

## Trabajo Fin de Grado

# CONSTRUCCIÓN DE AERÓDROMO PARA OPERACIONES DE REPOSTAJE, MANTENIMIENTO Y MUNICIONAMIENTO DE DIVERSAS AERONAVES DE ALA ROTATORIA DE FAMET

Autor

CAC D. Ignacio Escrivá Ortuño

Director/es

Director académico: Dra. Adeline Rezeau

Director militar: Tte. D. Jesús Manuel Quiñones Quijada

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021





## **AGRADECIMIENTOS**

Para mí, el presente proyecto no se podría haber realizado sin la gran ayuda que he recibido. En primer lugar, me gustaría agradecer enormemente a mi directora Académica la Doctora Adeline Rezeau y a mi director Militar el teniente Don Jesús Manuel Quiñones Quijada, sin su guía a lo largo de todo el proyecto no habría sido posible su ejecución.

En segundo lugar, a todas aquellas unidades que me han prestado parte de su tiempo, para atender mis vicisitudes, necesidades y ayuda en este trabajo, como por ejemplo a la unidad Regimiento de Pontoneros y Especialidades nº 11. También agradecer enormemente a la oficina técnica del Regimiento de Ingenieros nº 7, y en concreto al Soldado Campos su inestimable colaboración. También a diferentes mandos y unidades auxiliares del RING 7 que permitieron que pudiera realizar trabajos relacionados sobre el proyecto y facilitaron las actividades para conseguir información sobre el proyecto, como el desplazamiento a la Base Pardo de Santayana u otras actividades.

También me gustaría expresar a mi familia, amigos, compañeros, cuadros de mando y profesores que me han prestado ayuda tanto para conseguir contactos como para extraer más información relevante para el proyecto. En especial agradecer al Capitán Don Enrique Muñoz Manjón por dedicar parte de su tiempo a permitirme ser entrevistado y resolver las dudas en relación al proyecto. También al jefe del departamento de Ingenieros en la Academia General Militar, el comandante Don Víctor Hervella Garcés, al capitán Don Juan Manuel Viñes Vitaller y la Doctora Beatriz Rodríguez Soria por su atención y ayuda prestados.

Gracias a todos.



## RESUMEN

En el presente proyecto se analiza la posibilidad de establecer un aeródromo con carácter militar en la plaza de Ceuta. En este aeródromo se deben de poder ejecutar labores logísticas destinadas a todas aquellas aeronaves de ala rotatoria en activo en las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra. Esto se ha planteado debido a que aun existiendo en la plaza de Ceuta un aeródromo militar, este no está en disposición de poder ejecutar dichas labores por su estado y otras razones que se estudiarán en el proyecto. Se ha establecido como prioridad, que el nuevo aeródromo cumpla con los requisitos necesarios para formar parte de la comunidad internacional, cumpliendo con los estándares exigidos tanto en organización como en normativa, de la que se encarga el organismo de la gestión diplomática del espacio aéreo internacional, es decir la Organización de Aviación Civil.

El actual aeródromo, no tiene capacidades suficientes para atender situaciones extraordinarias en la plaza, de manera que también se ha buscado incrementarlas. Adicionalmente, si este formase parte de la Organización de Aviación Civil Internacional, se podrían recibir apoyos internacionales, de manera que se multiplican las capacidades, ya no solo del aeródromo si no de las fuerzas militares de la Comandancia General de Ceuta.

Todo ello se ha conseguido gracias a una serie de estudios y metodología, sin olvidar la revisión y cumplimiento de la normativa vigente y los estándares recomendados por la Organización de Aviación Civil. Entre los estudios caben destacar unos estudios climáticos, del terreno o físicos. Para su ejecución han sido vitales varias herramientas de cartografía digital y software de cálculo y dibujo.

Tras su realización se ha conseguido diseñar un aeródromo, que consigue el aterrizaje de 3 aeronaves militares, y además 3 puestos de estacionamiento. Es de vital importancia, la instalación de los puestos de estacionamiento, ya que en ellos se ejecutarán todas las operaciones logísticas, como repostaje o municionamiento de aquellas aeronaves que lo requieran. También se plantea el establecimiento de almacenes de combustible o polvorines, sin embargo, serán descartados debido al riesgo que conlleva instalarlos en un espacio tan reducido. Además, todos los elementos instalados en el nuevo aeródromo, estarán conectados mediante una vía de comunicación logística que conecta ambos extremos del aeródromo, donde permiten el desplazamiento de aquella maquinaria y vehículos que se encargarán de realizar dichas operaciones.

Tras el dimensionado de todos aquellos elementos requeridos por la normativa actual vigente, se ha calculado el tiempo estimado para ejecutar el proyecto en función de los rendimientos de las capacidades operativas del Regimiento De Ingenieros nº 7, unidad que se considera encargada para ejecutar el proyecto. Finalmente, tras determinar los recursos necesarios en función del tiempo y capacidades, se ha calculado un presupuesto estimado de la obra.

## PALABRAS CLAVE

Aeródromo, Ceuta, Helicópteros, Logística y Militar



## **ABSTRACT**

In this project, we analysed the possibility of establishing a military airfield in Ceuta. This airfield should be able to carry out logistical tasks for all rotary-wing aircraft in active service with the Army's Air Mobile Forces. This has been proposed because, although there is a military airfield in Ceuta, it is not in a position to carry out these tasks due to its condition and other reasons, which were studied in the project. It has been established as a priority that the new airfield should meet the requirements to form part of the international community, complying with the standards demanded both in terms of organisation and regulations, which are the responsibility of the body in charge of the diplomatic management of international airspace, International Civil Aviation Organisation (ICAO).

The current airfield does not have sufficient capacity to deal with extraordinary situations in the area, which is why it has also sought to increase it. Additionally, if this airfield were part of the International Civil Aviation Organisation, it would be able to receive international support, thus multiplying the capabilities, not only of the airfield but also of the military forces of the Ceuta General Command.

All of this has been achieved thanks to a series of studies and methodology, with the review and compliance with current regulations and the standards recommended by the Civil Aviation Organisation. The studies included climatic, terrain, and physical studies. Several digital mapping tools and calculation and drawing software have been vital for their execution.

After its execution, it has been possible to design an airfield, which can land 3 military aircraft, as well as 3 parking positions. The installation of the parking stands is of vital importance, as all logistical operations will be carried out there, such as refuelling and ammunition of those aircraft that require it. The establishment of fuel depots or powder magazines is also being considered but will be ruled out due to the risk involved in installing them in such a small space. In addition, all the elements installed in the new airfield will be connected by a logistics communication route that connects both ends of the airfield, allowing the movement of the machinery and vehicles that will be responsible for carrying out these operations.

After sizing all the elements required by the current regulations in force, the estimated time to execute the project has been calculated based on the performance of the operational capabilities of the 7th Engineer Regiment, the unit considered to be in charge of executing the project. Finally, after establishing the necessary resources in terms of time and capabilities, an estimated budget for the work has been calculated.

## **KEYWORDS**

Airfield, Ceuta, Helicopters, Logistics and Army



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Objetivos y metodología</b>	<b>2</b>
2.1. Objetivos y alcance	2
2.2. Metodología	3
2.2.1. Métodos cualitativos	3
2.2.2. Métodos cuantitativos	3
2.2.3. Metodos mixtos	4
<b>3. Antecedentes</b>	<b>5</b>
3.1. Marco general	5
3.2. Normativa	5
<b>4. Emplazamientos y análisis del terreno</b>	<b>7</b>
4.1. Emplazamientos	7
4.1.1. Localización de otros helipuertos con respecto a la plaza de Ceuta	7
4.1.2. Selección de emplazamiento	9
4.2. Análisis del terreno	14
4.2.1. Climatología	14
4.2.2. Estudio del terreno	16
<b>5. Diseño de aeródromo</b>	<b>19</b>
5.1. Elementos de helipuertos y medidas correspondientes	20
5.2. Digitalización	21
5.3. Dimensionado en funcion de la normativa	21
5.4. Diseño estructural	24
5.4.1. Nivelado	24
5.4.2. Dimensionado y estudio de hormigón	25
<b>6. Organización del trabajo</b>	<b>29</b>
6.1. Organización del terreno	31
6.1.1. Levantamiento de hormigón en mal estado	31
6.1.2. Movimiento de tierra	31



6.1.3.	Nivelado del terreno .....	32
6.1.4.	Compactado del terreno .....	33
6.2.	Hormigonado .....	33
6.3.	Señalización .....	33
6.4.	Instalación eléctrica .....	34
<b>7.</b>	<b>Presupuesto .....</b>	<b>34</b>
7.1.	Infraestructura para aeronaves (fato/tlof, cr, pe) .....	34
7.2.	Infraestructura logística .....	35
7.3.	Personal.....	36
7.4.	Señalización .....	37
7.4.1.	Señalización horizontal .....	37
7.4.2.	Señalización lumínica .....	37
<b>8.</b>	<b>Conclusiones y líneas futuras .....</b>	<b>38</b>
	<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>39</b>
	<b>Anexos .....</b>	<b>43</b>
	Anexo I. Marco legal.....	43
	Anexo II. Datos de helipuertos ENAIRE .....	47
	Anexo III. Entrevistas.....	48
	Anexo IV. Datos climáticos de Ceuta .....	52
	Anexo V. Datos Geológicos de Ceuta.....	55
	Anexo VI Reportaje fotográfico del HLZ-6.....	56
	Anexo VII Características técnicas de helicópteros pertenecientes a las FAMET .....	61
	Anexo VIII Planos del aeródromo HLZ-6.....	66
	Anexo IX Datos CYPECAD .....	67
	Anexo X Diagrama de Gantt y Estructura Desglose de Trabajo.....	76



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distancias diferentes helipuertos más relevantes hasta Ceuta. Fuente: Google Earth Pro	8
Figura 2. Imagen de Ceuta con los diferentes emplazamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia	10
Figura 3 Explanada de prácticas para el carnet tipo-C para militares (HLZ-1). Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 4 Rosa de Vientos correspondiente al año 2020. Fuente: Meteoblue	14
Figura 5 Diagrama de fuerzas de un helicóptero. Fuente: (Barcala, Ángel and Sevillano, no date)	15
Figura 6 Maniobra de despegue y aterrizaje. Fuente: (Barcala, Ángel and Sevillano, no date)	15
Figura 7 Vista microscópica de un suelo limoso. Fuente: Mecánica de suelos 5º ACING.	17
Figura 8 Análisis de pendientes (sin filtro). Fuente: Elaboración propia	17
Figura 9 Análisis de pendientes (con filtro). Fuente: Elaboración propia, Carta Digital	18
Figura 10. Visibilidad del HLZ-6 desde perspectiva enemiga. Fuente: Elaboración propia, Carta Digital	18
Figura 11. Visión de unidad AAA sobre el HLZ-6. Fuente: Elaboración propia. Carta Digital	19
Figura 12 Diagrama Ishikawa. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 12 Digitalización en Carta Digital. Fuente: Elaboración Propia	21
Figura 13 Digitalización en AutoCAD Fuente: Elaboración propia, AutoCAD.	21
Figura 15 Cono de viento normalizado. Fuente: Manual de Helipuertos Doc. 9261	24
Figura 16 Disposición de juntas en una calzada. Fuente: (Rugosidad en pavimentos de hormigón. Influencia de la temperatura – Revista Vial, no date)	27
Figura 17 Dimensionado FATO, CR y PE. Fuente: Elaboración propia. CYPECAD	28
Figura 18 Dimensionado de vías logísticas. Fuente: Elaboración propia. CYPECAD	28
Figura 19 Perfil topográfico de terraplén en la zona Sur-Oeste. Fuente: Carta Digital	32
Figura 20 Señalización lumínica en zona TLOF. Fuente: RD 13002/2015	37



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla emplazamientos, Elaboración propia	9
Tabla 2 Criterios de selección con ponderación correspondiente. Fuente: Elaboración Propia	11
Tabla 3 Análisis multicriterio para selección de emplazamiento. Fuente: Elaboración propia	12
Tabla 4 Humedades relativas de Ceuta. Fuente: (El Clima en Ceuta, España, no date)	16
Tabla 5 Características técnicas de Aeronaves pertenecientes a las FAMET. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del VADECUM REMER (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2015).	20
Tabla 6 Matriz de aeronaves permitidas por zona y puesto de aterrizaje. Feunte: Elaboración Propia	23
Tabla 7 Dimensiones finales por normativa de helipuertos, vías y áreas logísticas establecidos. Fuente: Elaboración propia.	23
Tabla 8 Esfuerzos sobre helipuertos. Fuente: Elaboración Propia	26
Tabla 9 Datos pertinentes para el cálculo en CYPECAD. Fuente: Elaboración propia.	26
Tabla 10 Cuantías de obra de infraestructura aeronáutica. Fuente: CYPECAD	29
Tabla 11. Cuantías de obra de infraestructura logística. Fuente: CYPECAD	29
Tabla 12 Lista personal. Fuente: Plantilla orgánica de Uso Oficial	30
Tabla 13 Lista del tren de máquinas de la SC de máquinas del RING 7. Fuente: Plantilla orgánica de CIA Apoyo, RING7.	30
Tabla 14 Presupuesto desglosado de Infraestructura destinada a aeronaves. Fuente: Elaboración propia, Arquímedes, CYPE.	35
Tabla 15 Presupuesto desglosado de la infraestructura destinada a la logística. Fuente: Elaboración propia, Arquímedes, CYPE	36
Tabla 16 Desglose sueldos base. Fuente: Elaboración propia, Reglamento de retribuciones del personal las FAS y complementos por Comisión de Servicio.	36



## Abreviaturas, siglas y acrónimos

AEMET	-	Agencia Estatal de Meteorología
AENA	-	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
ASO	-	Área de Seguridad Operacional
BOE	-	Boletín Oficial del Estado
Cap	-	Capitán
COMGE	-	Comandante General
COMGECEU	-	Comandancia General de Ceuta
CR	-	Calle de rodaje en tierra
D	-	Dimensión máxima del helicóptero
DIRMIL	-	Director Militar
EA	-	Ejército del Aire
EDT	-	Estructura desglose de trabajo
EHE-08	-	Instrucción de hormigón estructural
ET	-	Ejército de Tierra
FAMET	-	Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra
FATO	-	Final Approach and Take Off
GCW	-	Peso Bruto Combinado
HLZ	-	Helicopter Land Zone
IGME	-	Instituto Geológico y Minero de España
IGN	-	Instituto Geográfico Nacional
IRE	-	Comisión de servicio
MINISDEF	-	Ministerio de Defensa
MTOM	-	Masa Máxima de Despegue
OACI	-	Organización de Aviación Civil Internacional
OTAN	-	Organización Tratado Atlántico Norte
PG-3	-	Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes
RD	-	Diámetro del rotor del helicóptero
RD	-	Real Decreto
SIGTEL	-	Sistemas de Información de Gestión y Teledetección
TLOF	-	Touchdown and Lift-Off
UCVV	-	Anchura Máxima del tren de aterrizaje
UE	-	Unión Europea
USBA	-	Unidad de Servicios de Bases y Acuartelamientos





## 1. INTRODUCCIÓN

Haga clic o pulse aquí para escribir texto. Es evidente en la actualidad la importancia que tienen las aeronaves de ala rotatoria, dando versatilidad y agilidad a gran parte de las actividades y unidades militares de las unidades del Ejército de Tierra, tanto en territorio nacional como en zona de operaciones. Por ello es una prioridad, que, en todos los puntos geopolíticamente estratégicos del territorio nacional, sean conflictivos o no, exista la posibilidad de acoger a un helicóptero militar. No solo que tengan la capacidad de aterrizar, sino que se les pueda dotar de un mantenimiento, un lugar donde se pueda realizar el repostaje del combustible de la manera más eficiente, y puedan realizar de forma adecuada transporte de materiales y personal o incluso municionamiento de aeronaves de combate.

Teniendo en cuenta esto, la plaza de Ceuta es un punto estratégico importante, tanto geográficamente, siendo la frontera sur, no solo de España sino, de la Unión Europea, como geopolíticamente, al encontrarse cercano a uno de los sitios actualmente más conflictivos a nivel mundial. Su situación próxima a la puerta que conecta el Mar Mediterráneo con el Océano Atlántico a través del Estrecho de Gibraltar, también convierte a esta ciudad autónoma en uno de los puntos de paso más importantes a nivel mundial.

Es de interés resaltar, que la otra Ciudad Autónoma, Melilla, sí que tiene un aeródromo con carácter militar, que es capaz de recibir a distintas aeronaves militares y dotarlas de aquellas labores logísticas necesarias, sin embargo, ¿por qué Ceuta no tiene esa capacidad? A lo largo del presente proyecto, los diferentes antecedentes radican en la construcción de este, y a la insolvencia del actual aeródromo militar que se encuentra en la zona.

Por lo tanto, con este proyecto se plantea la posibilidad de su ejecución justificando todos los factores que influyen: el terreno, el cual es un factor determinante para el proyecto; la climatología, variable importante para la situación del aeródromo y las acciones de aterrizar y despegar las aeronaves; la geografía, tanto estratégica como física; así como la normativa vigente tanto en el marco legal nacional como internacional, todas estas variables han tenido una gran repercusión durante la realización del proyecto.

Con todos estos factores considerados, se ha planteado un estudio estructural de la infraestructura, en la que se tendrán en cuenta, ya no sólo las variables meteorológicas o del terreno estudiados, sino que también otras como lo son el peso o la resistencia que la estructura deba soportar, es decir los esfuerzos ejercidos sobre la infraestructura de aquellos materiales, vehículos o maquinaria que se posarán sobre ella.

Al tratarse de un proyecto de interés nacional, también se hará una estimación de coste que puede conllevar, y por lo tanto una organización del trabajo. Ha sido necesario estimar una línea temporal, para calcular los costes que pueden llevar ejecutar el proyecto y con ello, calcular un presupuesto aproximado.

Con el presente proyecto, y también por su interés internacional, se busca conseguir todos aquellos factores necesarios, para que el siguiente aeródromo forme parte de la organización de la (Organización de Aviación Internacional). Para ello se buscará, que además de que se encuentre en perfecto estado, este compuesto por los elementos necesarios dictados por la normativa vigente.

