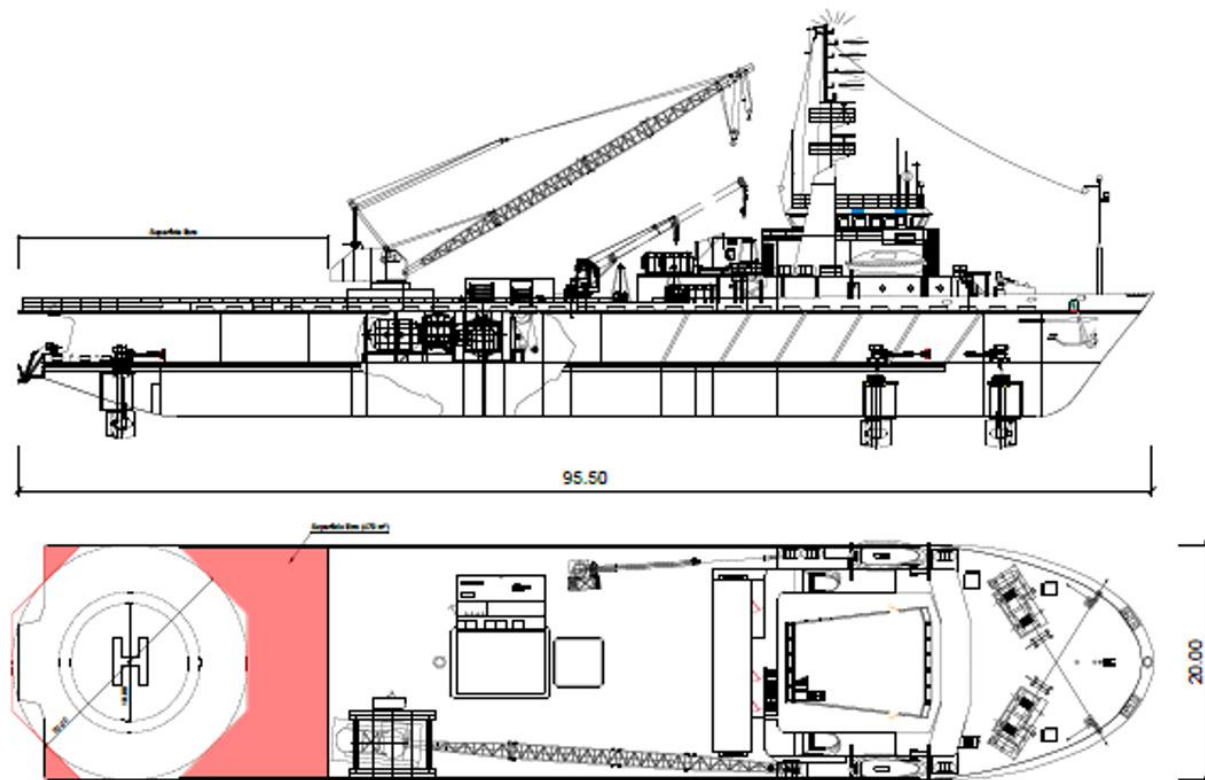


Figura 5 - Alzado y planta del buque de apoyo marítimo para instalación del helipuerto. Fuente: Propia.

Dispone de una superficie libre de 479 m² en la popa, lugar donde irá ubicado el helipuerto, cumpliendo con los siguientes condicionantes y limitaciones que estipula la normativa:

- Helicóptero de diseño.

- Características físicas.
- Requisitos de limitación de obstáculos.

4.2. Helicóptero de diseño

Por las características y dimensiones del buque donde irá instalado el helipuerto, y basándonos en la tabla de helicópteros de diseño que propone la normativa CAP437 – *Standards for offshore helicopters landing areas*, se ha decidido utilizar el Eurocopter EC225 el cual está disponible en diferentes modelos en función de la aplicación, desde salvamento marítimo, hasta transporte de pasajeros y cargas.



Figura 6 - Eurocopter EC225 aterrizando. Fuente: Airbus.

El EC225 posee una longitud de 16,79 metros y una anchura máxima de 4,10 metros. La envergadura total del helicóptero con las aspas en rotación es de un diámetro de 19,5 metros. La altura total desde el tren de aterrizaje hasta la parte más alta del rotor de cola es de 4,97 metros. Es importante señalar, que la distancia entre las dos ruedas traseras del tren de aterrizaje es de 3 metros.

4.3. Características físicas

En el caso de los helipuertos a bordo de buques el área de aproximación final y de despegue (FATO) coincide con el área de toma de contacto y de elevación inicial (TLOF). Estas zonas podrán ser de cualquier forma geométrica, siempre y cuando su tamaño sea suficiente para contener un área en la que quepa un círculo inscrito igual al valor D.

En el caso de este helipuerto se ha decidido que el helipuerto tenga forma octogonal, al ser la forma geométrica que más se adapta a una circunferencia, por lo que el aprovechamiento de la superficie es mayor que si fuese cuadrada, por ejemplo. Podría tratarse perfectamente de un helipuerto circular, pero la tendencia en el mercado de helipuertos a bordo de buques es la de realizarlos octogonales, por ahorro en materiales y facilidad constructiva al tratarse de perfiles rectos, que permiten uniones y disposiciones más sencillas.

4.4. Requisitos de limitación de obstáculos

Los requisitos para las superficies limitadoras de obstáculos se basan en el uso de la FATO. Desde cualquier punto de la periferia del círculo D, debe existir un sector de despegue y aproximación sin obstáculos que abarque

toda esta área y que se extienda sobre un sector de al menos 210°. Dentro de este sector, se debe considerar la inexistencia de obstáculos a una distancia de la periferia de la zona de aterrizaje que permita una ruta de salida sin obstrucciones apropiada para el helicóptero. Únicamente los siguientes elementos, esenciales para las operaciones de aterrizaje y despegue, pueden exceder la altura del área de aterrizaje, pero no más de 15 centímetros para cualquier helipuerto don de el valor D sea mayor de 16 metros, es decir, en este caso.