Finalmente, merece la pena resaltar para la realización de este proyecto ha sido vital la participación del RING 7, perteneciente a la Comandancia General de Ceuta (COMGECEU), siendo la unidad en la que he estado destinado temporalmente para la ejecución de las prácticas externas (PEXT). Se trata de la unidad más antigua del arma de ingenieros creada por el Real Decreto de 5 de septiembre de 1802 y con antigüedad de abril de 1711 siendo entonces el Regimiento Real de Zapadores Minadores. Su importancia radica en que es la única unidad en la COMGECEU capaz de ejecutar y responsabilizarse de dicho proyecto, ya que posee los medios necesarios, pudiendo ser posible e incluso necesario el apoyo de otras unidades pertenecientes a la ciudad autónoma, tanto en el ámbito de personal como de material. "La COMGECEU es responsable de la defensa militar inmediata del territorio español dentro de su zona de responsabilidad, así como colaborar con las autoridades civiles en casos de grave riesgo, catástrofe, calamidad u otras necesidades públicas" (Ministerio de Defensa, no date). A lo largo del proyecto, en concreto con la ejecución de los trabajos necesarios para la construcción del aeródromo, se ha considerado el uso de la orgánica del regimiento y la maquinaria que este posee, y cómo este trabajo se adecua a la responsabilidad primordial de la Comandancia.



## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal, consiste en realizar un proyecto de construcción de un aeródromo para aeronaves de ala rotatoria pertenecientes a las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET) en la Comandancia General de Ceuta. De esta manera se conseguiría proporcionar a la ciudad autónoma de una infraestructura en la cual se podrían ejecutar las labores de mantenimiento, abastecimiento y logísticas que estas requieren.

Por consiguiente, han sido necesarios la ejecución de varios estudios previos para la ejecución del proyecto. En el siguiente listado se puede observar los diferentes hitos que se han llevado a cabo, para así conseguir el objetivo principal:

- Estudiar geográficamente y de manera general la plaza de Ceuta
- Realizar un estudio de los aeródromos ubicados en la península en función de diferentes factores.
- Realizar un análisis del terreno de la plaza de Ceuta, en el que incluirá la topografía y estudio geológico del terreno.
- Realizar un análisis meteorológico del clima de Ceuta donde se incluirán variables importantes como lo son el viento, temperatura, humedad y pluviometría de la zona.
- Analizar las posibles ubicaciones de emplazamiento para un aeródromo destinado a aeronaves de ala rotatoria
- Hacer un estudio de los alrededores y de la zona en sí.
- Recopilar la normativa vigente, para ser aplicada al presente proyecto de construcción
- Desarrollar el apartado estructural de la infraestructura
- Preparar el presupuesto y la organización del trabajo previsto
- Obtener los planos finales del proyecto

El alcance del proyecto finalmente abarca los objetivos mencionados anteriormente. Sin embargo, si la construcción del aeródromo sigue adelante, otros apartados, que son necesarios para la ejecución de un proyecto construcción de estas características, deberán ser ejecutados por personal cualificado.

Por ejemplo, en el caso de la instalación eléctrica, la cual debe estar planteada y aprobada, previamente a la ejecución del proyecto, se considerará su ejecución por parte de la unidad mencionada. Dicha unidad pertenece a órganos como es la oficina técnica que cuenta con el personal correspondiente para la realización de este tipo de actividades, o también como posible proyecto adicional al presente. Esta instalación, será necesaria realizarla previamente. Ya que esta deberá estar lista para el proceso de hormigonado posterior.

El trámite de documentos oficiales, no se contemplan en el siguiente proyecto, ya que se encargaría una oficina particular o en nuestro caso la S-4. Se trata de la unidad con el cometido de ejecutar los trámites logísticos y la elevación de documentos oficiales mediante la cadena orgánica de la unidad, hasta el mando correspondiente. En diferentes situaciones, como puede ser la ejecución de este proyecto, también podrían involucrarse otras unidades auxiliares como son la S-1 la S-2 o la S-3.

Otro proceso burocrático que se omite en este proyecto, es el de reconocimiento por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), ya que otra de las razones que se buscan con este proyecto, es el de formar parte de esta institución. Para ello, sería necesario, una vez obtenidos los datos relevantes y ejecutado su construcción, una ejecución de trámites de documentos oficiales que tampoco se contemplan en el proyecto, ya que como se ha mencionado anteriormente, otros órganos se encargarían de llevarlos a cabo.

Para el establecimiento de las rutas de aproximación, no han sido contempladas en el proyecto, debido a que al tratar de pertenecer a un ámbito fuera de la jurisdicción del ET, se considera que para establecer unas rutas de entrada y salida al aeródromo sea un órgano con potestad para poder alterar o estudiar las



diferentes rutas aéreas que sobrevuelan la plaza de Ceuta. Por ello, así como en el RD 13062/2015, si se plantean las directrices de entrada para aeródromos, por dicha razón no se plantearán en el proyecto (Ministerio de Fomento, 2015).

## 2.2. METODOLOGÍA

Debido al marco y al alcance que se quiere conseguir con el proyecto, se han utilizado tanto métodos cualitativos como cuantitativos, dándose la situación de incluso el uso de métodos mixtos. Por ello, haciendo una observación de los hitos u objetivos específicos anteriores, se resaltan a continuación métodos utilizados a lo largo del presente trabajo.

### 2.2.1. MÉTODOS CUALITATIVOS

En primer lugar, fue necesario el **análisis digital** de mapas en herramientas y plataformas como Carta Digital, (Antonio Luis Montealegre, 2020). Sin embargo, tras la obtención de archivos en la plataforma online del Instituto Geográfico Nacional (IGN), (*Centro de Descargas del CNIG (IGN)*, no date a), se ha observado que la zona de estudio, al tratarse de un recinto militar, se encontraba difuminada y no se podía hacer un análisis objetivo de la zona en concreto como se podrá observar más adelante. Por ello, para realizar un correcto análisis de la zona a estudiar y otras ubicaciones, fue necesaria la herramienta Google Earth Pro, (Google Inc., 2021). Se ha realizado mediante esta plataforma, ya que la zona a estudiar en cambio, no tenía difuminada el recinto.

También se ha ejecutado una serie de consultas (tanto matriciales como vectoriales) que se han estudiado en la asignatura de sistemas de información de gestión y teledetección (SIGTEL). Con ellas se ha podido extraer información con la implementación de capas ráster, las cuales ayudan a observar de una forma más visual información del terreno, que en una ortofoto del terreno no se proporciona.

Para el estudio geológico del terreno, fue importante el **análisis** de mapas geológicos extraídos del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), (Instituto Geológico y Minero de España., Sánchez Gómez and Pineda Velasco, 2013) que nos proporcionan información sobre el tipo de terreno que hay en la zona, y el cual será determinante para el posterior emplazamiento de la estructura.

Se ha realizado **entrevistas**, como la que se realizó al capitán piloto don Enrique Muñoz Manjón y de la que se extrajo información muy útil. Fue importante la información extraída, ya que un piloto con experiencia en este caso, en la que ha participado en varias misiones en zona de operaciones (ZO) y muchas en territorio nacional. En varios casos respondiendo al tipo de aeródromos que a él personalmente le parecían correctas, entre otros muchos datos.

Para seguir la normativa vigente en relación a los aeródromos ha sido necesaria la **revisión documental** de varios manuales, instrucciones generales, normas técnicas y normativa correspondiente como se profundizará en el apartado 3.2 Normativa del presente proyecto.

Otro método, ha sido el de la **observación in situ** del terreno, ya que, al tratarse de un terreno no muy extenso, el de la plaza de Ceuta, ha permitido el poder visitar los lugares y observación directa de las zonas, permitiendo sacar conclusiones que no se pueden obtener digitalmente ni en una ortofoto.

### 2.2.2. MÉTODOS CUANTITATIVOS

Los métodos cuantitativos han sido mayoritariamente ejecutados durante el dimensionado del aeródromo. Sin embargo, para la extracción de los datos para el apartado del estudio climático, se han tenido en cuenta diferentes mediciones tomadas por una de las estaciones meteorológicas en Ceuta. Dicha estación, se encontraba en el recinto en el que se ejecutaría el proyecto, como se observará más adelante, apartado 4.2. Todos ellos extraídos de la base de datos, (*Base de datos meteorológica. Consulta de Datos de Viento*, no date), base de datos extraídos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

Por otra parte, ha sido necesaria la realización de cálculos para el dimensionado de las plataformas de hormigón. Estos cálculos fueron mayoritariamente ejecutados mediante la herramienta CYPECAD, la cual permite el dimensionado y cálculo de estructuras de hormigón.



### 2.2.3. METODOS MIXTOS

Un método que se puede catalogar como mixto y que también se ha utilizado en el presente proyecto ha sido **análisis multicriterio**. En este, se obtienen una serie de criterios, o factores cualitativos y una serie de alternativas, a los cuales se les asigna un valor numérico. De esta manera, se consigue cuantificar cada una de las alternativas mediante un *Score* como explica (Roche, no date) y así poder discernir entre ellas, la más relevante de manera objetiva.

También, se considera un método mixto el uso de la herramienta **AutoCAD**, la cual ha permitido de manera cualitativa digitalizar el terreno, en función de las restricciones, concretamente de las mediciones exigidas por normativa, y plasmarlas digitalmente con un valor numérico, consiguiendo la elaboración de planos a escala cumpliendo los parámetros legales. Además, ha sido necesaria para ajustar la nueva infraestructura al recinto y para el posterior cálculo mediante la herramienta CYPECAD.

Se han usado otras herramientas para la **gestión del tiempo**, como por ejemplo el uso del software de Project Libre, la cual tras haber realizado los cálculos en función de los rendimientos de la maquinaria. Se han obtenido los tiempos estimados de duración. Por lo que se han podido plasmar visualmente con esta herramienta mediante Estructuras Desglose Trabajo o Diagrama de Gantt.



### 3. ANTECEDENTES

En cuanto al marco teórico del proyecto, se van a incluir una serie de factores y variables fundamentales necesarias para el posterior desarrollo del proyecto, en el presente caso el, diseño estructural del supuesto aeródromo. Por ello se dividen en las siguientes variables a tener en cuenta, que definirán los marcos de actuación.

#### 3.1. MARCO GENERAL

En Ceuta es importante resaltar que ya existen varias plataformas o helipuertos de superficie con carácter civil, incluso hasta una pequeña pista para aeroplanos. También destaca un aeródromo militar ubicado en la Base Pardo de Santayana, Cuartel General de la COMGECEU, que ha tenido importantes labores logísticas, como el transporte de material sanitario requerido en la plaza durante la pandemia de la COVID-19. Durante la estancia en las PEXT, se ha observado, como la ciudad destaca por ser un espacio de terreno reducido. Esto ha resultado que Ceuta, con tantos años de historia, se encuentra muy edificada, dando lugar a muy poco de espacio aprovechable. Lo que implica a que se priorice un aprovechamiento del terreno o parcelas ya existentes para el proyecto como se verá más adelante en el apartado 4 Emplazamientos y Análisis del terreno.

También ha habido otros sucesos que han impulsado la importancia geoestratégica. El salto masivo del pasado marzo de 2021 (Sakona Javier, 2021) por parte de miles de inmigrantes provenientes del norte y este de África justifican dicha importancia. Quizá, los helipuertos tanto civiles, como el militar, ante una situación de mayor amenaza, no podrían haber suplido las necesidades de la ciudad. Otro ejemplo, fue el transporte masivo de material sanitario o personal a través de vía aérea (la Verdad de Ceuta, 2020). Por estas razones, es importante promover el uso de las vías aéreas, frente a otras vías, como las marítimas, ya que estas pueden ser más costosas y lentas para la realización de labores logísticas.

Cabe destacar que la otra ciudad autónoma, Melilla, sí que tiene la capacidad de albergar a varias aeronaves que pertenecen a las FAMET, proporcionándoles un mantenimiento y abastecimiento que en la plaza de Ceuta actualmente no se puede realizar. Además, si se planteará la hipotética situación en la que Melilla debiera asumir la actividad logística correspondiente al espacio aéreo de Ceuta, la distancia existente entre ambas ralentizaría todos estos procesos. Lo que apoya la necesidad de la infraestructura en Ceuta.

En cuanto al marco de actuación, lo lógico es recurrir a los helipuertos tanto militares como civiles situados en la zona de la comunidad autónoma de Andalucía. Sin embargo, como se observa en la Figura 1, sobre el estudio de los emplazamientos, se observa una imagen generalizada de los diferentes helipuertos y las distancias hasta Ceuta. Por cercanía, podríamos suponer que el helipuerto de Algeciras podría suplir el margen de actuación del espacio aéreo de Ceuta. Sin embargo, a pesar de la poca distancia a la que se encuentran, no justifica que se pueda proporcionar a las aeronaves de la logística necesaria para las futuras misiones en el espacio ceutí que se les encomendasen.

#### 3.2. NORMATIVA

Uno de los pilares fundamentales del proyecto han sido diferentes manuales y Reales Decretos que describen la normativa a seguir en el ámbito nacional e internacional.

Como se ha nombrado anteriormente la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), es la institución que gestiona las administraciones burocráticas en el ámbito de las relaciones diplomáticas entre los 193 países diferentes y firmantes del Convenio de Chicago de 1944. Para el presente proyecto, ha sido de vital importancia la extracción de información que proporciona esta organización, sobre todos los aeródromos respaldados por esta. Sin embargo, cabe resaltar la OACI no dictamina unos reglamentos normalizados internacionalmente. Cada uno de los países que participan con la OACI redacta sus propios reglamentos, en relación a diferentes apartados de los requisitos aéreos, como lo son las servidumbres aéreas, reglamentos sobre construcción de helipuertos o requisitos correspondientes.

En consecuencia, la organización encargada de gestionar la navegación aérea con la OACI, es la institución Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (Aena); sin embargo, se trata de una filial que más



adelante se pasó a denominar ENAIRE. Esta como explica el diccionario panhispánico del español jurídico, (*Definición de ENAIRE - Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE*, no date) “Entidad pública empresarial con competencias en materia de navegación aérea y espacio aéreo, que asume la coordinación operativa nacional e internacional de la red nacional de gestión del tráfico aéreo y otras relacionadas con los usos para la gestión eficiente del espacio aéreo. Antes Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea”. Por lo tanto, esta es la que se coordina con la OACI, y la cual proporciona todos los datos correspondientes, sobre los aeródromos registrados en la presente. En ella los pilotos pueden extraer la información necesaria para aterrizar o despegar sus aeronaves en los respectivos aeródromos. Por ello ha sido muy importante esta fuente de datos para el presente proyecto. Ya que se extrajo la información de aquellos aeródromos más importantes para el estudio de los márgenes de actuación como se verá en el apartado 4.1.1 “Localización de otros helipuertos respecto a la plaza de Ceuta”.

Esto conlleva al siguiente documento fundamental para el desarrollo del trabajo, “El manual de helipuertos/Doc. 9261”, (OACI, 1995). Se trata del manual que cubre los tres tipos de helipuertos principales, de superficie, elevados o heliplataformas.

Por consiguiente, como se ha mencionado anteriormente la OACI no es la responsable de redactar el respaldo legal en cada país, por lo que en España se publicaron varios Reales Decretos en relación al diseño de helipuertos. En concreto y el más determinante para el proyecto, ha sido el Anexo IV del RD 1070/2015 según los datos extraídos (véase Anexo I de resumen del Marco Legal de este proyecto) (Ministerio de Fomento, 2015). En este documento oficial, se explican y detallan las medidas y características reglamentadas para aeródromos de aviones y helicópteros. Sin embargo, para el ámbito de este proyecto, se ha centrado en el apartado para helicópteros, que en concreto se explica en el Anexo IV de este mismo RD, convirtiéndose en uno de los pilares fundamentales del aeródromo que se ha diseñado ya sea en el ámbito visual, lumínico como estructural.

Otra normativa necesaria para el presente ámbito de aplicación, ha sido el documento EHE-08 Instrucción de hormigón estructural, (Secretaría general técnica, 2010). Esta normativa ha sido clave para los cálculos realizados en el ámbito de las investigaciones estructurales, tanto en el tipo de hormigón que utilizar en función del tipo de terrenos en los que se encuentra el territorio o zona de explanación, como la necesidad de forjados para diferentes tipos de esfuerzos sobre las losas de hormigón.

Al tratarse de un aeródromo en el que se dotará de vías de comunicación para los diferentes vehículos que se encargaran de las diversas tareas logísticas, será necesaria la visualización del “Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes”, (Ministerio de Fomento, 2014) para los cálculos y reglamentos para vías de tráfico poco fluido, como se verá más adelante en el apartado 5.2.2 Dimensionado.

Durante el dimensionado de las estructuras de hormigón, se han calculado los resultados con la herramienta CYPECAD. La cual, para los cálculos utilizan las siguientes instrucciones técnicas como DBE-SE-AE, (Estructural, 2009) para el dimensionado del forjado correspondiente, como se observará más adelante en el apartado. Además, como se ha mencionado anteriormente, para el dimensionado y cálculos de hormigón, se ha establecido la normativa vigente que se ha mencionado anteriormente, el EHE-08.



## 4. EMPLAZAMIENTOS Y ANÁLISIS DEL TERRENO

### 4.1. EMPLAZAMIENTOS

#### 4.1.1. LOCALIZACIÓN DE OTROS HELIPUERTOS CON RESPECTO A LA PLAZA DE CEUTA

Como se ha resaltado en el marco general, es importante determinar el margen de actuación en el espacio aéreo, es decir, en qué aeródromos un helicóptero o una aeronave militar puede aterrizar. Además, debe asegurarse que el lugar de aterrizaje disponga de los materiales necesarios para realizarle las labores logísticas. Según los datos de helipuertos pertenecientes a la red de ENAIRE, (*AIP España*, no date) (véase Anexo II) se pueden tener en cuenta diferentes aeródromos para repostaje e incluso mantenimiento. Según la respuesta a la cuestión 4 de la entrevista realizada (véase Anexo III): *“En cuanto a las capacidades de los helipuertos militares españoles, muchas de ellas te vienen en la propia página del AIP (Colmenar Viejo, Logroño-Agoncillo, Bétera, El Coper, Almagro y Tenerife). De repostaje y mantenimiento, todos ellos tienen un mantenimiento hasta un cierto escalón.”*

Sin embargo, otro de los factores a tener en cuenta de aquellos aeródromos que se encuentran ubicados en la península es si existe un proceso de **municionamiento**. Existe un factor determinante en relación al apartado logístico, ya que, el municionamiento depende de si existe un polvorín o no. Sólo unas pocas provincias tienen esa capacidad. Como se observa en la entrevista realizada al capitán Don Enrique Muñoz Manjón, en respuesta a la cuestión 4 (véase Anexo III):

*“Otra cosa es el tema del municionamiento, para ello hacen falta equipos de municionamiento, que a día de hoy solo los tiene el BHELA I en Almagro (Batallón de Helicópteros de Ataque). ¿Quién compone dichos equipos? Pues personal de la rama de Armeros (Especialistas), que estén calificados en dicho modelo. Es decir, si despliegan dos Tigres en Zaragoza, tendrán que ir armeros del modelo para realizar el municionamiento. Que tiene que cumplir un helipuerto para que se pueda realizar el municionamiento de un Tigre, pues que tenga una zona de armado y desarmado. Esto suele ser, una zona apartada, protegida por un merlón o algo por si al piloto del Tigre, comete alguna negligencia durante el proceso de aterrizaje o despegue en las proximidades de la zona. Si cumple eso, estaría listo.”*

Otro de los hechos a tener en cuenta para la determinación del aeródromo, ha sido si un helicóptero militar puede aterrizar en un aeródromo gestionado por una institución civil. Como responde el capitán piloto en durante la entrevista (véase Anexo III):

*“La respuesta es sí. La forma en la que operamos es a través de planes de vuelo que se presentan en una oficina de preparación de vuelos (a veces suele ser en una torre de control). En ese plan de vuelos, además de poner datos de la aeronave, pasajeros etc., se indica la ruta a seguir y el denominador OACI del aeropuerto/helipuerto”.*

Por consiguiente, según estos parámetros, se realizó una recopilación de información, de los aeródromos más importantes de España. Se plasmó mediante la herramienta de Google Earth Pro, (Google Inc., 2021) la cual permitió observar la distancia en línea recta desde los respectivos hasta la plaza de Ceuta – véase la Figura 1.