Estos elementos esenciales incluyen:

- La canalización para el drenaje.
- La iluminación.
- Los monitores de espumógeno contra incendios.
- Los pasamanos y otros elementos asociados con el área de aterrizaje que no puedan retirarse completamente.

Todos los objetos que a su vez requieren ser instalados en la superficie del helipuerto, como las redes de aterrizaje, los puntos de amarre y los sistemas de iluminación del círculo y la H, no deben superar una altura de 25 milímetros.

En la siguiente imagen se puede observar una planta general del helipuerto sobre la cubierta del buque donde se puede apreciar que los elemntos de la cubierta quedan fuera de la zona de obstáculos sujeta a restricciones:

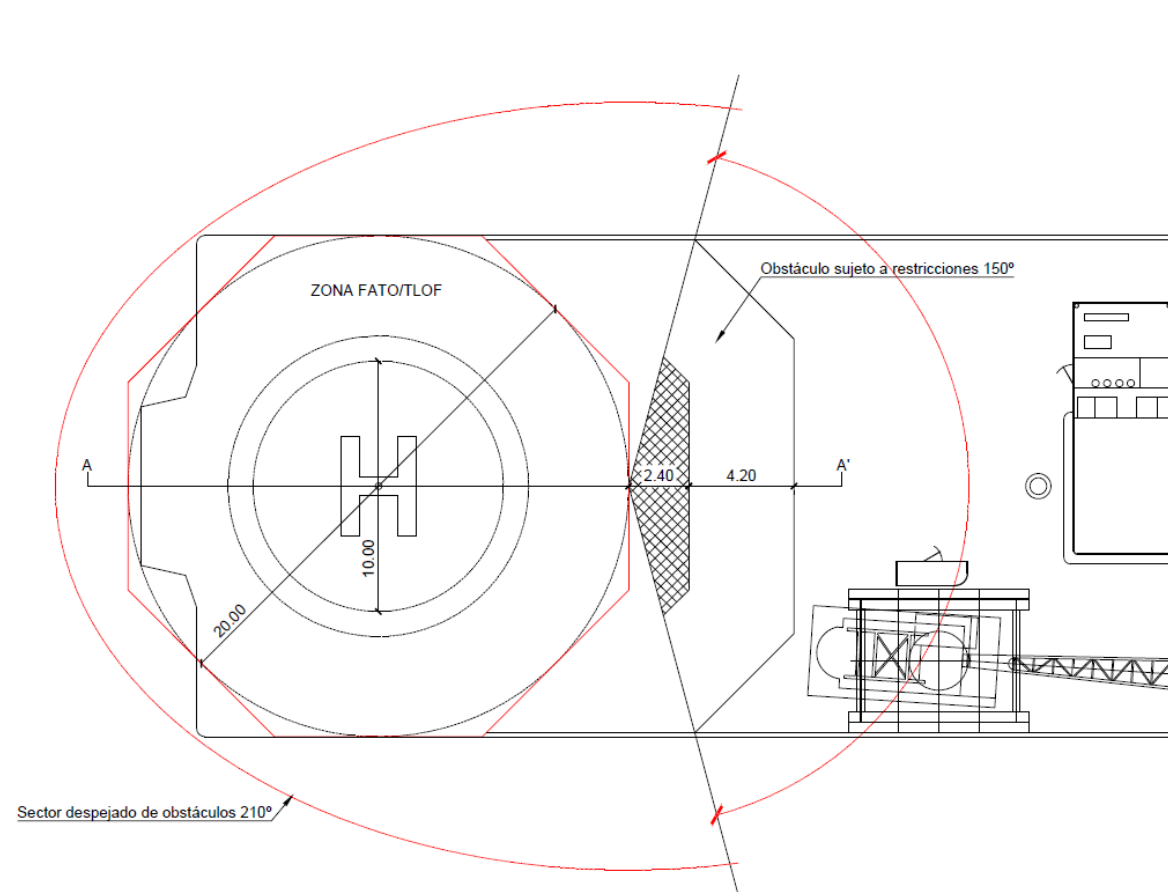


Figura 7 - Definición de superficies libre de obstáculos. Fuente: Propia.

5. Bases de cálculo

5.1. Normativa aplicada

En el caso del diseño y análisis del helipuerto objeto de este trabajo, se trata de un helipuerto situado sobre un buque de apoyo marítimo, que navegará no solo el en territorio español sino por aguas internacionales. En este caso es lógico que se apliquen normativas de carácter internacional como podría ser el Volumen II, del Anexo 14 del Convenio sobre Aviación Civil Internacional publicado por la OACI, pero es importante señalar que existe una normativa en el Reino Unido, la CAP 437 – *Standars for offshore helicopter landing areas*, que se ha convertido en una normativa de referencia a nivel mundial.

Las CAP 437, es una ampliación de los requisitos internacionales que se especifican en el Volumen II, del Anexo 14 de la OACI. Esta normativa ha ido evolucionando desde su publicación en 1981 hasta la actualidad a expensas de las recomendaciones de la OACI, la Agencia de Seguridad de Aviación Europea (EASA), la Organización Marítima Internacional (IMO), y los principales comités y asociaciones con amplia experiencia en labores operacionales y de mantenimiento.

Para definir las acciones que actúan sobre la estructura de la piscina, los coeficientes parciales de seguridad, los coeficientes de simultaneidad y las combinaciones de acciones para los diferentes estados límites últimos y de servicio se han utilizado las siguientes normativas:

- CAP 437 – Standard for offshore helicopter landing areas.
- Convenio sobre Aviación Civil (OACI) – Anexo 14. Volumen II – Helipuertos
- UNE EN 1990 – Bases de cálculo en estructuras.
- UNE EN 1991 – Eurocodigo 1: Acciones en estructuras.

Para el dimensionado y cálculo de la estructura metálica y el soporte de vigas del panel de aluminio y resto de perfiles metálicos utilizados en equipamientos se ha utilizado la siguiente normativa:

- UNE EN 1999-1-1 – Eurocodigo 9: Proyecto de estructuras de aluminio – Parte 1-1: Requisitos generales.

Para definir la geometría del helipuerto y la disposición de los equipamientos para un correcto funcionamiento y operación de la estructura se han utilizado los capítulos específicos de las siguientes normativas:

- CAP 437 – Standard for offshore helicopter landing areas.
- Convenio sobre Aviación Civil (OACI) – Anexo 14. Volumen II – Helipuertos
- Catálogos específicos de equipamientos para helipuertos.

5.2. Metodo de los estados límite

Se define como estados límite aquellas situaciones para las que, de ser superadas, puede considerarse que la estructura no cumple alguna de las funciones para la que ha sido proyectada.

De forma general, los estados limite se clasifican en:

- Estados límite últimos.
- Estados límite de servicio.

Las situaciones de proyecto a considerar son las siguientes:

- Situaciones persistentes, que corresponden a las condiciones de uso normal de la estructura.
- Situaciones transitorias, como son las que se producen durante la construcción o reparación de la estructura.

- Situaciones accidentales, que corresponden a condiciones excepcionales aplicables a la estructura.

Debe comprobarse que una estructura no supere ninguno de los estados límite anteriormente definidos en cualquiera de las situaciones de proyecto indicadas anteriormente, considerando los valores de cálculo de las acciones, de las características de los materiales y de los datos geométricos.

El procedimiento a seguir para la comprobación, consiste en deducir, el efecto de las acciones aplicadas a la estructura y la respuesta de la estructura para la situación límite en estudio. El estado límite quedara garantizado si se verifica, con una fiabilidad aceptable, que la respuesta estructural no es inferior al efecto de las acciones aplicadas.

La definición de las acciones actuantes en la estructura se establece en la normativa aplicada, mencionada anteriormente, relativa a acciones. A continuación, se fijan reglas para la definición de los valores de cálculo de las acciones y sus combinaciones, siempre que no se haya indicado otra cosa en su correspondiente normativa para una acción determinada.

6. Descripción de la estructura

La solución adoptada se trata de una estructura conformada por perfiles metálicos de aluminio EW 7020 T6. Se puede diferenciar una estructura soporte, donde ira empesillado un panel de aluminio donde aterrizará el helipuerto, que actuará de correas, transmitiendo las cargas a la estructura en celosía.

La estructura soporte se trata de una estructura octogonal con una circunferencia inscrita de 20 metros, formada por ocho perfiles de IPE450 de aluminio extruido unidos rígidamente mediante unas placas de unión. En su interior se disponen perfiles IPE450 cada 1,66 metros unidos mediante una unión rígida al octógono perimetral.

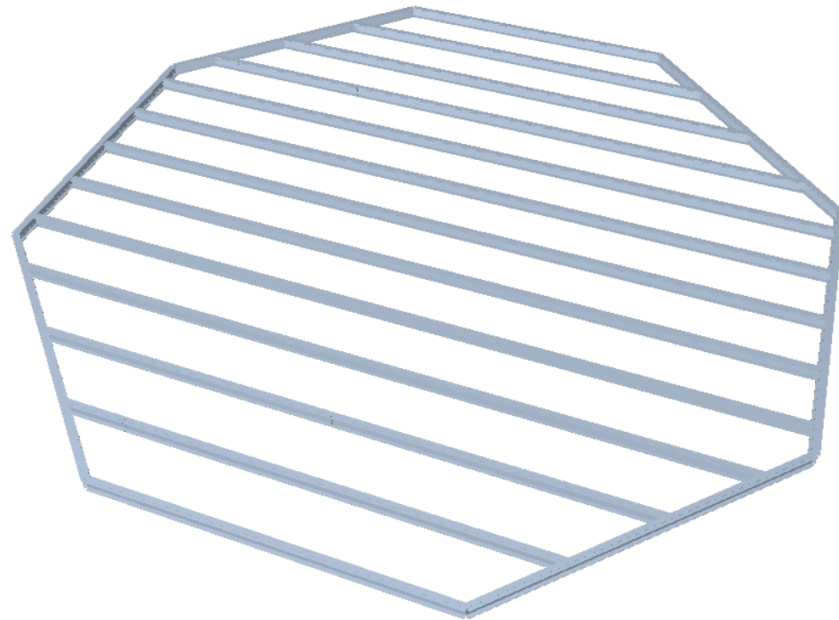


Figura 8 - Estructura soporte para panel de aluminio. Fuente: Propia.

La estructura soporte tal y como se explica detalladamente en el proceso constructivo se une a la estructura en celosía por medio de una unión empesillada entre las almas de los perfiles IPE450. La estructura en celosía está formada por 10 celosías tipo Warren con montantes entrelazadas ortogonalmente, es decir, 5 en cada sentido, con una separación entre ejes de 4 metros. En lo que se refiere a las dimensiones, se puede observar 6 celosías de 20 metros de longitud, y 4 celosías de 12,28 metros, siendo el canto de todas ellas, continuo e igual a 2,15 metros.