Figura 1 Distancias diferentes helipuertos más relevantes hasta Ceuta. Fuente: Google Earth Pro

Según la tabla de recopilación de datos de dichos aeródromos (véase Anexo II) se pueden encontrar los datos relevantes, extraídos del Servicio de Información aeronáutica (*AIP España*, no date).

Como se puede observar, el aeródromo que permite estas servidumbres sería el ubicado en la Base Naval de Rota (Cádiz). Sin embargo, pertenece a otro ejército y podrían darse diferentes problemas en el ámbito logístico, como en el aprovisionamiento de piezas de repuesto o tipos de combustible, ya que proporcionan servidumbre mayoritariamente a aeronaves pertenecientes a la Armada o la Organización Tratado Atlántico Norte (OTAN). Además, la distancia que existe de esta a la ciudad autónoma son 121 km en línea recta. No obstante, esta distancia en cualquiera de las rutas aéreas no es literalmente recta, sino que estas deben seguir rutas aéreas y estas distancias son susceptible de cambio. Por ello, estas rutas en contraste con las autonomías de las aeronaves militares recogidas (véase Anexo II), provocan una disminución del margen de actuación en el espacio aéreo de Ceuta y Marruecos.

Por ejemplo, si en el caso de que un NH-90 despegara desde el aeródromo LERT (en la base naval de Rota, Cádiz), teniendo en cuenta de que tiene una autonomía de 982 km en el peor de los casos habría que restarle esos 121 km de ida y otros 121km de vuelta, es decir, 242 km. Es decir que realmente para realizar operaciones aéreas, ya contaría solo de 740 km, hasta que llega a la plaza de Ceuta. Además, en este caso sale desde Cádiz- Rota, sin embargo, si uno de estos helicópteros saliese desde el aeródromo LETO (Torrejón de Ardoz) ya sería de desplazamiento 537 km hasta Ceuta, susceptibles de ser una mayor distancia si se siguen las rutas aéreas. Por lo que debería hacer un aterrizaje antes de llegar a la plaza de Ceuta, para así tener autonomía en el espacio aéreo de Ceuta. En el caso de otros helicópteros, ni si quiera llegarían hasta la plaza de Ceuta como por ejemplo el AS-332, debido a su menor autonomía.

También, con respecto a la distancia, se observa que el helipuerto de Algeciras, se podría suponer que se podría realizar un uso de este para las futuras operaciones, debido a la cercanía. Sin embargo, se trata de un helipuerto de plataforma encima de un edificio, que además solo soporta 7 TM de MTOM, lo que conlleva a que la mayoría de las aeronaves de las FAMET no pudiesen ni si quiera aterrizar, además de que no se podrían hacer labores de repostaje ni mantenimiento.

Por todo ello, es una razón de peso que el Ministerio de Defensa dotase de un aeródromo militar preparado y bajo los estándares exigidos en la plaza de Ceuta. Este debería proveer a las aeronaves



militares de un abastecimiento y mantenimiento necesario, para las posibles operaciones futuras, en el espacio aéreo de Ceuta.

#### 4.1.2. SELECCIÓN DE EMPLAZAMIENTO

Una vez decidido, el emplazamiento en la plaza de Ceuta, se procedió a la selección del terreno o recinto donde se ejecutaría el aeródromo.

Por ello se ha hecho un estudio detallado de las posibles explanadas del territorio ceutí. Como se puede observar en el siguiente plano Figura 2 y Tabla 1 del territorio, se observa 6 diferentes zonas ubicadas con estas coordenadas. Estos emplazamientos, ya que al tratarse Ceuta de una extensión de terreno muy edificada y con una orografía muy abrupta, como veremos en el apartado 4.2.2 , se escogieron aquellos recintos que tenían una mayor extensión de terreno sin edificar a primera vista. Como veremos en el siguiente apartado, como método de decisión, se realiza un análisis multicriterio en el que se le da bastante ponderación a la importancia que tiene la superficie.

Emplazamientos	Descripción/uso actual	EJE X	EJE Y
HLZ-1	Explanada de prácticas para carnet tipo -C para militares	288368.48	3974150.28
HLZ-2	Parcela pública con posible uso de vertedero en zona industrial	289098.00	3973403.00
HLZ-3	Parcela del Puerto Comercial de Ceuta	289927.38	3975095.69
HLZ-4	Finca privada	289006.00	3974744.00
HLZ-5	Zona de embolsamiento	288680.00	3973006.00
HLZ-6	Aeródromo en la base Pardo Santayana (CG de COMGECEU)	288218.00	3974028.00

Tabla 1. Tabla emplazamientos. Fuente: Elaboración propia

En la Figura 2. Imagen de Ceuta con los diferentes emplazamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia se puede observar, como mediante la herramienta de Carta Digital, (Antonio Luis Montealegre, 2020) se estudió de manera digital los emplazamientos. Estos mapas fueron extraídos del Instituto Geográfico Nacional (*Centro de Descargas del CNIG (IGN)*, no date b) En esta imagen, se tiene una mejor perspectiva de donde se ubican los posibles emplazamientos.

Se puede apreciar en la imagen, que prácticamente los posibles emplazamientos seleccionados, se encuentran en la zona oeste de la ciudad autónoma. Esto es debido a que como se verá en el apartado 4.2.2 , en la parte este de la península está Monte Hacho, en la que ya tiene cometidos estratégicos y además es una zona abrupta y más complicada para emplazar un aeródromo.

Otra de las razones por las que se descarta el establecimiento del aeródromo en esta zona, a pesar de la orografía, que no permite o complica la ejecución de un posible proyecto de obra, otros factores como son los desplazamientos y la poca accesibilidad a estas zonas. Se podría considerar su instalación en el lugar de la Fortificación del Hacho, Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, se trata del alojamiento de la unidad de artillería antiaérea y es de alta importancia estratégica de la COMGECEU, lo que justifica mayoritariamente descartar esta zona para el establecimiento del aeródromo.

También se puede observar que en la zona central tampoco se establece ningún posible emplazamiento. Esto es debido a que como se puede observar en la imagen, se encuentra excesivamente edificada, y no quedan emplazamientos con el suficiente espacio para instalar un aeródromo.

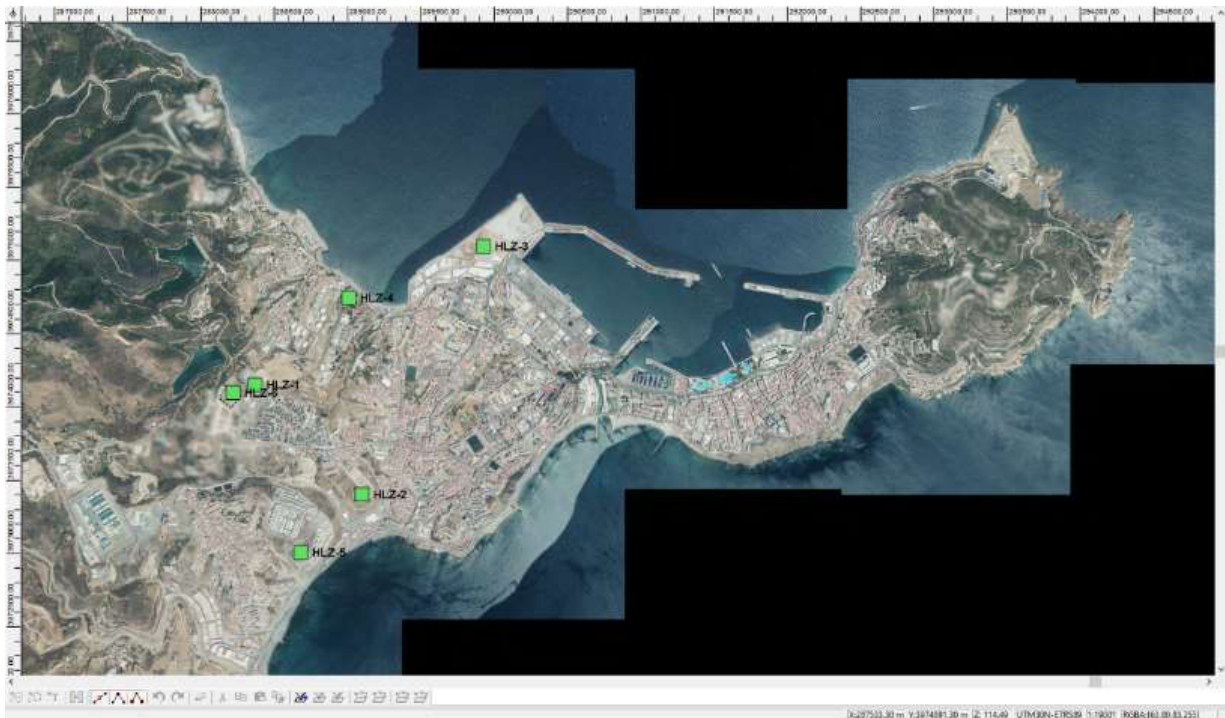


Figura 2. Imagen de Ceuta con los diferentes emplazamientos estudiados. Fuente: Elaboración propia

Para la selección se realizó un análisis multicriterio, como herramienta de decisión. A continuación, se detallan los pasos que se han seguido para llegar a la selección del emplazamiento.

#### Análisis multicriterio

En primer lugar, se escogieron los siguientes emplazamientos principalmente por su extensión en el terreno a priori. Sin embargo, el objetivo final, es determinar cuál es el emplazamiento idóneo del presente estudio, teniendo en cuenta otros factores iguales o más importantes que la extensión.

#### Alternativas

Como alternativas, consideraremos los 6 emplazamientos escogidos anteriormente con ubicación según la Tabla 1, del HLZ-1 a HLZ-6.

#### Criterios

Los criterios seleccionados son aquellos que se van a compenetrar, proporcionándoles una determinada ponderación (la importancia que se ha considerado).

<b>Privacidad</b> (Dificultad burocrática)	<b>Superficie</b> (Extensión en el terreno)
<b>Cercanía a la población</b> (Distancia a las zonas urbanas)	<b>Uso militar</b> (Importancia para COMGECEU para realizar diferentes usos de la zona)



### Ponderación de criterios

Para así valorar cada criterio seleccionado, se establece la siguiente ponderación, la cual refleja la importancia que se le dará a cada criterio. Estas ponderaciones como se puede observar se determinan en función de la relevancia.

1. Muy poco relevante
2. Poco relevante
3. Relevante
4. Muy relevante
5. Excesivamente relevante

De modo que como se observa en la Tabla 2, la “Cercanía a la población” es menos importante que la “superficie” ya que, en Ceuta, como se ha mencionado anteriormente al encontrarse tan edificada, tiene más importancia que haya más espacio que haya edificaciones que es usual en la zona.

En cuanto a la “privacidad” también cobra sentido que tenga un grado alto de relevancia, ya que el hecho de que una finca sea de un particular limitaría bastante el proceso de adquisición del emplazamiento.

Por último, se le ha asignado una ponderación de 3 al “uso militar” ya que un terreno ya tenga un carácter militar facilita las adquisiciones o el uso de ese terreno.

Obteniendo finalmente, esta valoración de los criterios:

Criterio	Valoración (Wi)
Privacidad	4
Superficie	5
Cercanía a la población	2
Uso militar	3

Tabla 2 Criterios de selección con ponderación correspondiente. Fuente: Elaboración Propia

### Ponderación de los diferentes emplazamientos

De manera similar, se ponderan las alternativas de los diferentes emplazamientos que se han escogido, escalando del 1 (peor) al 7 (mejor).

Es decir, si se puntúa con un 7 a la privacidad, querrá decir que no se tendría tantos problemas burocráticos al pertenecer a la misma institución. Por el contrario, si se puntuase con 1 en la variable población, significa que se encuentra muy cerca de la población y se valora negativamente.

Todos aquellos emplazamientos que se trataban de un terreno de propiedad privada, o perteneciente al ayuntamiento de Ceuta, se catalogan como uso militar mínimo (uso militar =1)

En cuanto a los valores que se establecen respecto a la cercanía de la población, se ha observado que se trata de una ciudad congestionada, y la cercanía es un problema con el que deberá lidiar los ciudadanos.

### Tabla de decisión

Para la tabla de decisión se ha realizado en función de un concepto denominado “Score” y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij}$$

- $S_j$  = Puntuación final de cada alternativa



- $w_i$  = Ponderación de lo diferentes criterios
- $r_{ij}$  = Ponderación de las alternativas  $j$  respecto los criterios  $i$

Criterio	Wi	HLZ-1	HLZ-2	HLZ-3	HLZ-4	HLZ-5	HLZ-6
Privacidad	4	7	2	2	2	1	7
Superficie	5	3	4	2	2	5	4
Cercanía a la población	2	4	5	3	3	2	4
Uso militar	1	1	1	1	1	1	7
<b>Score (Sj)</b>		<b>52</b>	<b>39</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>63</b>

Tabla 3 Análisis multicriterio para selección de emplazamiento. Fuente: Elaboración propia

### Análisis de resultados

#### HLZ-1:

- Privacidad: Al tratarse de un recinto militar, los trámites oficiales serían menores al no tener que compenetrarse con el ayuntamiento de Ceuta. Por lo tanto, al tratarse de una zona militar se le asigna la mayor puntuación.
- Superficie: Es una extensión amplia, al lado del helipuerto ya existente, en la base Pardo de Santayana, era bastante amplia. También se analizó con la herramienta de Carta Digital, y la extensión obtenida era muy aceptable para la ejecución del proyecto.
- Cercanía a la población: Al ser Ceuta, como se ha mencionado anteriormente, una ciudad muy edificada, es normal que se encuentre relativamente cerca de estos, sin embargo, dentro de las posibilidades la distancia máxima era unos 600 metros a la siguiente urbanización, lo que conlleva asignare una buena puntuación debido a la cierta lejanía que este emplazamiento tiene.
- Uso militar: Sin embargo, el uso que le da la COMGECEU a este recinto es para que los soldados o miembro pertenecientes a tropa y marinería, realicen prácticas para la obtención del carnet de tipo-c. En la siguiente figura se puede observar cómo realizaban prácticas mientras se visitó la zona.



Figura 3 Explanada de prácticas para el carnet tipo-C para militares (HLZ-1). Fuente: Elaboración propia.

#### HLZ-2:

- Privacidad: Se trata de un terreno sin privacidad,(Sede Electrónica del Catastro - Fondo mapa de España, no date) , durante la visita a la zona, se observó gran cúmulo de basura pareciendo una zona de que se



le daba uso de vertedero. Por lo que se considera que pertenece al ayuntamiento y por lo tanto se le da baja ponderación debida a esta razón.

- Superficie: En cuanto a la superficie, se trataba de una zona bastante extensa y elevada, por lo que se le asignó una buena puntuación
- Cercanía a la población: En cuanto a la cercanía, se trata de una zona próxima a un Mercadona (zona con afluencia de ciudadanos), y otros edificios residenciales, por lo que se le da poca puntuación por esta razón.
- Uso militar: El uso militar era nulo, ya que no tenía carácter militar así que se le asignó la mínima ponderación.

#### HLZ-3:

- Privacidad: También se trata de un territorio perteneciente al ayuntamiento, ya que se encuentra en y perteneciente al ayuntamiento de Ceuta por formar parte el Puerto Comercial de Ceuta (*Sede Electrónica del Catastro - Fondo mapa de España*, no date).
- Superficie: Se trata de una aceptable para el establecimiento de un aeródromo.
- Cercanía a la población: Se encuentra relativamente alejado de los primeros edificios residenciales, sin embargo, esta en la costa y por esa zona comienza el paseo marítimo hacia la playa de Benítez.
- Uso militar: Ninguno porque esta zona no tiene carácter militar.

#### HLZ-4:

- Privacidad: Se trata de una finca privada(*Sede Electrónica del Catastro - Fondo mapa de España*, no date)
- Superficie: Una superficie bastante pequeña en comparación con el resto de emplazamientos
- Cercanía a la población: Al ser una finca privada, y una zona residencial, se encontraba bastante cerca de la población.
- Uso militar: Zona de carácter civil, así que ningún uso militar

#### HLZ-5:

- Privacidad: Se denomina "Zona de embolsamiento", como explica (Aparcamientos Municipales y Gestión Vial de Ceuta, 2020), se trata de una extensión pavimentada para gestionar el tráfico cuando se generan los atascos en las proximidades de la frontera con Marruecos. Por lo tanto, es de vital importancia para el ayuntamiento de Ceuta y se le asigna una puntuación baja ya que al ayuntamiento no le interesaría asignar esta zona para otros cometidos.
- Superficie: Tiene una gran extensión, sin embargo, se debe a que, para poder gestionar el tráfico, es necesario y determinante.
- Cercanía a la población: No se encuentra cerca de la población, sin embargo, al estar tan cerca de la frontera, conlleva a que no se tenga una seguridad indirecta, ya que desde la propia frontera hay visual de las actividades que se realizasen allí, por lo que se le asigna una puntuación baja.
- Uso militar: Por ser de carácter civil, no tiene uso militar.

#### HLZ-6:

- Privacidad: En el caso del HLZ-6, se trata del helipuerto militar que se encuentra dentro de la Base Pardo de Santayana, Cuartel General de la COMGECEU y está gestionada y depende orgánicamente de la Unidad de servicios de Bases y Acuartelamientos (USBA). Al tratarse de un helipuerto, obviamente se trataba de una zona amplia, y además se encontraba dentro de una zona militar, lo que suponía, que no dependía del ayuntamiento de Ceuta
- Superficie: Una superficie bastante extensa, ya que para el anterior aeródromo era necesaria.
- Cercanía a la población: También la ubicación que se escogió, al ser una base está relativamente alejada por lo que se le asigna una puntuación alta.



- Uso militar: Al tratarse de un antiguo aeródromo, el uso militar es directamente para ello, por lo que se le asigna la puntuación más alta.

Por todo lo anterior y observando las puntuaciones de la Tabla 2, el que mayor score tiene es el emplazamiento HLZ-6, por lo que finalmente se decide establecer el nuevo aeródromo en esta ubicación.

El director militar (DIRMIL) comunicó **que ni siquiera tiene consideración de helipuerto**, simplemente se trataba actualmente de una explanada en la que los helicópteros podrían aterrizar extraordinariamente. Además, este helipuerto no está reflejado en la OACI ni en la base de datos proporcionada por Aena. Por lo tanto, con este proyecto, la intención es que pasara a formar parte de la institución en la que se pudieran compenetrar esfuerzos, incluso en el ámbito internacional, de manera que, si se necesitase apoyo el ET de una fuerza militar europea o la OTAN, se pudiera ceder este helipuerto para las correspondientes labores que se requirieran.

## 4.2. ANÁLISIS DEL TERRENO

Para esta sección, se han tenido en cuenta diferentes factores que son relevantes para el posterior dimensionado y ejecución del proyecto. En primer lugar, el de la climatología de Ceuta y en segundo lugar el propio terreno de la ciudad y en concreto del HLZ-6.

### 4.2.1. CLIMATOLOGÍA

#### Viento

En cuanto al clima de la ciudad, se trata de una península, en concreto se trata de la Península de Almina, situada al norte de África, en el Estrecho de Gibraltar. Al tratarse de una pequeña península, obviamente se encuentra con costa en todo su territorio. Esto trae consigo una serie de fenómenos climáticos, que influirán en la disposición y la construcción del presente aeródromo. Por ello, se han considerado variables como la temperatura, el viento, la pluviometría y la humedad relativa. Aunque principalmente se focaliza en el viento, ya que es una variable que afecta seriamente a las operaciones aéreas, al influir las direcciones de viento sobre el aterrizaje de las aeronaves.

Los datos del viento se han extraído de meteoblue, una página web donde se almacenan datos sobre los vientos de todos los años, (*Clima Ceuta - meteoblue*, no date). En este caso se ha realizado una rosa de vientos del año 2020, y que se observa el siguiente chart:

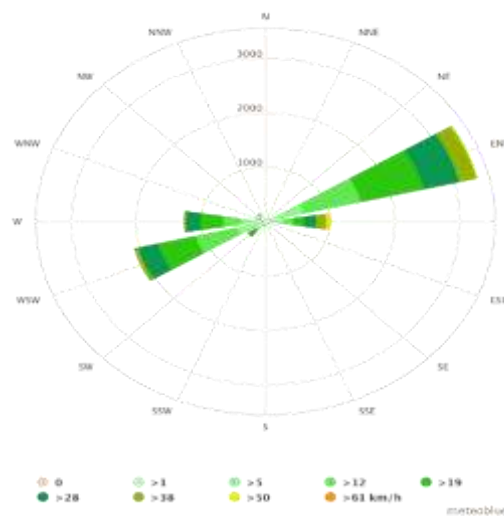


Figura 4 Rosa de Vientos correspondiente al año 2020. Fuente: Meteoblue

Observando la rosa se distinguen dos direcciones principales, la WSW y la ENE. Esto también se pudo apreciar durante la estancia en las PEXT, ya que en Ceuta se denominan coloquialmente como “los días de poniente o los días de levante” respectivamente. Durante la estancia en la zona, durante las PEXT, se



apreció que además que estas direcciones correspondían, para el caso de si provenía del WSW (“poniente”) los cuales destacaban por su visibilidad incluso de la península y el peñón de Gibraltar. Por el contrario, cuando este provenía del ESE (“levante”) traía consigo una niebla densa y por lo tanto un descenso de la visibilidad considerable.

A continuación, se explica una de las razones por las que el helicóptero debe aproximarse a la (“Touch and Lift Off”) TLOF con el viento en contra:

Como observar en la Figura 5 Diagrama de fuerzas de un helicóptero. Fuente: (Barcala, Ángel and Sevillano, no date), las fuerzas que actúan sobre el helicóptero son el peso ( $P$ ) ejercida sobre el centro de masas de la aeronave, una fuerza normal ( $F_N$ ) que se descomponen en la fuerza de sustentación ( $F_S$ ) y la resistencia al avance ( $T_H$ ).

Cuando se habla de vuelo en estacionario, es decir, cuando solo se mantiene en vuelo sin desplazarse horizontalmente actúan tanto la componente ( $F_S$ ) como el peso ( $P$ ). La fuerza de sustentación ( $F_S$ ) es generada por los flujos de aire del rotor principal en rotación, de manera que el flujo de aire mantiene la aeronave en vuelo.

Cuando esta comienza un vuelo traslacional, es decir, cuando comienza el movimiento en el eje horizontal surgen otras fuerzas, que son la aceleración de la aeronave o la resistencia al avance ( $T_H$ ), también denominada propulsión, producida por el flujo de aire sumada a la inclinación de la aeronave respecto al eje horizontal.

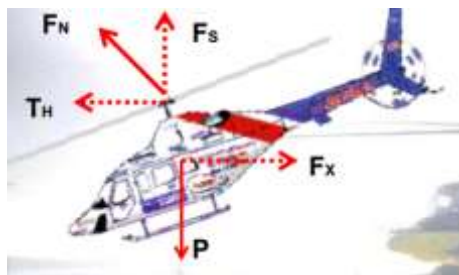


Figura 5 Diagrama de fuerzas de un helicóptero. Fuente: (Barcala, Ángel and Sevillano, no date)

La variable que aumenta la  $T_H$  en relación al flujo de aire, es la inclinación de la aeronave de manera que si esta aumenta la propulsión aumenta. Así que, a la hora de aterrizar, el proceso es contrario, al disminuir la propulsión la aeronave decelera (o al declinarla), así que la dirección del aire y por lo tanto el flujo es crucial, ya que la  $T_H$  depende de este.

Observando la Figura 6, se observa la trayectoria que seguiría una aeronave durante las maniobras de despegue, vuelo y aterrizaje consecutivamente.



Figura 6 Maniobra de despegue y aterrizaje. Fuente: (Barcala, Ángel and Sevillano, no date)

Por lo tanto, tras comprender las direcciones de aproximación de los helicópteros, se establecen rumbos de 2 rumbos de aproximación. En función de si la dirección de viento es (Oeste-Suroeste) WSW o (Este-Noreste) ENE. Por ejemplo, si la dirección de viento es WSW, el rumbo sería el cual deje el viento en contra, es decir dirección de entrada **248°** aproximadamente respecto al norte magnético. En el caso de que el viento lleve dirección ENE, el rumbo sería de unos **68°** aproximadamente.



### Precipitaciones

En cuanto a las precipitaciones de la plaza se ha llevado a cabo una recopilación de los datos sobre las precipitaciones durante el último año (véase el apartado 2 el Anexo IV). En la gráfica destacan varios meses como época de lluvias en los meses correspondientes a la estación de primavera, es decir desde marzo hasta junio, hay un gran aumento de las precipitaciones.

Estas fechas serán necesarias tenerlas en cuenta para la construcción del aeródromo, en concreto para el hormigonado. Ya que, al tratarse de una mezcla de arena, grava agua y cemento, la mezcla del agua con el cemento el principal actor ligante con el resto de componentes. En caso de lluvias, puede acarrear consigo problemas de resistencia de la estructura, ya que si llueve la proporción de agua y cemento varía. Será importante tenerlo en cuenta, y asegurar la eficiencia estructural de la infraestructura.

Además, para el futuro aterrizaje de las aeronaves, será importante tenerlo reflejado en el documento oficial respaldado de la OACI, datos del aeródromo, como información de interés para los futuros pilotos que aterricen en nuestro aeródromo.

También se obtuvieron datos sobre la proporción de días nublados (o de lluvia) y soleados de la misma base de datos (véase Anexo IV). Esto puede ser condicionante para el apartado de visibilidad del aeródromo. Pudiendo sacar como conclusión que los meses de verano (de junio a octubre concretamente), son aquellos en los que se tendrá mejor visibilidad sobre todo para las maniobras de aterrizaje.

### Humedad relativa

En cuanto a la **humedad relativa** según la siguiente tabla, se puede observar que debido al encontrarse en el Estrecho de Gibraltar y por consiguiente tener un clima marítimo, manteniéndose humedades de hasta el 80 %.

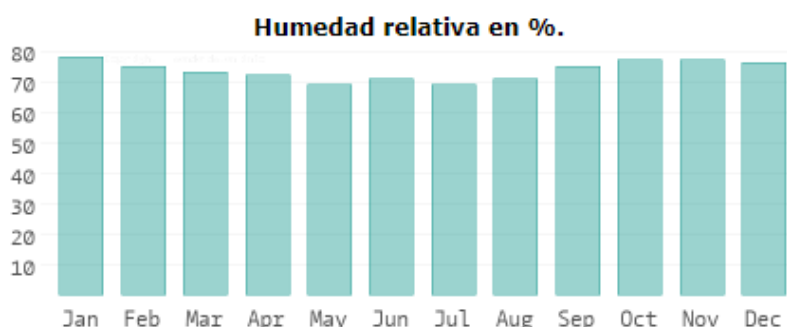


Tabla 4 Humedades relativas de Ceuta. Fuente: (El Clima en Ceuta, España, no date)

Esta será determinante para la selección del tipo de hormigón que se escogerá durante el dimensionado de las plataformas, en la sección 5.4.2.

#### 4.2.2. ESTUDIO DEL TERRENO

En cuanto al estudio del terreno, se trata de una península bastante montañosa en el que destaca por sus diferentes pendientes a lo largo de la ciudad. Ha sido vital el uso de la herramienta Carta Digital, (Antonio Luis Montealegre, 2020) ya que nos permite una visión generalizada de la plaza.

También se han extraído datos del IGME (Instituto Geológico y Minero de España., Sánchez Gómez and Pineda Velasco, 2013), esto ha sido fundamental para determinar el tipo de terreno en el que se aposentaba el antiguo helipuerto y donde se procederá a construir el nuevo aeródromo.

En el mapa geológico (véase Anexo V) se puede observar la composición geológica concretamente de la ubicación escogida, el HLZ-6. En este caso, en la zona que se ha decidido emplazar el aeródromo. Se trata de una zona compuesta por "Areniscas, Limolitas, margas, calizas y conglomerados". En términos



granulométricos, existen dos tipos de suelos, normalizados por la norma UNE-EN 933-1,(UNE (Normalización española), no date)

. Los diámetros de grano están comprendidos entre 0,06 a 0,002 mm. Esto según la norma, se considera un **grano fino**, que como se verá en el apartado 5.4.2., tendrá una repercusión estructural. También se observa que existen areniscas, cuyo grano según la norma está comprendido entre los 0,06 y 2 mm de diámetro. En este caso se trata de un grano grueso, sin embargo, de manera restrictiva, se considerará que el terreno está completamente compuesto por limos. Esto conlleva a que las tensiones admisibles del terreno sean menores que la de un suelo de grava. Se trata de un suelo proveniente de una fuerte erosión de rocas areniscas, que como se observa en el mapa geológico (Véase Anexo V), también se compone de areniscas. Por lo tanto, se trata de un suelo en cierta medida plástico, con permeabilidad media con cierta cohesión. Por ello, este tipo de suelos no son tan absorbentes ni tan alterables ante la exposición a humedad. Por lo que los factores mencionados, no afectan, tan negativamente como si fuese un suelo de tipo arcilloso.

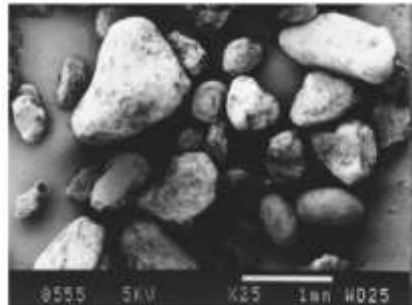


Figura 7 Vista microscópica de un suelo limoso. Fuente: Mecánica de suelos 5º ACING.

También se ha realizado un análisis digital del modelo digital de elevaciones de la plaza de Ceuta. En esta imagen se aprecian las diferentes pendientes expresadas en porcentajes. De manera que, según los colores podemos observar cuales de ellas son más pronunciadas.

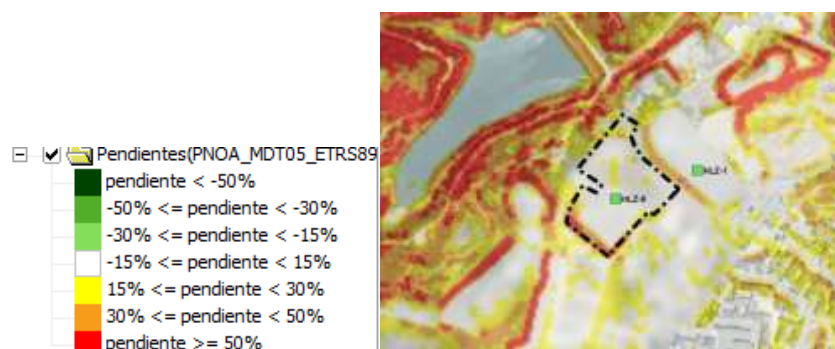


Figura 8 Análisis de pendientes (sin filtro). Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado en el terreno concreto a estudiar y se observa que se tratan de pendientes menores del 5 %, lo cual es necesario para la construcción. Sin embargo, a la hora de la nivelación del terreno, será vital tener en cuenta la normativa para la construcción de aeródromos, ya que como explica (Ministerio de Fomento, 2015) del RD 13002/2015 (véase Anexo V), las pendientes que se establecen para conseguir un drenaje rápido y superficial en caso de precipitaciones son del **2 y 3 %**.



En la Figura 9 Análisis de pendientes (con filtro). Fuente: Elaboración propia se puede observar de manera más visual. Se han realizado consultas matriciales, en las que se filtran los parámetros, para que se vean de color verde las pendientes menores del 5% y de rojo las mayores de este valor. Sin embargo, como se observa, hay zonas que superan estas pendientes, por lo que se deberá realizar un nivelado y movimiento de tierras previo antes de la obra.

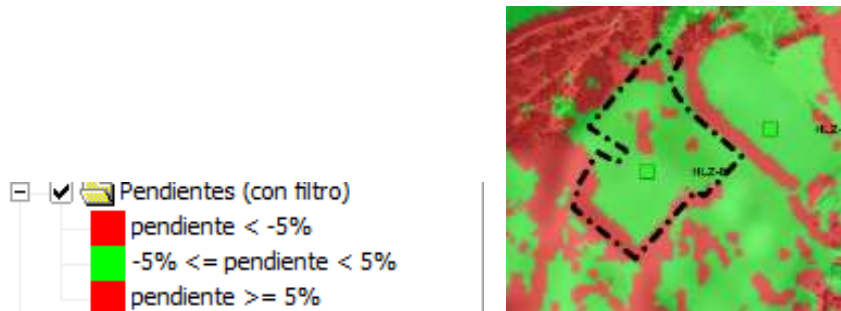


Figura 9 Análisis de pendientes (con filtro). Fuente: Elaboración propia, Carta Digital

Otros estudios realizados de teledetección han sido las curvas de nivel. Se puede apreciar que Ceuta está rodeada de un monte, el cual sirve en parte para la confidencialidad de las operaciones realizadas allí. De manera que, al encontrarse nuestro aeródromo tras el monte Anyera, preserva la seguridad visual de las posibles operaciones futuras, aumentando su seguridad pasiva.



Figura 10. Visibilidad del HLZ-6 desde perspectiva enemiga. Fuente: Elaboración propia, Carta Digital

Los parámetros establecidos fueron: Considerando que el enemigo tenía un vehículo de hasta 5 metros de altura buscando visual de un helicóptero aterrizado con una altura de 5,7 metros, un HT-17. Zonas vistas (verde), zonas no vistas (rojo).

También se aprecia, al otro lado de la península, el monte Hacho en el que se encuentra la Fortificación del Hacho. También se estudió la posibilidad de construir el aeródromo en esta zona. Sin embargo, al tratarse de la zona más abrupta de Ceuta y al interés cultural por parte del Ayuntamiento de Ceuta, limitaba la posibilidad de tenerlo en consideración para el proyecto.



Por otro lado, una de las ventajas estratégicas, es que la unidad de artillería antiaérea se aloja en esta fortificación, lo que proporciona a la ciudad seguridad antiaérea. Esto es crucial, ya que aseguraría el espacio aéreo de las futuras operaciones aéreas que se realizasen.



Figura 11. Visión de unidad AAA sobre el HLZ-6. Fuente: Elaboración propia. Carta Digital

En cuanto a la explanada propia del punto HLZ-6, se visitó para ver cómo se encontraba la zona realmente. En este caso, se pudo observar que se trata de una estructura poco mantenida y prácticamente inutilizada. Durante la visita allí, se pudo ver el estado de las soleras que componen las zonas FATO o los diferentes puestos de estacionamiento. Además, se permitió realizar un reportaje fotográfico, en el que se puede observar el mencionado estado de la infraestructura (véase Anexo VI).

En el reportaje se pueden observar, diferentes fotografías en las que se pueden observar las deficiencias en el estado del aeródromo existente. Varios de los ejemplos son la Zona FATO y TLOF existente, o las calles de rodaje existentes. En las fotografías se puede observar como el hormigón por el tiempo se ha ido degradando y agrietando, pudiendo suponer un riesgo en la seguridad durante las maniobras de los helicópteros al aterrizar concretamente.

También se pudo observar que había diferentes estructuras allí correspondientes al anterior helipuerto, las cuales se podrían aprovechar para el futuro aeródromo como una torre de control, una pequeña nave e incluso una estación meteorológica, demostrando esta su correcto funcionamiento, debido a que se trata de la propia estación meteorológica donde se han extraído los datos climáticos pertinentes para el presente proyecto, también reflejadas en el Anexo IV.