El cordón superior de la celosía se trata de un perfil de aluminio IPE300 al igual que el cordón inferior y las diagonales exteriores. En cuanto a las diagonales interiores de las celosías y los montantes se tratan de perfiles cerrados de aluminio de dimensiones 150x150x10 milímetros, los cuales van soldados a las alas del cordón superior e inferior.

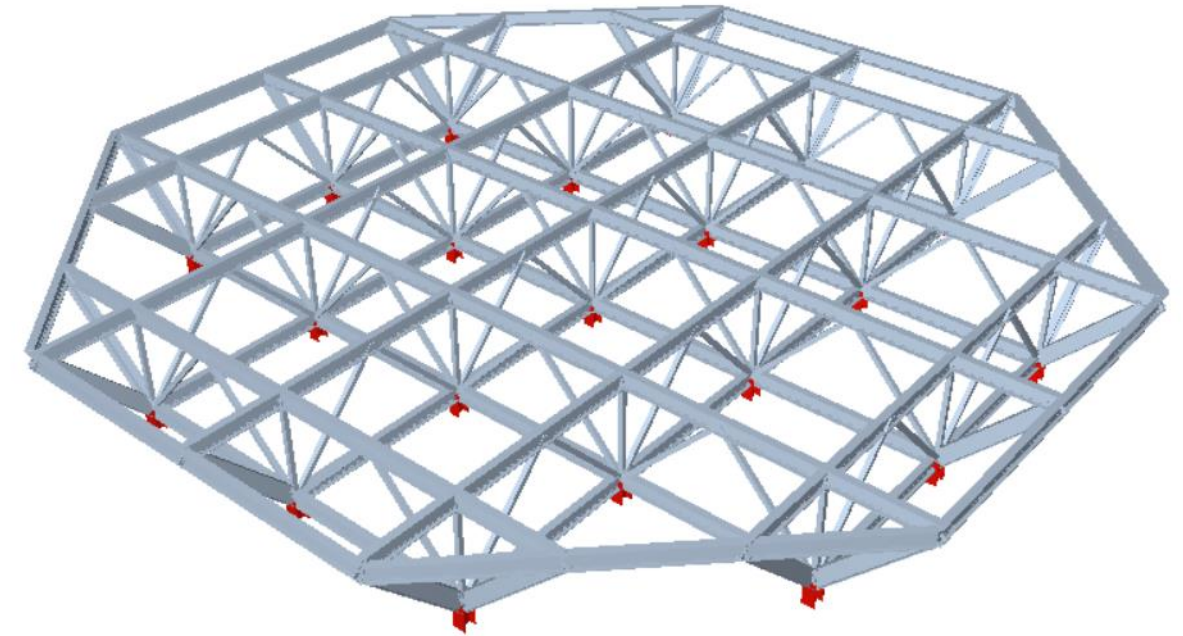


Figura 9 - Estructura tridimensional formada por celosías. Fuente: Propia.

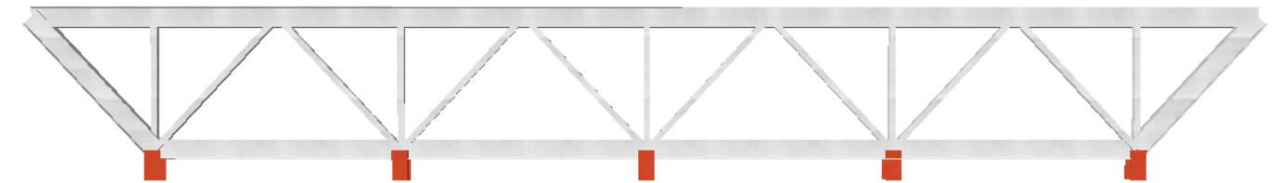


Figura 10 - Celosía tipo Warren con montantes central. Fuente: Propia.

En las figuras anteriores, se pueden observar en rojo los 21 pilares HEB260 de acero estructural S275 unidos al cordón inferior de las celosías, con el fin de conectar el helipuerto con los 21 pilares existentes en la cubierta del buque tal y como se explico en la primera parte de este anejo, en la sección de condicionantes. Para asegurar una correcta unión tal y como se mostrará en el apartado de uniones de este mismo documento, los perfiles tienen una longitud de 0.5 metros.

7. Equipamientos

7.1. Puntos de amarre del helicóptero

Una vez el helicóptero ha aterrizado se deben proporcionar suficientes puntos de amarre para asegurar el helicóptero de diseño a la plataforma. Estos puntos de amarre deben estar ubicados sobre la plataforma intentando que no entorpezcan el acceso a las plataformas.

Tal y como se observa en la figura 1, se han dispuesto 12 puntos de amarre repartidos en dos círculos concéntricos de radio 3 y 6 metros con centro en la zona TLOF/FATO. Los puntos de amarre tienen un diámetro de 200 mm y han de quedar perfectamente ubicados en un solo panel de aluminio. En cuanto al diámetro máximo del tensor debe de ser de 22 mm para que coincida con la dimensión del gancho de amarre.