## 5. DISEÑO DE AERÓDROMO

Previamente al diseño del aeródromo, ha sido necesario llevar a cabo un estudio de las aeronaves que se encuentran en activo en las FAMET. Se ha tenido en cuenta sus medidas, ya que los diferentes elementos se diseñan en función de las dimensiones de los correspondientes helicópteros. También se pueden encontrar otros datos importantes como lo son la autonomía o (Masas Máximas de Despegue) MTOM las cuales condicionarán el dimensionado del hormigón.

Por ello se ha elaborado una tabla de contenidos con los datos más relevantes para el dimensionado del aeródromo (para más detalle, véase Anexo VII), en el que se extraen las características técnicas, (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2015).



MODELO	CH-47D/HT-17	EC-665/HA-28	EC-135/HE-26	AS-532 / HT-27	AS-332/HU-21	NH-90
ALTURA	5,68 m	5,2 m	3,50 m	5 m	5 m	5,3 m
ANCHURA DEL FUSELAJE	3,78 m	4,5 m	2 m	3 m	3,38 m	4,52 m
AUTONOMIA	780 km	850 km	635 km	1180 km	572 km	982-1600 km
DIAMETRO ROTOR	18,29 m	13 m	10,20 m	16,20 m	15,60 m	16,30 m
FUEL CAPACITY	3914 l	?	?	?	?	?
FUSELAGE	15,46 m	?	10,20 m	16,79 m	16,29 m	16,14 m
LONGITUD TOTAL	30 m	16 m	12,16 m	18,70 m	18,70m	19,50 m
MTOM	22680 kg	6100 kg	2910 kg	9350 kg	7800 kg	10600 kg
POTENCIA	2x5069 CV	2 x 1520 CV	589 CV	1877 CV	2x1175 CV	1663 kW
VELOCIDAD CRUCERO	291km/h	315 km/h	254 km/h	222 km/h	271 km/h	291 km/h
VELOCIDAD MAXIMA	302km/h	?	287km/h	258 km/h	294 km/h	291 km/h

Tabla 5 Características técnicas de Aeronaves pertenecientes a las FAMET. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del VADECUM REMER (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2015).

En este caso, aquellos campos que se encuentran con el símbolo “?”, son aquellos que no ha sido posible encontrar su valor. Sin embargo, para este proyecto no son de especial relevancia.

### 5.1. ELEMENTOS DE HELIPUERTOS Y MEDIDAS CORRESPONDIENTES

Según el marco legal en el que se sitúa el proyecto (véase el Anexo I), los elementos que se deben distinguir en los aeródromos son: Zonas “Final Approach and Take Off” (FATO), zonas “Touchdown an Lift-Off” (TLOF), áreas de seguridad operacional (ASO), calles de rodaje en tierra (CR) o aire, puestos de estacionamiento (PE), y conos de viento.

Estos elementos son necesarios para la instalación de un aeródromo, sin embargo, en este proyecto se plantea la posibilidad de municionamiento o repostaje, por ello se ha analizado la posibilidad de emplazamiento de un polvorín o una zona de almacenamiento de combustible.

Para ello se ha realizado un diagrama Ishikawa o “diagrama espina de pez”, (Marta Torralba Gracia, 2020) , en el que se observan las causas que pueden generar un accidente o aumento de riesgo de tener elementos como polvorines o depósitos de combustible en el mismo recinto. Además, en la entrevista realizada (Véase, pregunta 4, Anexo III), se plantea esta situación en la que el piloto responde:

“Esta suele ser, una zona apartada, protegida por un merlón o algo por si al piloto del Tigre (que son muy malos), se les escapa un cohete. Si cumple eso, estaría listo. Actualmente, aunque alguna base tiene polvorín (Almagro), éstos no están autorizados a tener Cohetes ni munición explosiva. Lo que se hace es pedir por cadena logística el preposicionamiento de la munición en el polvorín del sitio en cuestión (Zaragoza, Chinchilla, Bárdenas), y el mismo día te lo llevan a donde estés.”

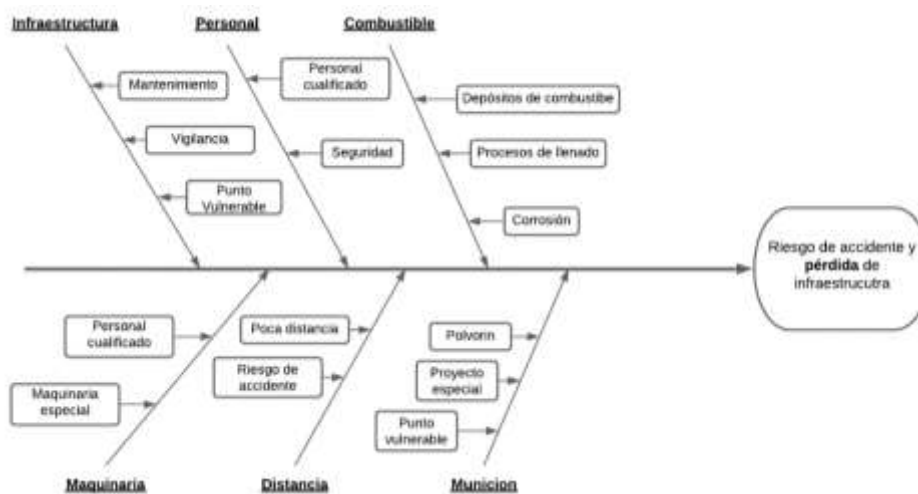


Figura 12 Diagrama Ishikawa. Fuente: Elaboración propia.



Por lo tanto, **se descartará** el establecimiento de un polvorín o una zona de almacenamiento de combustible. Sin embargo, en el propio recinto se dejará un espacio en el que se permite la instalación de una de estas dos opciones en caso de vital urgencia. Esta zona se observará en los planos confeccionados más adelante.

## 5.2. DIGITALIZACIÓN

Por ello previamente mediante el uso de *Carta Digital*, *Google Earth Pro* y *AutoCAD*, se ha digitalizado la zona, estos mapas se han extraído de la biblioteca virtual de descargas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), (*Instituto Geográfico Nacional*, no date). De manera que de esta forma se puede comprobar que las medidas que se establecen para los diferentes elementos, caben físicamente y además cumplen la normativa en vigor.

Con respecto a las, rutas de aproximación, el Manual de Helipuertos y el RD 13002/2015 explica el proceso de establecimiento. Sin embargo, al tratarse de espacios que pueden alterar el espacio aéreo, no se estudian en el presente proyecto.

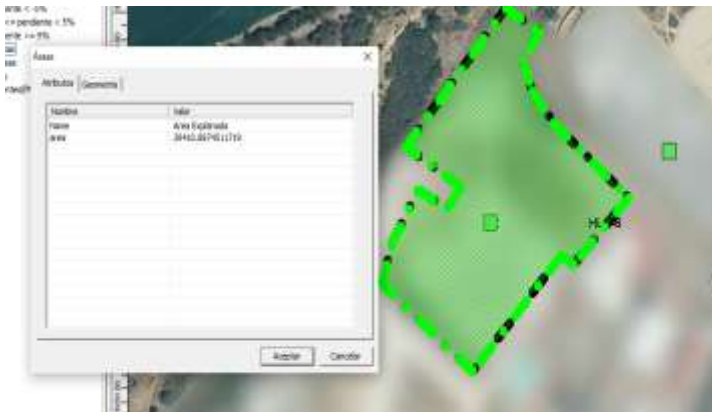


Figura 13 Digitalización en Carta Digital. Fuente: Elaboración Propia

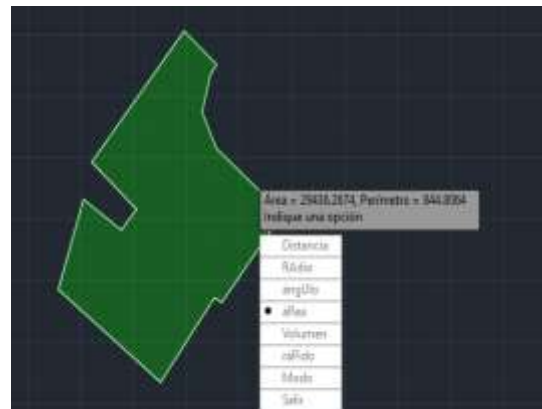


Figura 14 Digitalización en AutoCAD Fuente: Elaboración propia, AutoCAD.

Se puede observar que se obtiene un total de 29400 m<sup>2</sup> aproximadamente, ambos referenciados hacia el Norte de Cuadrícula, y con los que se trabajó en AutoCAD.

Como se ha mencionado en el inicio de este apartado, se extrajeron las medidas de los helicópteros que están en dotación dentro de las FAMET. Esto fue necesario, ya que las medidas de los correspondientes elementos dependen directamente del tamaño de los helicópteros, como son las zonas FATO, TLOF o puestos de estacionamiento, para poder ser dimensionadas.

## 5.3. DIMENSIONADO EN FUNCION DE LA NORMATIVA

Según los apartados 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 del Anexo IV dl RD 13002/2015 (véase Anexo I), se observa como muchos de estos elementos dependen de valores como longitud máxima del helicóptero (D) o anchura del tren de aterrizaje (UCVV). Por ello para su dimensionado, ha sido necesaria la elaboración de la Tabla 5 Características técnicas de Aeronaves pertenecientes a las FAMET. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del VADECUM REMER (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2015). También se han extraído algunos datos directamente de los planos correspondientes a las diferentes aeronaves, como la anchura del tren de aterrizaje (véase Anexo VII).

Es importante destacar, que el aeródromo se diseñara, para una **zona FATO y TLOF intrínsecas**. Es decir, en algunos casos es posible que la zona FATO no coincida con la TLOF. Un ejemplo muy visual es el que comenta el capitán Don Enrique Muñoz Manjón en la respuesta 9, (véase Anexo III):

*“Para mí el mejor helipuerto, o al menos el mejor diseño, es el de Bétera (Valencia, BHEMELE II). Te comento por qué;*



Tiene una zona de parking amplia, con calles de rodaje bien indicadas y fácil acceso a los hangares. Eso permite poner una zona apartada de municionamiento resguardada del resto. Además, tiene una torre de control con muy buena visibilidad.

Tiene una zona de aterrizaje amplia. Es una especie de **mini-pista** (véase Anexo III), que, para despegar, te permite coger velocidad antes de salir del perímetro, y si hubiese algún fallo de motor, te permitiría frustrar e irte al suelo con seguridad”.

Esa “mini-pista” se trata de la zona FATO del aeródromo, y la matriz de círculos ubicada debajo de esta pista, son las TLOF correspondientes, es decir el “parking” que comenta el entrevistado. Finalmente, en este caso la secuencia de aterrizaje en este tipo de aeródromos sería la siguiente:

Inicialmente entrarían y realizarían la maniobra de frenado del helicóptero en la pista (FATO). Después se incorporarían por las calles de rodaje aéreo (A, B o C) y finalmente aterrizarían en la TLOF que se le asignase.

Otro dato importante es el de la “**clase de performance**”, este concepto que explica el capitán en la respuesta 2, (Véase Anexo III): “Las clases de performance en los helicópteros básicamente definen qué puede y qué no puede hacer cada aparato, en relación a los fallos de motor.” Por ello, es un concepto importante a tener en cuenta, ya que los aeródromos pueden estar diseñados para diferentes clases de performance como se explica en el apartado 2.1 del Anexo IV del RD 13002/2015. Sin embargo, como los helicópteros pueden actuar en diferentes clases de performance como explica el capitán piloto en la respuesta 2 (véase Anexo III), se dimensionarán para una **clase de performance 1**.

#### *FATO/TLOF*

Por ello realizando un análisis de que helicópteros se seleccionarían para diseñar los elementos, se escogieron los más restrictivos, es decir, aquellos que tenían las mayores dimensiones. En primer lugar, se decidió que por lo menos el aeródromo tuviera la capacidad de acoger a un HT-17 (Chinook), ya que sería conveniente para las futuras operaciones debido a las posibilidades logísticas y la capacidad que este ofrece. Para esta aeronave entonces, se han escogido sus dimensiones, en concreto el valor longitud máxima del helicóptero (D), en la Tabla 4, y por lo tanto se ha dimensionado en función de la normativa que explica: “Las dimensiones FATO serán: Cuando se destine a helicópteros que operen en la clase de performance 1, las prescritas en el manual de vuelo del helicóptero (HFM), excepto que, a falta de especificaciones sobre la anchura, ésta no será inferior a la dimensión (D) total del helicóptero más grande para la que esté prevista la FATO.” Por lo tanto, la zona FATO/TLOF tendrá unas dimensiones de **30x30 metros** (Tabla 7), a lo que habrá que añadirle las ASO como más adelante se verá.

En segundo lugar, se decidió realizar otros **dos helipuertos**, ya que la superficie de la explanada sobrante lo permitía. En función de las características técnicas, se escogió al **NH-90**. Como se puede contrastar en la Tabla 5 Características técnicas de Aeronaves pertenecientes a las FAMET. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del VADECUM REMER (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2015). es el que **más longitud** de helicóptero tiene y el que más masa máxima de despegue (MTOM) mueve en comparación con el resto (por detrás del H-17). Por lo tanto, en las dos siguientes plataformas, tanto las zonas FATO y TLOF, calles de rodaje en tierra estarían dimensionadas para un NH-90 (D= 20 metros aproximadamente). Por ello se dimensionará estas zonas, en función de las dimensiones de este dando una FATO/TLOF de dimensiones **20x20 metros** (Tabla 7). Por ello, según la normativa (véase Anexo I), podrían aterrizar cualquiera de los helicópteros que tengan unas dimensiones menores que este. La única aeronave que no podría aterrizar en estas dos nuevas plataformas, sería el HT-17 al tener unas dimensiones mayores al NH-90.

Una vez determinadas y dimensionadas las 3 zonas FATO/TLOF, por normativa se establece que estas deben tener un margen en su dimensión por términos de seguridad. A este margen se le denomina Área de seguridad Operacional (ADO), su dimensión por normativa es (**0,25 x D metros**) adicional a las zonas ya dimensionadas (véase Anexo I) como se observa en la Tabla 7.



En esta tabla se recogen las diferentes combinaciones que pueden existir a la hora de realizar aterrizaje en función de las 3 zonas FATO establecidas.

FATO/TLOF 1 Y PE 1	FATO/TLOF 2 Y PE 2	FATO/TLOF 3 Y PE 3
Todas las aeronaves	Todas excepto HT-17	Todas Excepto HT-17

Tabla 6 Matriz de aeronaves permitidas por zona y puesto de aterrizaje. Fuente: Elaboración Propia

#### Puestos de estacionamiento

En cuanto a las **labores logísticas**, cabe resaltar que bajo ningún concepto se realizarían las tareas logísticas en las zonas FATO/TLOF, se diseñaron otros **3 puestos de estacionamiento (PE)** para cada una de las correspondientes zonas FATO/TLOF, siguiendo el mismo criterio para las medidas escogidas a la hora de diseñar las zonas FATO (véase Anexo I). Para su posterior hormigonado se establecerán en una losa con geometría cuadrada circunscrita a los círculos de señalización correspondiente del PE, como se verá en el apartado 5.2.2.

#### Calles de rodaje en tierra

Finalmente, tanto las zonas FATO como los puestos de estacionamiento, estarían conectadas por unas calles de rodaje, por donde se dirigirían las aeronaves, hasta los PE. Sin embargo, como se observa en el apartado 2.4 del Anexo IV del RD 13002/2015, se pueden observar calles de rodaje en tierra y calles de rodaje en aire, en el presente proyecto se **establecerán calles de rodaje en tierra**, las cuales su anchura estarán dimensionadas para que la propia fuerza motriz de la aeronave se desplace hasta los correspondientes puestos de estacionamiento. Además, en la entrevista realizada, uno de los matices que remarca el autor, que es de bastante ayuda para los pilotos, el tener bien señalizado las calles de rodaje y puestos de estacionamiento: "*Tiene una zona de parking amplia, con calles de rodaje bien indicadas y fácil acceso a los hangares.*" (Véase Anexo III).

Según normativa, (para más detalle véase Anexo I), la anchura de las calles de rodaje en tierra deben ser **1,5 veces la anchura del tren de rodaje**. Por ello tanto para todas las zonas FATO (incluso la del HT-17, ya que existe la posibilidad de que aterrizase un NH-90) se dimensionarán para un NH-90, por ser el que tiene una mayor anchura. Finalmente, las 3 calles de rodaje que conectan las zonas FATO/TLOF con los PE serán (2 x UCVV metros) por seguridad, las que admitan el dato más restrictivo (véase Anexo I) dando **9 metros** de anchura para las **3 calles de rodaje en tierra**.

Una vez obtenidos los planos hipotéticos para el nuevo aeródromo (Véase Anexo VIII), se procedió al dimensionado del hormigón necesario para su creación.

Dimensiones	FATO-1	ASO-1	FATO-2	ASO-2	FATO-3	ASO-3
Ancho	30 m	45 m	20 m	30 m	20 m	30 m
Largo	30 m	45 m	20 m	30 m	20 m	30 m
Coord. X	288277,22 m	288277,22 m	288232,46 m	288232,46 m	288277,22 m	288277,22 m
Coord. Y	3974115,63 m	3974115,63 m	3974162,8 m	3974162,8 m	3974115,63 m	3974115,63 m
Radio	30 m		19,5 m		19,5 m	
Puestos de estacionamiento	PE-1		PE- 2		PE- 3	

Tabla 7 Dimensiones finales por normativa de helipuertos, vías y áreas logísticas establecidos. Fuente: Elaboración propia.

#### Cono de viento

En cuanto al cono de viento, existen unas medidas estandarizadas. Estas vienen regidas también según el capítulo 5 del Manual de Helipuertos (OACI, 1995), y este explica:



“El indicador debería tener forma de cono truncado según se observa en la figura. El cono debería ser o bien de un solo color (blanco o anaranjado) o bien estar constituido por dos colores (anaranjado y blanco, rojo y blanco, o negro y blanco). El indicador debería estar emplazado de manera que no le afecte a la turbulencia y debería ser visible desde los helicópteros que vuelen a una altura de 200 metros.”

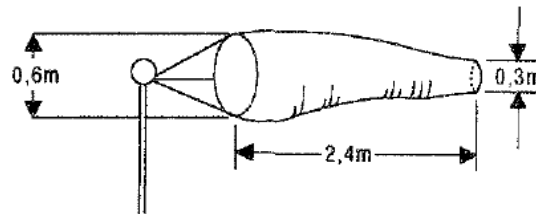


Figura 15 Cono de viento normalizado. Fuente: Manual de Helipuertos Doc. 9261

Como veremos más adelante, el lugar de emplazamiento, debido a estas turbulencias, se colocará en una zona donde no afecte la dirección de entrada de los helicópteros. En este caso se escogerá **la torre de control (esquina NW)**, ya que se puede aprovechar la altura de esta para ahorrar parte de las turbulencias y además no se encuentra en el rango de las posibles ráfagas de viento generadas por las hélices.