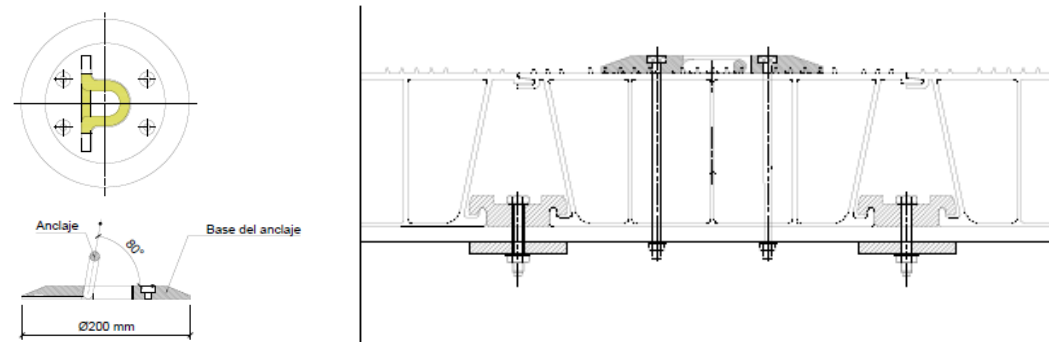


Figura 11 - Punto de amarre en panel de aluminio del tablero. Fuente: Propia.

7.2. Red de seguridad perimetral

Alrededor de todo el perímetro de toda la zona de aterrizaje del helipuerto se deben instalar redes de seguridad, a excepción de que existan superficies que lo impidan, como es el caso de las plataformas de acceso y de las plataformas de los monitores autosilantes. La malla se extenderá 1,50 metros en el plano horizontal desde el borde del helipuerto y no excederá los 2,00 metros, y con un ángulo de inclinación hacia arriba y hacia afuera de aproximación de 10°.

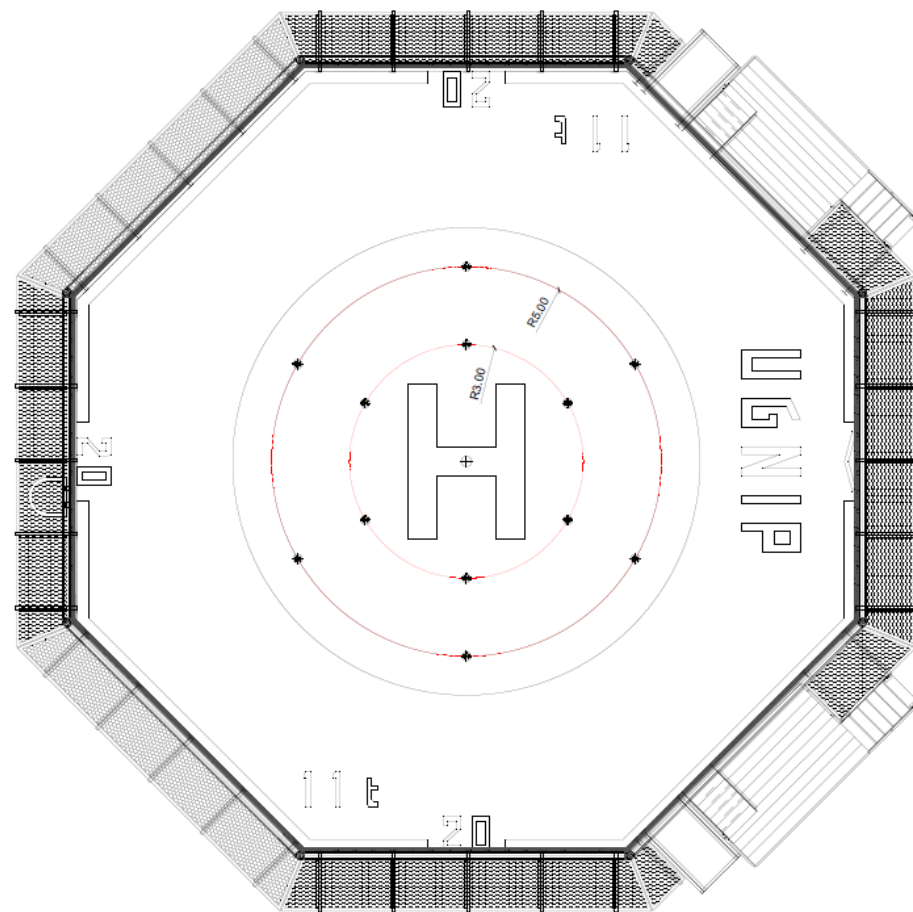


Figura 12 - Red de seguridad perimetral y puntos de amarre del helicóptero. Fuente: Propia.

La red perimetral de seguridad consta de un perfil de aluminio UPN 200 sobre el que apoya un marco cilíndrico de 7 cm de diámetro donde va instalada la malla trenzada de aluminio. Estos perfiles se disponen a lo largo de todo el perímetro a una distancia de 1,90 metros y se unen al helipuerto mediante una placa realizada de los mismos perfiles IPE 450 de aluminio del helipuerto.

En la figura 4 se puede observar el detalle de la unión del perfil UPN a la placa de unión y como la placa se une con 4 tornillos de diámetro 14 mm al alma del perfil IPE 450 que sirve de soporte para el tablero. Cabe destacar, que a modo de refuerzo en la parte trasera de este mismo perfil IPE 450 se dispone otra placa del mismo tipo con el fin de rigidizar el alma del perfil en caso de caída de una persona.

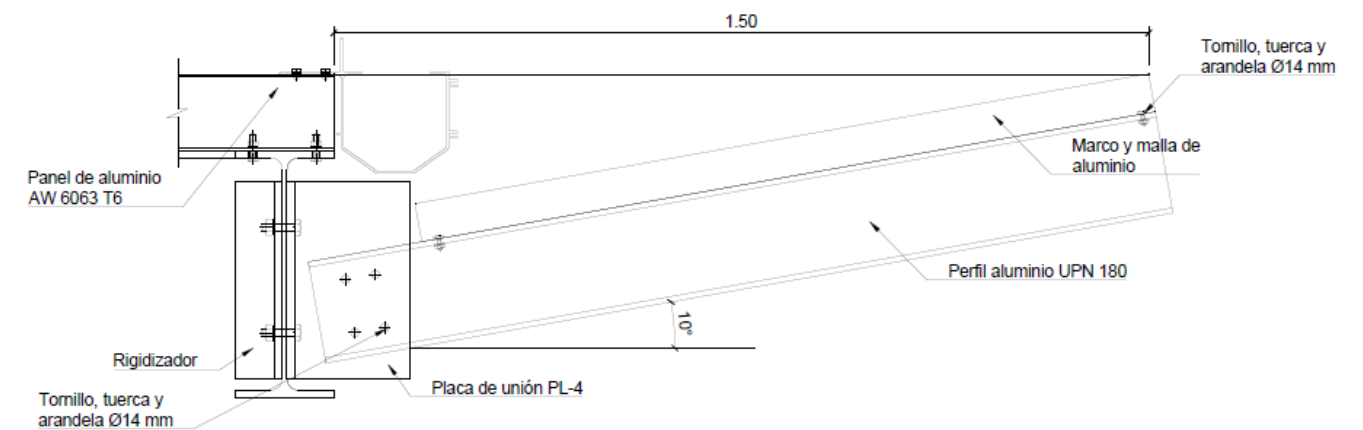


Figura 13 - Detalle de la red de seguridad perimetral al helipuerto. Fuente: Propia.

7.3. Sistema de iluminación y ayudas visuales

Para el correcto funcionamiento del helipuerto se han de disponer diferentes fuentes de iluminación para que el piloto pueda aterrizar con facilidad y de manera exitosa en el helipuerto ubicando al piloto en una posición por encima del helipuerto primeramente y guiándolo por medio de ayudas visuales a la posición final de aterrizaje de manera segura. Todas las luces deberán mantenerse encendidas durante la noche para que pueda observarse el contorno del helipuerto y en caso de un fallo de comunicación sea posible aterrizar.

Las diferentes luces que forman el sistema de iluminación son las que se muestran a continuación y se pueden observar en el siguiente esquema:

- Luces perimetrales de color verde.
- Luces de estado de color rojo.
- Luces TD/PM para la "H" y círculo central.
- Manga de viento iluminada.
- Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI).

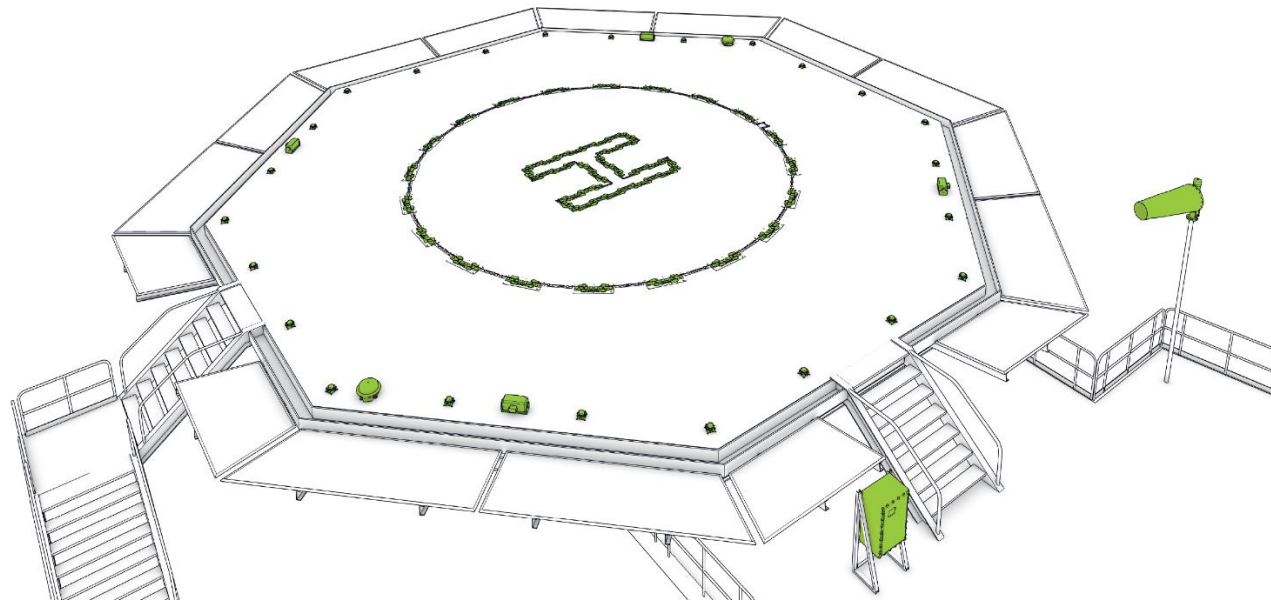


Figura 14 - Esquema de sistema de iluminación de un helipuerto. Fuente: ORGA Lighting.

7.4. Sistema de canalización

La zona de aterrizaje debe tener instalado un sistema de drenaje de la superficie que dirija de manera rápida y eficaz cualquier derrame de agua de lluvia y/o combustible y/o medios de extinción como espumógenos a un lugar seguro. Este sistema de drenaje será lo suficientemente rígido como para soportar las cargas del helicóptero en la plataforma y no curvarse. La canalización ha de tener un sistema de desagües que conduzca el líquido derramado a un lugar seguro y no lo vierta a la cubierta del buque.

El sistema de drenaje propuesto tal y como se puede observar en la imagen constan de canalizaciones con una sección capaz de contener los derramen a la que se le han provisto aperturas de 10 x 3cm cada 30 cm. Para la instalación de la canalización se ha dividido en tramos rectos de 8,34 metros y ochos esquinas donde van ubicados los desagües.