#### 5.4. DISEÑO ESTRUCTURAL

En el apartado 4.2.2 se ha realizado un estudio de la zona en la que se encuentra el emplazamiento HLZ-6. Se concluye en que la zona está compuesta por areniscas, limolitas, margas, calizas y conglomerados. Estos dos factores influyen en la resistencia característica del terreno, el nivel freático de los suelos o la capacidad portante del terreno y por tanto serán determinantes para el establecimiento de cimentaciones.

La capacidad portante del terreno, según Wikipedia, (*Capacidad portante - Wikipedia, la enciclopedia libre*, no date)

“En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él. Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo.”

El nivel freático según (Geotecnia Fácil, no date) : “El nivel freático o también llamada capa freática o capa freática puede medirse mediante una perforación en el subsuelo. La distancia medida entre el agua subterránea y la superficie se corresponde con el nivel freático.”

De manera que, en función de los cálculos y las comprobaciones realizadas con CYPECAD, considerando un **terreno limoso** (Tabla 9) se decidirá si añadir una base de grava, un grano grueso para poder modificar el terreno y su resistencia característica, de manera que aumentase la resistencia característica del terreno y no cediese.

##### 5.4.1. NIVELADO

En primer lugar, es necesario plantear el nivelado de la obra. Es importante tener en cuenta la problemática de las acumulaciones de agua subterráneas, para mantener estables los niveles freáticos. Sin embargo, como se ha podido observar durante la visita en la zona (véase el Anexo VI), se observó que a la entrada del recinto existían drenajes que conducen el agua subterráneamente, por lo que no se plantea en este proyecto la creación de nuevos drenajes.

Por otra parte, en la normativa (véase Anexo I) se enmarcan las pendientes que deben tener los elementos para que exista un drenaje superficial. También se observa en la Figura 9 Análisis de pendientes (con filtro). Fuente: Elaboración propia, Carta Digital, que hay zonas del terreno HLZ-6 que superan el 5%



que se había planteado, por lo que será necesario un nivelado y replanteo previo de la zona completamente para la posterior construcción, y asegurar que se cumplen los parámetros para conseguir un drenado superficial tras el levantamiento de todo el hormigón de la losa antigua, perteneciente al anterior aeródromo.

## 5.4.2. DIMENSIONADO Y ESTUDIO DE HORMIGÓN

### *Cálculos de zonas FATO, calles de rodaje en tierra y puestos de estacionamiento*

Tras el nivelado de la zona y preparados todos los encofrados correspondientes, se procedería a hormigonar. En cuanto a la elección del tipo de hormigón, se explica en el artículo 39.2 del EHE-08 (Secretaría general técnica, 2010), también estudiadas en la asignatura de hormigón armado y pretensado y materiales de construcción, (comandante don Víctor Hervella Garcés, 2021).

Para la decisión de la tipología del hormigón que se va a usar, en primer lugar, hormigón armado (HA), y su resistencia característica especificada se escogerá de clase **30 N/mm<sup>2</sup>**. Esta se ha decidido comprobando que: para el caso de una carga MTOM de un helicóptero de tipo HT-17(22680 kg), la cual se ha considerado como una carga superficial. Si dividimos la carga entre los 4 puntos de apoyo (5670 kg) de su tren de aterrizaje y el esfuerzo que ejercen sobre la superficie de la rueda en contacto con el suelo: considerando que son 560 mm<sup>2</sup>. Por lo que si distribuimos esa carga (55566 N) entre esa pequeña superficie, entra dentro del rango (10 N/mm<sup>2</sup>). Además, ese margen de seguridad de 20 N/mm<sup>2</sup>, sirven para la maniobra de aterrizaje, ya que esa presión sobre el terreno aumenta por un instante.

Para el tipo de consistencia definido según el artículo 31.5 Docilidad del hormigón (Secretaría general técnica, 2010) que va determinado según un ensayo de asentamiento marcado por la UNE-EN 12350-2. Se escogerá un hormigón de consistencia plástica, ya que, durante el fraguado y la puesta en obra de este, depende directamente de este factor, y al observar los datos climáticos y la humedad media de Ceuta según Anexo IV que es alta, se concluye en que esta consistencia sería la adecuada. Otra de las razones por la que se escoge este tipo de consistencia, es para llegar a algunas zonas más inaccesibles con ayuda de maquinaria (vibrado de hormigón). De manera que así, con la consistencia plástica y tener un mayor porcentaje de humedad, facilita este proceso.

Para la designación del árido, definido en el artículo 28.3 del EHE-08 (Secretaría general técnica, 2010) y según la tabla del capítulo 8 de la asignatura de Materiales de construcción,(comandante don Víctor Hervella Garcés, 2021) se escoge un tamaño de 20 a 40 mm para losas poco armadas. Además, según el artículo 28.3 del EHE-08, (Secretaría general técnica, 2010)se deduce que el árido máximo para losas apoyadas sobre el terreno son 31 mm, de manera que al escoger **20 mm** entra dentro de dichos parámetros.

En cuanto a la designación del ambiente, tras el estudio del terreno realizado y los datos climáticos, se concluye según la tabla clases generales de exposición relativas a la corrosión de armaduras 8.2.2 según artículo 8.2 del EHE-08(Secretaría general técnica, 2010). Por lo que se escoge clase general de exposición marina **designación III a**, además de la cercanía de la estructura al nivel de pleamar, menor de 5 km. Obteniendo finalmente un hormigón de tipo:

### **HA-30/P/20/IIIa**

El siguiente hecho importante que se tuvo en cuenta es el tipo de forjado y el diámetro de los hierros que compondrán la armadura de las losas. En nuestro caso se escogerá el de tipo **B-500S** ya que la empresa hormigonera proveedora de Ceuta, no ofrecía el de tipo B-400S. El diámetro usado para losas de cimentación apoyadas sobre el terreno, según explica el artículo 37.2.4.1 apartado a, del EHE-08, (Secretaría general técnica, 2010) debe ser como máximo de  $\Phi$  25 mm, por lo que  $\Phi$ **12 mm** estará dentro de los parámetros considerados.

Para la elección del canto para los posteriores cálculos con CYPECAD, se escogió un **canto de 25 cm**. debido a que como explica el artículo 58.8.1 del EHE-08, (Secretaría general técnica, 2010). es obligatorio que para losas apoyadas sobre el terreno el canto mínimo debe ser de 25 cm.



En cuanto a los esfuerzos que soportará la estructura, se hará una diferenciación entre las zonas FATO 2 y 3, y la 1, ya que la FATO -1 soportará la carga de un HT-17 (22,7 t) y en las otras dos una carga de un NH-90 (10,6 t). También es importante tener en cuenta que los puestos de estacionamiento correspondientes a cada una de las FATO, debe soportar la maquinaria pertinente que realizaría las labores logísticas como son el repostaje.

Para el repostaje se ha considerado el uso de un camión cisterna. En el ET de tierra se usa el camión IVECO M170.31/33. A este se le ha adaptado una cisterna de capacidad de 10000 l. El combustible en concreto es el JP-8, combustible usado por todas las aeronaves y con una densidad de 0.840 kg/l (Repsol, no date) por lo que como observamos según las características técnicas reflejadas en (Iveco Defence Vehicles, no date), el peso bruto combinado (GCW) son 17 toneladas. Es decir, al ser esta el peso completo sumando la carga acarreable (sistema de repostaje y repostaje) y el chasis del propio vehículo, se concluye en un esfuerzo final de las 17 toneladas y la masa máxima de despegue del helicóptero correspondiente.

Para el cálculo en CYPE, al tratarse de los vehículos que transitarán por las losas, se considerarán como "sobrecargas de uso". También se considera el peso de estos como cargas superficiales. Por lo que finalmente se obtiene la siguiente tabla que recoge que cargas superficiales que soportarán cada una de las estructuras, en la que se observa que se ha dividido el peso total del correspondiente vehículo, entre la superficie que estos ocupan en el suelo, de ahí obteniéndose cargas superficiales.

		ESFUERZO TOTAL t/m <sup>2</sup>
<b>HT-17+ IVECO 177.33</b>	FATO-1 PE-1 CR-1	$22,7t/22,44 \text{ m}^2 + 17t/8,75\text{m}^2 = \mathbf{2,95 \text{ t/m}^2}$
<b>NH-90 + IVECO 177.33</b>	FATO-2 PE-2 CR-2	$10,6t /11,44\text{m}^2 + 17t/8,75\text{m}^2 = \mathbf{2,87 \text{ t/m}^2}$
<b>NH-90 + IVECO 177.33</b>	FATO-3 PE-3 CR-3	$10,6t/11,44\text{m}^2 + 17t/8,75\text{m}^2 = \mathbf{2,87 \text{ t/m}^2}$

Tabla 8 Esfuerzos sobre helipuertos. Fuente: Elaboración Propia

Como puede observar en la tabla, los esfuerzos combinados que van a soportar la infraestructura 1 es muy similar a las infraestructuras 2 y 3, se dimensionará para el más restrictivo que en este caso son:

**Esfuerzo: 2.95 t/m<sup>2</sup>**

Finalmente, para la realización de los cálculos de CYPECAD, se han ejecutado, en función de los siguientes términos:

Tipo de Hormigón	Ferralla y diámetro	Canto	Cargas superficiales	Resistencia Característica de terreno. (Limos) Situación persistente	Resistencia Característica de terreno. (Limos) Situación sísmica
HA-30/P/20/IIIa	B-500 S Ø12mm	25cm	2.95t/m <sup>2</sup>	Limo: 1.20 kp/cm <sup>2</sup>	Limo: 1.80 kp/cm <sup>2</sup>

Tabla 9 Datos pertinentes para el cálculo en CYPECAD. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, tras haberse realizado los cálculos, se han obtenido los datos de la obra, resultados mediante isovalores, y además las combinaciones de cálculo que se han realizado para los Estados Limite



Últimos (ELU), (Véase ap. 1, Anexo IX) para los FATO/TLOF<sub>i</sub>, PE<sub>i</sub> y CR<sub>i</sub> siendo *i* cada uno de los elementos del aeródromo.

#### *Cálculo de vías logísticas*

Para las vías logísticas muchos de los valores considerados para el dimensionado anterior, se utilizarán en estas vías. Sin embargo, el hecho que diferencia estas vías de las destinadas a aeronaves, son las cargas superficiales que transitarán sobre estas.

Las vías logísticas, son las carreteras que atraviesan las dos calles de rodaje en tierra, y aquella que conecta la entrada al aeródromo con el PE-1. Se ha decidido establecer estas vías ya que serán de vital importancia para el transcurso de las operaciones logísticas. Así, en las situaciones de repostaje, mantenimiento o municionamiento, la maquinaria y materiales necesarios, podrán ser transportados de la manera más rápida posible. En función de normativa PG-3, se dimensionan estas carreteras para un tráfico menor, en el que se considerará una carga superficial ejercida por el IVECO 177.33. Por lo que finalmente estarán dimensionadas solo para una carga superficial de:

$$1,95 \text{ t/m}^2$$

Por lo que finalmente para el cálculo, se aplicarán los mismos datos que se habían aplicado en la infraestructura para aeronaves, sólo que la única variación es el esfuerzo superficial que transita sobre estas.

#### *Juntas longitudinales y transversales*

Como explica el artículo 550.1 del PG-3 (Ministerio de Fomento, 2014):

“Se define como pavimento de hormigón el constituido por un conjunto de losas de hormigón en masa separadas por juntas transversales, o por una losa continua de hormigón armado, en ambos casos eventualmente dotados de juntas longitudinales. En dicho pavimento el hormigón se pone en obra con una consistencia tal, que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación y maquinaria específica para su extensión y acabado superficial.”

Al tratarse de losas de cimentación bastante extensas, deben ejecutarse por tramos, es decir, al someterse a dilataciones del terreno y del propio fraguado del hormigón, será necesario la ejecución por losas, de manera que se preverán las grietas debido a estas razones.

Por ello se colocarán losas cuadradas, de lado de 4,5 m. Se escoge esta geometría ya que es la que mejor soporta los esfuerzos de retracción. Además, al colocarse, estas pueden servir de encofrados para el proceso del hormigonado.

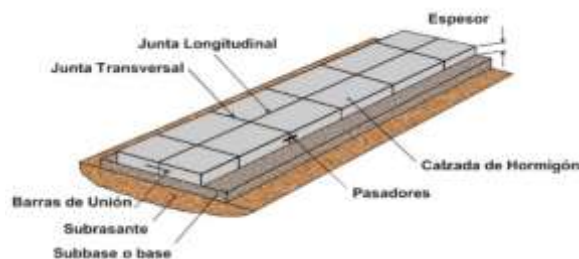


Figura 16 Disposición de juntas en una calzada. Fuente: (Rugosidad en pavimentos de hormigón. Influencia de la temperatura – Revista Vial, no date)

#### *Ejecución con programa CYPECAD*

Para el cálculo en el software que ofrece CYPE, se realizó el dimensionado del hormigón, pero debido a una serie de limitaciones que ofrecía el programa se realizó de la siguiente forma.



En primer lugar, teniendo en cuenta las anteriores conclusiones y la disposición del aeródromo, es importante diferenciar los tipos de vías. Es decir, según los planos obtenidos (véase el Anexo VIII), se observan de color negro las vías que van a estar dimensionadas para helicópteros y camiones logísticos, mientras que las vías logísticas, resaltadas de color amarillo, serán restringidas sólo al tránsito de vehículos o maquinaria cuyas labores sean de índole logístico.

Por esta razón en primer lugar, se dimensionó con los siguientes parámetros según la siguiente figura y lo mencionado anteriormente. Debido a que en el programa era más complicado de digitalizar el plano literalmente, se hizo una digitalización de aquellas zonas que se iban a hormigonar para aeronaves y vehículos logísticos de manera aislada como se observa en la siguiente figura.

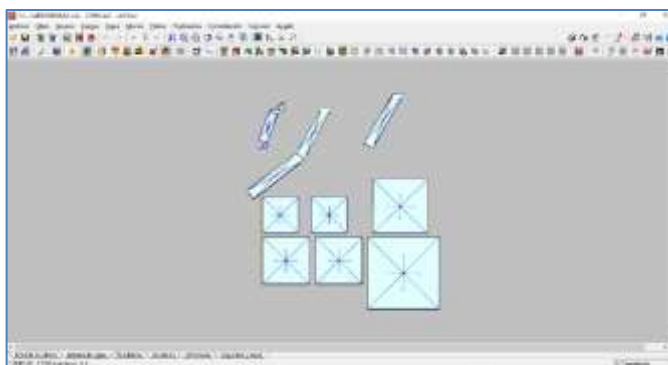


Figura 17 Dimensionado FATO, CR y PE. Fuente: Elaboración propia. CYPECAD

En la Figura 17, se puede observar todas las calles de rodaje y puestos de estacionamiento, de manera que se distribuyen de izquierda a derecha los elementos que corresponden respectivamente a las zonas FATO (3,2,1).

Finalmente, una vez calculados con el software, se observa que los esfuerzos cortantes resultantes e isovalores se distribuyen correctamente sin exceder ni provocar problemas estructurales a lo largo de la superficie. (véase apartado 3, Anexo IX)

Para el dimensionado de las vías logísticas, al cruzar las calles de rodaje, se ha seguido el mismo proceso. También se desglosan las diferentes vías, sin embargo, se ha tenido en cuenta que, al cruzar a través de las calles de rodaje en tierra, las cuales están dimensionadas para unos esfuerzos mayores como se observa en la Figura 18, se han tenido que omitir. Como se puede observar, los dos huecos que hay en medio de la vía principal son los correspondientes a las calles de rodaje en tierra que la atraviesan.

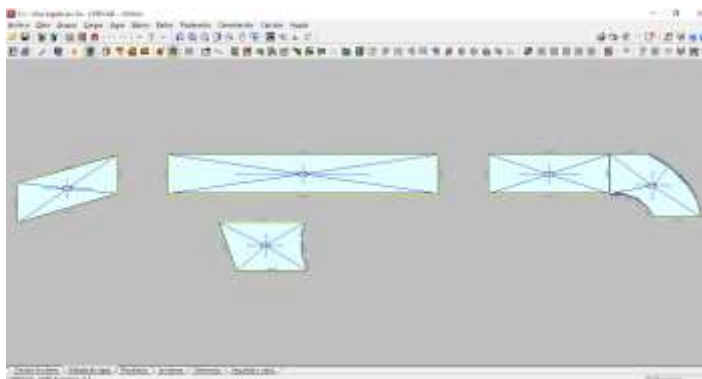


Figura 18 Dimensionado de vías logísticas. Fuente: Elaboración propia. CYPECAD

Tras realizar los cálculos y comprobaciones, también cumplen los requisitos o los estados límite últimos exigidos por la norma, de manera que los esfuerzos cortantes resultantes e isovalores son óptimos. (véase apartado 3, Anexo IX).



Finalmente, de CYPECAD, se puede extraer una estimación de la cantidad de materiales necesarios para su ejecución que se encuentran recogidos en la Tabla 10:

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Losas de cimentación	-	11953.97	2390.790	-
Armado base	-	-	-	148584
Vigas	282.54	285.91	57.220	4764
Pilares	0.00	-	-	-
<b>Total</b>	-	<b>12239.88</b>	<b>2448.010</b>	<b>153348</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.200</b>	<b>12.53</b>
<b>Superficie total: 12239.88 m<sup>2</sup></b>				

Tabla 10 Cuantías de obra de infraestructura aeronáutica. Fuente: CYPECAD

Elemento	Encofrado (m <sup>2</sup> )	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Losas de cimentación	-	868.71	130.310	-
Armado base	-	-	-	11055
Vigas	45.94	46.63	7.000	990
<b>Total</b>	-	<b>915.34</b>	<b>137.310</b>	<b>12045</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	-	-	<b>0.150</b>	<b>13.16</b>
<b>Superficie total: 915.34 m<sup>2</sup></b>				

Tabla 11. Cuantías de obra de infraestructura logística. Fuente: CYPECAD

En primer lugar, tras obtener los resultados, se pueden observar las cuantías de la infraestructura destinada a las aeronaves pertenecientes a las FAMET. Esta se ha dimensionado, considerando que por estas plataformas transcurren tanto vehículos terrestres como aéreos, por lo que estará sometido a unos esfuerzos mayores que aquellas vías destinadas a vehículos logísticos.

En segundo lugar, se observan las cuantías de obra correspondientes a la infraestructura logística, es decir por aquellas en las que no transitarán aeronaves y sólo aquellos vehículos o maquinaria correspondiente a realizar labores logísticas.

Finalmente, en la tabla se observan vigas, esto es debido a que el programa no permitía la inserción de un paño de tipo losa apoyada sobre el terreno directamente, sino que los recintos de cada losa hubo que estructurarlos con "vigas de cimentación". De esta forma, se conseguía el recinto cerrado y el establecimiento de un paño de tipo "losa de hormigón apoyada sobre el terreno".

## 6. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

Para la ejecución de este proyecto ha sido necesario una división de los diferentes hitos que compondrán la ejecución de la obra. El orden en el que se ejecutarán los hitos será: Levantado, Movimiento de tierras, nivelado, compactación y hormigonado.

Para ello, ha sido necesario un análisis del material, maquinaria y personal que tenía la unidad. En la siguiente tabla se ha hecho una diferenciación por rango y cometido, ya que los cometidos varían en función de la escala a ala que pertenezcan:

Los operadores de máquinas son aquellos que están encuadrados en la sección de máquinas.

En cuanto a los soldados, es posible conseguir apoyo de la compañía de zapadores, la cual puede proveer hasta 36 zapadores a los cuales se le asignen trabajos que estos puedan ejecutar, con los rendimientos que se observan en la siguiente tabla, estos rendimientos son extraídos internamente por la sección de organización de terreno, ya que están calculados para los porcentajes de eficiencia de la maquinaria y el personal. Esto es debido a que ya han realizado proyectos los cuales han sido necesario calcularlos, y por experiencia ya saben cómo son:



Escala	Número de personal	Responsabilidad	Rendimiento
Oficiales	1	JING	-
Brigadas	1	PLANA	-
Sargentos /Sargentos 1º	2+6 (sargentos zapadores)	JEFES DE PELOTON	15m³/día
/dCabo /Cabo 1º Operadores de maquina	5 (Todos los carnets)	CONDUCTORES	En función de maquinaria
Soldados	20+36 (zapadores) (8 Carnet de tipo C (Camión))	8 PELOTONES (6 PAX)	15m³/día

Tabla 12 Lista personal. Fuente: Plantilla orgánica de Uso Oficial

En cuanto a la maquinaria correspondiente, considerando el tren de máquinas que la unidad tiene y sus correspondientes consumos de combustible por hora se obtienen los siguientes rendimientos, los cuales en el apartado 7 serán imprescindibles para el presupuesto. La SC de máquinas se compone de:

Vehículo	Cantidad	Consumo	Rendimiento
Aníbal	2	0.1L/h-DIESEL	-
Camiones URO	1	17L/h-DIESEL	-
IVECO Aljibe (10000 litros)	1	-	-
Volquete IVECO 12 t	6	50L/h-DIESEL	10 TM de capacidad
Rodillo	1	2L/h-DIESEL	10000 m²/día
Empujadora Dozer cadenas	3	7L/h-DIESEL	165 m³/día
Motoniveladora NEW HOLLAND	2	45L/h-DIESEL	2500 m²/día
Retro-cargadora mixta ruedas	6	14L/h-DIESEL	130 m³/día
Retro excavadora, cadena (Martillo hidráulico)	1	20L/h-DIESEL	100 m²/día
Cargadora ruedas	1	-	-

Tabla 13 Lista del tren de máquinas de la SC de máquinas del RING 7. Fuente: Plantilla orgánica de CIA Apoyo, RING7.

Es importante tener en cuenta que solo se cuenta con **5 operadores de máquina que tienen los carnets** correspondientes al uso de toda la maquinaria. También es importante considerar que varios zapadores cuentan con el carnet tipo C, así que como máximo se podrán usar hasta 5 máquinas a la vez y hasta 8 camiones a la vez. Es decir, habrá tantas maquinas o vehículo en uso como operadores se encuentren operativos para trabajar. De estas 5 en función del proceso de la obra en el que se encuentre, se priorizará la máquina que realiza las respectivas labores, por ejemplo, si se encuentra en el proceso de nivelado se priorizará el uso de motoniveladoras o si se encuentra en el proceso de compactado, se priorizará el uso del rodillo.

Es importante recalcar, que, en esta EDT y el diagrama de Gantt (véase Anexo X), se refleja el desglose de trabajo hasta dónde enmarca el presente proyecto. Sin embargo, esto no quiere decir que se pueda alargar ya que el objetivo del proyecto es que este aeródromo quede registrado en la base de datos de la OACI. Sin embargo, para conseguir dicho hito son necesarios todos los tramites de documentación oficial, tanto iniciales (Trámites de documentos previos para la realización del proyecto a nivel interno de las FAS) como finales (Trámites oficiales a través del Estado para el establecimiento en la OACI) una vez realizado el proyecto, los cuales, no se contemplan en la EDT ni en el presente proyecto.



En cuanto a otros trabajos que no se encuentran dentro del marco teórico del trabajo, como por ejemplo la instalación eléctrica o el pintado de la señalización, que se encargarían a la oficina técnica en concreto y una subcontratación de una empresa de señalización vial. Por ello, se considera una durabilidad que no pueda afectar a las otras actividades que si entran dentro del alcance del presente proyecto.

Con respecto a la estimación de las duraciones de la obra, se ha procurado respetar las injerencias climáticas. De manera que, se ha tratado de buscar el inicio del proyecto estratégicamente, para que las injerencias climáticas no afectasen a la ejecución. Así, se consigue disminuir los riesgos para la ejecución del proyecto, y haya más posibilidades de mantener los tiempos establecidos.

Para los tajos se divide la organización del trabajo en organización del terreno, señalización e instalación eléctrica. Sin embargo, la carga de trabajo va a estar en la organización del terreno que se subdividen en las siguientes tareas: Levantamiento del hormigón en mal estado, movimiento de tierra y material, nivelado del terreno, compactado del terreno y hormigonado, los cuales se entrará en detalle a continuación.

Todos ellos bajo la normativa de prevención de riesgos laborales, ya que el jefe de ingenieros encargado del proyecto es el principal responsable de la prevención de riesgos durante la ejecución del proyecto. Por lo que se han contemplado las **medidas de seguridad que el personal debe mantener**, todo ello recogido según la normativa y proporcionada por el software de CYPE, (*Seguridad y salud. España. CYPE Ingenieros, S.A., no date*).

## 6.1. ORGANIZACIÓN DEL TERRENO

El objetivo de toda la organización del terreno, será buscar conseguir que todo esté preparado para que el fraguado de hormigón ser realice en la temporada de menos lluvias de la zona. Como se ha estudiado en el apartado 4.2.1 se observa que la temporada en la que se hormigonaría debería ser a partir de febrero o a partir de junio (Véase Anexo IV). Ya que el hecho de que lloviese puede suponer un mal fraguado de este. Esto podría acarrear serios problemas estructurales que es preferible evitar.

Por lo tanto, en este caso se ha buscado poder fraguar en la etapa de febrero, ya que se considera de vital importancia tener esta infraestructura lista cuanto antes al tratarse de una zona delicada por su ubicación geográfica y geopolítica.

### 6.1.1. LEVANTAMIENTO DE HORMIGÓN EN MAL ESTADO

En primer lugar, se trata de un lugar que se encuentra ya hormigonado. Este hormigón como se ha podido observar durante la estancia en las PEXT, y los reportajes fotográficos realizados, se trata de un hormigón en mal estado que puede atentar contra la seguridad del personal tanto en la aeronave como fuera. Por lo que, al decidirse cambiar su disposición, se ha decidido levantar este material y desecharlo. Esta extensión de terreno se trata de **12755 m<sup>2</sup>**.

Esta actividad se realizará con los martillos hidráulicos acoplables a la retro excavadora y las retrocargadora mixta. Por lo que en total se encargarán **4 vehículos** realizando los trabajos de desecho de hormigón en mal estado. Por lo que:

$$4 \times 100 \text{ m}^2/\text{día} = 400 \text{ m}^2/\text{día}$$

$$\text{Tiempo estimado: } 12.755/400 = 31 \text{ días}$$

### 6.1.2. MOVIMIENTO DE TIERRA

Al tratarse de un aeródromo anterior, con mucho tiempo y no mantenido, se ha decidido levantar el aeródromo. De manera que será necesario el uso de los martillos hidráulicos acoplables a la retro excavadora y mini maquinas. Al tratarse de una gran extensión de terreno



En primer lugar, mediante herramientas de análisis digital y teledetección, Carta digital, se han extraído los perfiles estimados de los terraplenes de acceso para el nivelado, y por consiguiente, los metros cúbicos a excavar y mover del arcén. Por ello se ha considerado que:

- Superficie de excavación para replanteo de obra: (Proveniente de las Zonas destinadas a aeronaves y vías logísticas) unos 14000 m<sup>2</sup> por un canto de 25 cm (losa de cimentación) + 10 cm de losa mayorando a 40 cm por seguridad: 14000x 0.04= 560m<sup>3</sup>
- Zonas de terraplén explanación, lo ideal que sería que la oficina técnica se encargase de este trabajo y realizase un levantamiento topográfico, sin embargo, se ha realizado un procedimiento en el que se obtiene aproximadamente la tierra que se va a mover del terraplén ubicado en la zona Oeste de la zona. Mediante, la herramienta Carta Digital (ver Figura 19), se ha realizado el perfil topográfico para ver la pendiente del terraplén. De manera que la superficie de este perfil extrusionado a toda la longitud de este terraplén nos da una estimación de los metros cúbicos que se tienen que mover:

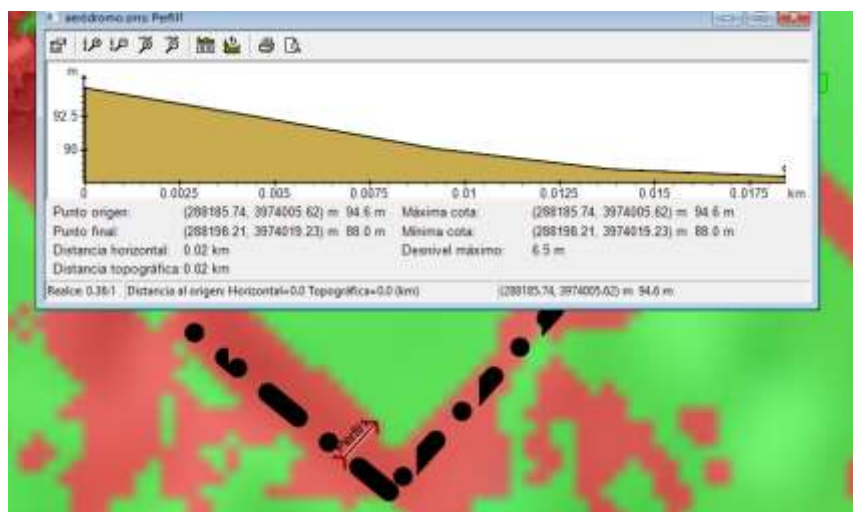


Figura 19 Perfil topográfico de terraplén en la zona Sur-Oeste. Fuente: Carta Digital

- Se aproxima al área de un triángulo de unos 86 m<sup>2</sup>, por lo que estos extrusionados por 70 metros de longitud, generando un prisma de base triangular de un total de 6073 m<sup>3</sup>.
- También la zona Norte-Este del recinto, es necesario un nivelado y un movimiento de tierras. Por lo que mediante el mismo proceso que para el terraplén, se tendrán que mover un total de 2147 m<sup>3</sup>.

Por lo tanto, cantidad de tierra que se prevé **mover** (proceso que implicará cargadoras mixtas o retroexcavadoras aproximadamente, unos **8780 m<sup>3</sup>** y considerando que se van utilizar para el movimiento de tierras tanto retro excavadoras como las “Dozer”. Sin embargo, al solo tener 5 hombres capacitados **para** conducir, es decir solo 5 máquinas se escogerán las que tengan un mayor rendimiento (Dozer)

$$3 \times 165 \text{ m}^3/\text{día} = 495\text{m}^3/\text{día}$$

$$2 \times 130 \text{ m}^3/\text{día} = 260 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Tiempo Estimado: } 8781 / 755 = 11,6 \gg \mathbf{12 \text{ días}}$$

### 6.1.3. NIVELADO DEL TERRENO

Para el **nivelado** del terreno, una vez se haya movido el material, se procederá al nivelado de las zonas que se hormigonarán. Por ello mediante la herramienta de AutoCAD, y los planos obtenidos se extrajo el área que ocupan y ello lo realizarán la maquinaria de niveladoras. Son un total de **13244,55 m<sup>2</sup>**, para la realización de esta actividad, se han usado las dos motoniveladoras. De manera que:

$$2 \times 2500 \text{ m}^2/\text{día} = 5000 \text{ m}^2 / \text{día}$$

$$\text{Tiempo estimado: } 13245 / 5000 = 2.6 \text{ días} \gg \mathbf{3 \text{ días}’}$$



#### 6.1.4. COMPACTADO DEL TERENO

Por último, el **compactado** se realizará mediante el rodillo. Se ha decidido compactar la tierra de las zonas que no están ocupadas por hormigón, e incluso se puede plantear la posibilidad de añadir algún tipo de aditivo del terreno que aumente su plasticidad para evitar la proyección de partículas de polvo o gravilla, durante a maniobra de despegue o aterrizaje. Esta superficie es un total de **17887,43 m<sup>2</sup>**.

Esta será realizada por el único rodillo. Además, como método expedito realizado durante la creación del polígono de combate Serrallo, se realizará a la vez que la distribución en tongadas de aljibes de 15 cm de agua. Incluso barajándose la posibilidad de adición de algún aditivo a la superficie del terreno (como arcillas) y esta sea más consistente y no muestre gravilla ni partículas proyectables duran el movimiento de las aeronaves.

Tiempo estimado:  $17888 / 10000 = 1,78 \text{ días} \approx 2 \text{ días}$

#### 6.2. HORMIGONADO

Como se ha observado tras los cálculos realizados con la herramienta CYPECAD, se han obtenido las cuantías de obra en el apartado "Ejecución del programa CYPECAD" más atrás. La suma total de metros cúbicos de obra son un total de **2585.30 metros cúbicos** de hormigón.

Además de todo el material que hay que mover, entre ferralla y herramientas necesarias será necesario el uso de los minicargadores, camiones o volquetes, ya que se estima en un desplazamiento total de **170000 kg de ferralla además de las herramientas**.

Por ello considerando que la organización operativa está compuesta por 8 pelotones y trabajan con un rendimiento de 15m<sup>3</sup>/día el tiempo estimado de hormigonado:

Tiempo estimado  $2585.30 \text{ m}^3 / (15 \text{ m}^3/\text{día} \times 8 \text{ pelotones}) = 22 \text{ días aproximadamente}$

Por último, el fraguado de este, para que esta cumpla con los requisitos de resistencia característica del hormigón, deberán transcurrir **28 días desde la última losa de hormigón**.

#### 6.3. SEÑALIZACIÓN

Para la señalización se pretende subcontratar una empresa especializada en pintado de señales viales con pintura. Por ello el proceso no se puede establecer exactamente, ya que depende de la eficiencia de trabajo de la empresa y el contrato que se establezca. Por ello se establece un margen de tiempo lo suficientemente amplio como para que no altere el resto de actividades.

Margen de: **15 días**.

A la empresa que se estudie o dedique a la realización de este proceso, se le proporcionarán los planos que se han realizado y exigir que se cumpla con la normativa de señalización vial establecida por la Instrucción técnica correspondiente (PG-3),(Ministerio de Fomento, 2014) o la que establece el RD13002/2015 para la señalización de aeródromos. Como por ejemplo el triángulo en el que se encuentra la "H" estandarizada con unas medidas correspondientes, entre otros elementos de señalización.

En cuanto al establecimiento del cono de viento, se establecerá un pequeño núcleo que con ayuda de maquinaria establecerán el cono de viento en la edificación correspondiente a la torre de control (Véase Anexo VIII).



## 6.4. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para la instalación de la instalación eléctrica, se requerirá de personal cualificado para el proceso, y un estudio de las fuentes de alimentación posición de arquetas entre otros elementos. Esta instalación no se plantea en el presente proyecto ya que el órgano normalmente encargado de realizar estas labores es la Oficina Técnica (OFTEC), con un personal mayormente cualificado. Por ello también se establece una duración estimada con el margen suficiente amplitud, para que no afecte a otras actividades.

Es importante recalcar que esta debe realizarse y estar lista para ejecutar previamente al hormigonado o ejecutarse durante el encofrado de las correspondientes losas. Ya que muchos elementos eléctricos transcurren por el subsuelo.

### **Margen de: 9 días**

Finalmente, para los trabajos que se realizan y según los datos que se han obtenido, se ha realizado una Estructura Desglose de Trabajo, la cual sólo se han incluido los trabajos que se ejecutan y plantean en el presente proyecto. También se ha incluido un Diagrama de Gantt realizado con el software "Project Libre", REF (Véase Anexo X).

Para la organización del trabajo, se ha considerado como día laborable con un horario de 8:00 a 13:00 y de 15:00 a 17:00, de manera que los días laborables se componen de 8 horas, lo cual será vital para el cálculo de presupuestos. Y se obvian también fines de semana y días festivos. Considerando que el proyecto comienza a ejecutarse en diciembre del año 2022.

Además, en esta gestión del tiempo se propone como hito final, la preparación de la infraestructura para después "proyectarla". Es decir, dejarla lista para proceder a la iniciación de los trámites oficiales para inscribirlo en la red de helipuertos de la OACI y AIP.

## 7. PRESUPUESTO

El presupuesto estimado se ha calculado mediante una de las extensiones del software CYPE. Esta extensión se denomina Arquímedes, y es un software que se encarga de crear una base de datos, a partir de la cual, y mediante el establecimiento de unos parámetros como por ejemplo lo son la ubicación, los encofrados o incluso el acceso al recinto, obtenemos el resultado por infraestructura.

- Los precios se extraen de la información proporcionada por el Colegio Oficial de Arquitectos de Ceuta (COACE).
- Los encofrados se han considerado que son de madera.
- El entorno se ha considerado una orografía plana porque ya estaría nivelada.
- Los accesos a la zona son muy buenos como se puede observar en el plano obtenido (Anexo VIII).
- Se considera un crecimiento sostenido del mercado.
- El software Arquímedes, establece de manera predeterminada precios para personal civil. Sin embargo, esto variará, ya que se usará el personal perteneciente al RING 7. Se considerará solo los sueldos correspondientes a las horas extraordinarias fuera de horario laboral.