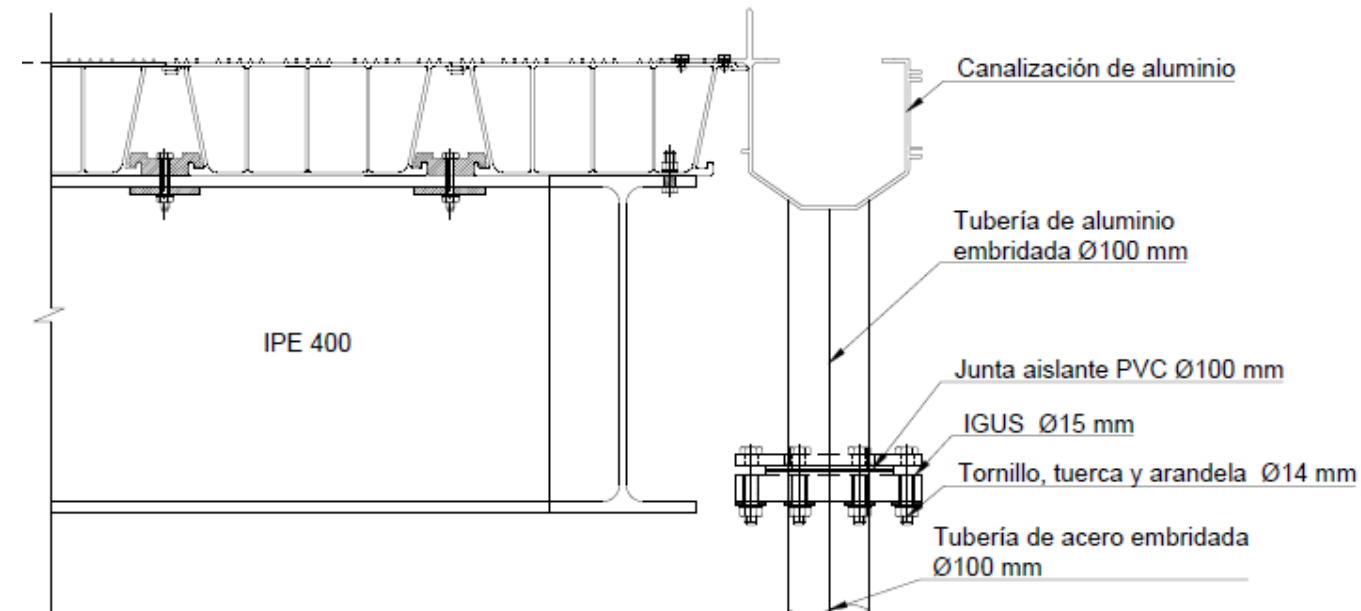


Figura 15 - Unión sistema de drenaje con el tablero. Fuente: Propia.

8. Seguridad en caso de incendio

Un aspecto clave en el diseño para proporcionar una instalación eficiente en cuanto a los sistemas antiincendios es comprender que ocurre y en que situaciones se espera que operen dichos sistemas. Cuando un helicóptero sufre un accidente se produce un derrame de combustible con restos y/o fuego y humo, que puede destruir parte del equipo e impedir el uso de algunas rutas de escape de los pasajeros. Por este motivo los medios de extinción deben de actuar en el menos tiempo posible, siendo menos de 15 segundos el tiempo que recomienda la Autoridad de Aviación Civil Británica en la CAP437. El objetivo operacional debe garantizar que el sistema pueda controlar un incendio en un helipuerto debido a un helicóptero estrellado dentro de los 30 segundos medidos desde el momento en que el sistema produce espuma a la tasa de aplicación requerida. El incendio se considerará que está bajo control en el momento que los ocupantes sean rescatados por los bomberos.

8.1. Sistema de protección contra incendios

Para la correcta definición de las instalaciones se debe tener en cuenta el tipo de fuego que ente caso serie el provocado por el helicóptero y por su combustible. Dado que el combustible del helicóptero es un hidrocarburo el tipo de agente extintor será la espuma.

El equipo necesario para asegurar la seguridad en caso de incendio en la superficie del helipuerto es el siguiente:

- 2 monitores autosilantes para la proyección de espuma.
- 1 boca de incendio para descargar espuma.
- 2 extintores de CO₂ de 10kg y 2 extintores de polvo químico seco de 25 kg.
- Sistema contraincendios integrado en el tablero (DIFFS).
- Equipo personal de rescate completo.

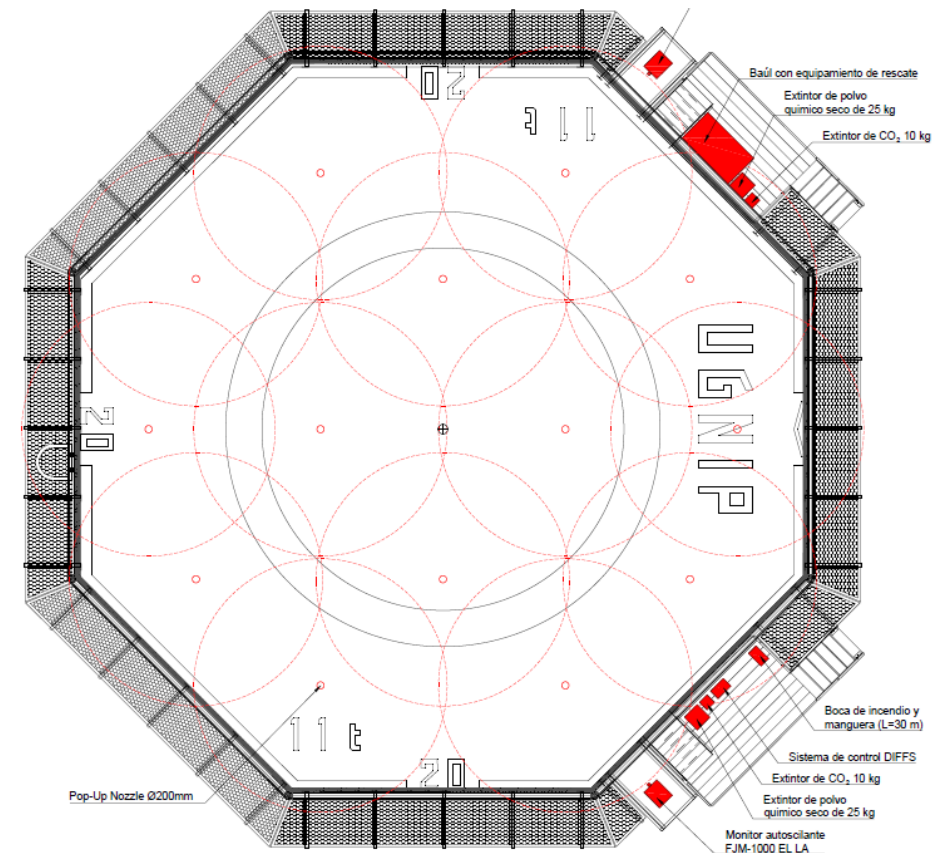


Figura 16 - Disposición sistema DIFFS. Fuente: Propia.

9. Proceso constructivo

El proceso constructivo se ha dividido en ocho fases diferentes a las que hay que sumarle las operaciones previas. En interesante la elección de un proceso constructivo acertado con el fin de poder ejecutar de manera correcta todas las estructuras que conforman el proyecto.

A continuación, se muestran las distintas fases en niveles, en las que aparecen a su vez las distintas tareas:

Fase 1 – Estructura de aluminio

- Montaje de las celosías
- Unión celosía con pilares HEB
- Montaje de la estructura soporte
- Montaje panel de aluminio

Fase 2 – Equipamientos

- Montaje de la red de seguridad perimetral
- Montaje canalización de drenaje
- Instalación de los puntos de amarre
- Instalación del sistema de iluminación
- Instalación del sistema contra incendios

Fase 3 – Izado e instalación del helipuerto sobre la cubierta

Fase 4 – Instalación de las plataformas de acceso

Fase 5 – Pintado del helipuerto

Fase 6 – Conexión e instalación de los sensores

Fase 7 – Remates finales y limpieza

Fase 8 – Seguridad y salud

En el anejo N°5 – Proceso constructivo y plan de obra se pueden ver cada una de estas fases y tareas detalladamente, así como el plan de obra propuesto y el diagrama de Gantt.

10. Resumen de la valoración por capítulos

CAPÍTULO Y RESUMEN		EUROS
01	ESTRUCTURAS.....	165.415,74
02	TABLERO DEL HELIPUERTO.....	463.170,11
03	RED DE SEGURIDAD PERIMETRAL.....	5.350,88
04	CANALIZACIÓN DE DRENAJE.....	9.715,80
05	SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	17.960,38
06	PROTECCIÓN EN CASO DE INCENDIOS.....	9.973,49
07	PINTURA.....	3.563,50
08	VARIOS.....	1.000,00
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL		676.149,80
13,00 % Gastos generales		87.899,47
6,00 % Beneficio industrial		40.568,98
SUMA DE G.G. y B.I.		128.468,45
21,00 % I.V.A.		168.969,83
TOTAL PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN		973.588,08

11. Documentos que constituyen el presente trabajo

Documento Nº1 – Memoria

Memoria descriptiva

En Valencia a, a 10 de diciembre de 2018

Anejos a la Memoria:

- Anejo Nº1 – Clasificación de los helipuertos y bases teóricas del aluminio.
- Anejo Nº2 – Análisis estructural. Parte1 – Condicionantes, bases de cálculo y acciones.
- Anejo Nº2 – Análisis estructural. Parte 2 – Análisis y dimensionamiento de la estructura.
- Anejo Nº3 - Equipamientos.
- Anejo Nº4 – Seguridad en caso de incendio.
- Anejo Nº5 – Proceso constructivo.
- Anejo Nº6 – Bibliografía.

Fdo: Jiménez Campillo, José Antonio

Documento Nº2 – Planos

- 1 - Disposición general del helipuerto: Limitaciones y obstáculos.
- 2.1 - Disposición general estructura de celosías.
- 2.2 - Fijación del helipuerto a la cubierta del buque de apoyo marítimo.
- 3.1 – Disposición general placas de union y vigas IPE450.
- 3.2 – Vigas y uniones tipo de la estructura soporte: PL-1.
- 3.3 – Uniones tipo de la estructura soporte: PL-2 y PL-3.
- 4 – Ensamblaje paneles de aluminio del tablero.
- 5 – Anclaje tablero a perfiles IPE450.
- 6.1 – Red perimetral de seguridad: Disposición general.
- 6.2 – Red perimetral de seguridad: Detalle y unión al helipuerto.
- 7 – Sistema de canalización y drenaje: Disposición y detalles.
- 8 – Disposición general de anclajes del helicóptero.
- 9.1 – Luces y ayudas visuales: Disposición general.
- 9.2 – Luces y ayudas visuales: Detalles.
- 10.1 - Elementos de protección en caso de incendio: Disposición general.
- 10.2 - Elementos de protección en caso de incendio: Sistema DIFFS y detalles.
- 11 – Disposición general marcado de pintura.
- 12 – Disposición general de accesos y detalles.

Documento Nº3 – Valoración económica