### 7.1. INFRAESTRUCTURA PARA AERONAVES (FATO/TLOF, CR, PE)

Teniendo en cuenta las consideraciones previas, para el presupuesto de la infraestructura para aeronaves se ha realizado la siguiente tabla con los valores y costes extraídos del generador de precios del propio software de CYPE.

Como se puede observar en la tabla, en la columna 1, se observan los procesos que se realizarán para la ejecución del hormigonado. En cada uno de estos procesos, compuestos por varios productos que cuestan un determinado precio unitario, y tras recopilar de cada uno de los procesos que se van a ejecutar,



se observa una fila verde en cada uno de los procesos, que se refiere al valor monetario total que conlleva realizar el correspondiente acto.

Al final se puede observar el coste total de lo que conlleva realizar el proceso de construcción de la infraestructura destinada a las aeronaves. Es decir, todos los elementos del aeródromo (FATO, CR y PE)

Proceso	Producto	Unidades	Coste/unidad	Importe
Regularización	Hormigón de limpieza HL-150/B/20	0,105 m <sup>3</sup>	83,82	8,80 €
	<b>Capa de hormigón de limpieza</b>	<b>12.239,88 m<sup>2</sup></b>	<b>8,80</b>	<b>107.710,94 €</b>
Sistema de encofrado	Madera para encofrar recuperable	0,004 m <sup>3</sup>	385,00	1,54 €
	Alambre galvanizado para atar Ø1.30mm	0,008 kg	1.05 €	0,01 €
	Puntas de acero 20x100mm	-	-	-
	Agente desmoldeante	0,03 l	1,98 €	0,06 €
	<b>Montaje sistema encofrado</b>	<b>282,54 m<sup>2</sup></b>	<b>1,61 €</b>	<b>454,88 €</b>
Losa de cimentación	Separador homologado para cimentaciones	5 Ud	0,15 €	0,75 €
	Acero de barras corrugadas	63,90 kg	0,69 €	44,09 €
	Alambre galvanizado para atar Ø1,30 mm	0,313 kg	1,05 €	0,33 €
	Hormigón HA-30/P/20/IIIa	1.05 m <sup>3</sup>	115,54 €	121,32 €
	<b>Losa de cimentación</b>	<b>2447,98 m<sup>3</sup></b>	<b>166,49 €</b>	<b>407.564,19 €</b>
<b>Total Infraestructura aeronaves</b>	<b>515.730,01 €</b>			

Tabla 14 Presupuesto desglosado de Infraestructura destinada a aeronaves. Fuente: Elaboración propia, Arquímedes, CYPE.

En este caso habría que incluir el coste de personal, sin embargo, este se establecerá en función del tiempo que trabajaría el personal. Así que hasta el siguiente apartado no se podría establecer un presupuesto en concreto del personal (IRE+SUELDO) y COSTE DE COMBUSTIBLE MAQUINARIA (L/H).

## 7.2. INFRAESTRUCUTRA LOGÍSTICA

Al igual que en el apartado anterior, se han diferenciado los productos que establece el generador de precios, sin considerar aquellos que puede ofrecer la unidad del RING 7, como, por ejemplo, personal o maquinaria. Aquí se puede observar una tabla similar a la anterior, pero variando las medidas debido a que es menor la superficie que se replanteará y hormigonará. Como se puede observar el coste del sistema de encofrado se obvia. Esto es debido a que como previamente para la infraestructura destinada a las



aeronaves, se seleccionó un tipo de encofrado reutilizable de hasta 10 usos por lo que se considera que se podrá reutilizar para esta otra infraestructura.

Proceso	Producto	Unidades	Coste/unidad	Importe
Regularización	Hormigón de limpieza HL-150/B/20	0,105 m <sup>3</sup>	83,82	8,80 €
	<b>Capa de hormigón de limpieza</b>	<b>915,34 m<sup>2</sup></b>	<b>8,80</b>	<b>8.054,99 €</b>
Losas de cimentación	Separador homologado para cimentaciones	5 Ud	0,15 €	0,75 €
	Acero de barras corrugadas	52,385 kg	0,69 €	36,15 €
	Alambre galvanizado para atar Ø1,30 mm	0,313 kg	1,05 €	0,33 €
	Hormigón HA-30/P/20/IIIa	1.05 m <sup>3</sup>	115,54 €	121,32 €
	<b>Losas de cimentación</b>	<b>228,83 m<sup>3</sup></b>	<b>158,55 €</b>	<b>36.280,99</b>
<b>Total, Infraestructura logística</b>				<b>44.335,98 €</b>

Tabla 15 Presupuesto desglosado de la infraestructura destinada a la logística. Fuente: Elaboración propia, Arquímedes, CYPE

Por lo que finalmente la suma de los presupuestos de ambas infraestructuras será de **560.065,99 €** en el apartado constructivo.

### 7.3. PERSONAL

Para el coste del personal, al tratarse de personal interno de las FAS, siguen las directrices de la política de sueldos del estado. Sin embargo, al tratarse de un trabajo extraordinario, se les aplica un extra en el sueldo. Según explica el Reglamento de retribuciones del personal de las Fuerzas Armadas, (Ministerio de la Presidencia, 2005) los sueldos que cobran los miembros de las FAS, en función de su clase y por lo tanto empleo. Como se observa en la siguiente tabla:

Clase	Empleo	Sueldo base	IRE	
A1	General del Ejército, almirante general, general del aire, teniente o alférez de navío	1.214,39€	37,40€/día	OFICIALES
A2	De alférez a sargento	1.050,06€		
C1	Cuando se pasa de cabo mayor a soldado o marinero con servicios de carácter permanente,	788,42€	37,20€/día	SUBOFICIALES
C2	Si se pasa de cabo primero a soldado, con relación de servicios temporales	656,18€	28,2€/día	TROPA

Tabla 16 Desglose sueldos base. Fuente: Elaboración propia, Reglamento de retribuciones del personal las FAS y complementos por Comisión de Servicio.



También se ha considerado una comisión de servicio (IRE), que se incluye por día que se está de servicio, tomándose de referencia los que se usaron para la obra del “Polígono de combate urbanizado Serrallo”. Tras la realización de la organización del trabajo y la estimación del tiempo que involucra al personal, el cual se estima en un total de 82 días y formar parte del proyecto **un oficial** (jefe de Ingenieros), **8 suboficiales** y finalmente **56 soldados** pertenecientes a la escala de tropa y marinería, el resultado será:

Tipo A:  $82 \times 9 \times 37.40 = 27.601,20 \text{ €}$

Tipo C2:  $82 \times 56 \times 28,20 = 129.494,40 \text{ €}$

Sin embargo, este es el presupuesto más restrictivo, en el caso de que todo el personal trabajase durante 82 días seguidos. Por el contrario, debido a vicisitudes del trabajo in situ y gestión del personal, el presupuesto en personal disminuirá. En el presente proyecto **no se considera el sueldo o nómina** ya que todos los meses será igual y ya están contemplados en los costes de Ministerio de Defensa.

## 7.4. SEÑALIZACIÓN

### 7.4.1. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

Para la señalización se pretende delegar esta labor a personal cualificado, el cual cumpla los estándares establecidos. Por ejemplo, en el caso de la señalización horizontal, es necesario el dato de cuantos m<sup>2</sup> van a ser pintados. Por ello con la ayuda de las herramientas utilizadas hasta ahora, principalmente AutoCAD, y los planos generados por este, se obtiene un total de: **587 m<sup>2</sup>** de color **blanco** y **90 m<sup>2</sup>** de pintura de color amarillo para las vías logísticas, considerando unos anchos de línea de **30 cm**. Excepto aquellas zonas que vienen reguladas como son los triángulos ubicados en las zonas FATO/TLOF. (Véase Imagen 4.2.2.1, Anexo I).

Debido a que no se tiene constancia de si hay personal cualificado para la realización de las señales horizontales, o si existe algún tipo de reserva de ejército que provea de pintura, en el presente proyecto **no se contempla en el presupuesto dicho coste**.

### 7.4.2. SEÑALIZACIÓN LUMÍNICA

En el caso de las señalizaciones luminosas, a pesar de que en el proyecto no se realiza la instalación, sí que se sabe cuál va a ser su disposición, y un determinado número de focos. En primer lugar, según el reglamento, RD 13002/2015, se observa en la imagen como deben ir colocadas los focos correspondientes al triángulo intrínseco a la zona de aterrizaje. Sin embargo, la iluminación de las calles de rodaje en tierra o puestos de estacionamiento, dependen de cómo este distribuida la instalación eléctrica. También habrá que tener en cuenta la iluminación en los puestos de estacionamiento, para la realización de las labores logísticas y también la señalización de las vías logísticas, para evitar posibles accidentes que se puedan dar debido a condiciones de baja visibilidad.

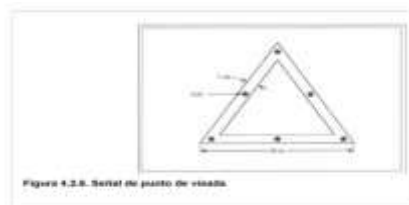


Figura 20 Señalización lumínica en zona TLOF. Fuente: RD 13002/2015

Por lo tanto, el **presupuesto no incluye el coste de la instalación** y señalización luminosa, por lo que el órgano correspondiente debería completar el presente presupuesto, con el coste de dicha instalación.



## 8. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Tras haber realizado los estudios pertinentes y cumplido todos los objetivos específicos, se han obtenido las siguientes conclusiones.

En primer lugar, se ha descartado la posibilidad de reutilizar un aeródromo que se encontrase en la Península Ibérica y que se encargara del espacio aéreo de Ceuta. Además, esto limitaba las posibles operaciones aéreas futuras en términos de distancia, logística y tiempo. Por lo que finalmente se decide ejecutar el proyecto en la plaza de Ceuta.

Tras haber seleccionado la plaza, se ha realizado un estudio de los posibles emplazamientos en los que se podría instalar el aeródromo militar. Se realiza a través del análisis multicriterio, en el que se analizan las posibles alternativas, y se concluye que la parcela del aeródromo existente en la Base Pardo de Santayana es la opción más adecuada. El estado en el que se encuentra no es el óptimo, pero se podría conseguir mejorar sus capacidades con la ejecución del presente proyecto.

Esto, por consiguiente, conlleva a realizar, un estudio de las características del terreno y análisis del clima en la zona. En el apartado del terreno, una de las conclusiones más importantes son los análisis de las pendientes actuales y la composición del suelo de la zona.

Finalmente, tras ambos estudios y los resultados obtenidos, se han analizado las aeronaves que componen las FAMET. En función de la normativa establecida para la construcción de aeródromos, se establece una disposición del terreno que permita aumentar las capacidades del aeródromo existente. El actual solo permite el aterrizaje de un sólo helicóptero y 4 puestos de estacionamiento; sin embargo, en el presente proyecto se consigue que puedan aterrizar 3 aeronaves a su vez y 3 puestos de estacionamiento donde ejecutar las labores de repostaje, mantenimiento y municionamiento.

Para el dimensionado de las losas, se ha diseñado para soportar dos tipos diferentes de esfuerzos. En función de los esfuerzos que soportan se discierne entre infraestructura destinada a vehículos logísticos y otros para los aéreos. Todo ello en función de la normativa correspondiente, y cumpliendo con los estándares de seguridad y dimensionado.

Tras estos procesos, se han obtenido los planos correspondientes en los que se aprecian los diferentes elementos que componen los helipuertos. Para la ejecución del proyecto también se ha realizado una organización de trabajo y un presupuesto, en el que se ha calculado que el proyecto tardaría 104 días aproximadamente y con un valor estimado de 560.065,99 €. Sin embargo, en este presupuesto no se contempla el coste de la señalización lumínica ni horizontal.

Finalmente, una vez realizados todos estos cometidos, se habría conseguido realizar el aeródromo militar que ofrecería unas capacidades mayores a las del actual. Además, se podrían ejecutar operaciones aéreas nocturnas, lo cual aumenta al completo la ventana horaria para entrar en el espacio aéreo de Ceuta, de este modo se encontraría listo para ser aceptado por la OACI, tras la tramitación de los documentos oficiales.

Para concluir, como posibles líneas futuras, quedarían pendientes la realización de una instalación eléctrica eficiente y previa al hormigonado, el cálculo del coste de la pintura para la señalización horizontal e incluso la implementación de un sistema de información destinado a la gestión y coordinación de tráfico aéreo con el terrestre para conseguir acortar los tiempos de ejecución de las labores logísticas.

Si se estableciera una gestión de tráfico aéreo y terrestre centralizada en la torre de control, agilizaría los procesos logísticos y un mayor número de aeronaves podrían ser atendidas incluyendo un aumento en la seguridad de las operaciones.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIP España* (no date). Available at: <https://aip.enaire.es/AIP/AIP-es.html> (Accessed: October 26, 2021).
- Antonio Luis Montealegre (2020) "Asignatura Sistemas de Información y Gestión para la Teledetección (SIGTEL) 4º Curso de Ingeniería de Organización Industrial," *Carta Digital* [Preprint]. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- Aparcamientos Municipales y Gestión Vial de Ceuta, A. (2020) *Embolsamiento de vehículos de la frontera de El Tarajal*. Available at: <https://www.ceuta.es/amgevesa/servicios/embolsamiento-frontera> (Accessed: October 12, 2021).
- Barcala, M.A., Ángel, M. and Sevillano, A.R. (no date) *Descripción y tipos de aeronaves de ala rotatoria*.
- Base de datos meteorológica. Consulta de Datos de Viento* (no date). Available at: <https://datosclima.es/Aemethistorico/Viento.php> (Accessed: November 13, 2021).
- Capacidad portante - Wikipedia, la enciclopedia libre* (no date). Available at: [https://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad\\_portante](https://es.wikipedia.org/wiki/Capacidad_portante) (Accessed: November 27, 2021).
- Centro de Descargas del CNIG (IGN)* (no date a). Available at: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp> (Accessed: November 12, 2021).
- Centro de Descargas del CNIG (IGN)* (no date b). Available at: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp> (Accessed: September 21, 2021).
- Clima Ceuta - meteoblue* (no date). Available at: [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/ceuta\\_espa%c3%b1a\\_6362987](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/ceuta_espa%c3%b1a_6362987) (Accessed: November 27, 2021).
- Comandante Don Víctor Herella Garcés (2021) "Asignatura de Materiales de Construcción de 4º curso EMIEO de la Especialidad Fundamental de Ingenieros." Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.
- CYPE (2018) "CYPECAD."
- Definición de ENAIRE - Diccionario panhispánico del español jurídico - RAE* (no date). Available at: <https://dpej.rae.es/lema/enaire> (Accessed: November 14, 2021).
- Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2015) *VADECUM REMER*. Available at: <https://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum17/vdm023.htm> (Accessed: September 22, 2021).
- El Clima en Ceuta, España* (no date). Available at: <https://www.datosmundial.com/europa/espana/clima-ceuta.php> (Accessed: November 16, 2021).
- Estructural, S. (2009) *Documento Básico SE-AE, Seguridad Estructural Acciones en la Edificación*.
- Geotecnia Fácil (no date) *Nivel freático y consecuencias*. Available at: <https://geotecniafacil.com/que-es-el-nivel-freatico-definicion-piezometrico/> (Accessed: October 28, 2021).



Google Inc. (2021) "Google Earth Pro ."

*Instituto Geográfico Nacional* (no date). Available at: <http://www.ign.es/web/ign/portal> (Accessed: December 18, 2021).

Instituto Geológico y Minero de España., Sánchez Gómez, M. and Pineda Velasco, A. (2013) *Ceuta, 1110-III mapa geológico de España E. 1:25.000*. Instituto Geológico y Minero de España.

Iveco Defence Vehicles (no date) *TACTICAL VEHICLES*. Available at: <https://www.ivecodefencevehicles.com/Pages/Products/tactical-vehicles.aspx> (Accessed: October 28, 2021).

Marta Torralba Gracia (2020) "Asignatura de Oficina de proyectos de 4º curso de Ingeniería de organización industrial." Zaragoza.

Ministerio de Defensa, E.T. (no date) *Ejército de tierra*. Available at: [https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Ceuta/comge\\_ceuta/Organizacion/index.html](https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Ceuta/comge_ceuta/Organizacion/index.html) (Accessed: December 18, 2021).

Ministerio de Fomento (2014) *Pliego de preescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes (PG-3)*. Available at: <http://www.carreteros.org/normativa/pg3/pg3.htm> (Accessed: November 9, 2021).

Ministerio de Fomento (2015) *Corrección de errores del Real Decreto 1070/2015, de 27 de noviembre, por el que se aprueban las normas técnicas de seguridad operacional de aeródromos de uso restringido y se modifican el Real Decreto 1189/2011*. Available at: <http://www.boe.es>.

Ministerio de la Presidencia (2005) *BOE-A-2005-18265 Real Decreto 1314/2005, de 4 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de retribuciones del personal de las Fuerzas Armadas*. Available at: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2005-18265> (Accessed: November 27, 2021).

OACI (1995) *3ª Edición-Manual de Helipuertos*.

Repsol (no date) *Queroseno JP-8 - Combustible para aviones militares*. Available at: <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/aviacion/jp-8/index.cshtml> (Accessed: October 28, 2021).

Roche, H. (no date) *Métodos Cuantitativos Aplicados a la Administración Material de Apoyo ANALISIS MULTICRITERIO*.

*Rugosidad en pavimentos de hormigón. Influencia de la temperatura – Revista Vial* (no date). Available at: <https://revistavial.com/rugosidad-en-pavimentos-de-hormigon-influencia-de-la-temperatura/> (Accessed: November 9, 2021).

Sakona Javier, B.J. (2021) *Marruecos amaga con una "marcha verde" en Ceuta y deja a miles de migrantes en las calles*. Available at: [https://www.elconfidencial.com/espana/2021-05-18/espana-marruecos-fronteras-miles-llegadas-inmigrantes\\_3085272/](https://www.elconfidencial.com/espana/2021-05-18/espana-marruecos-fronteras-miles-llegadas-inmigrantes_3085272/) (Accessed: November 13, 2021).

Secretaría general técnica (2010) *Instrucción de hormigón estructural*.



*Sede Electrónica del Catastro - Fondo mapa de España* (no date). Available at: <https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?buscar=S> (Accessed: December 17, 2021).

*Seguridad y salud. España. CYPE Ingenieros, S.A.* (no date). Available at: <http://www.generadordeprecios.info/seguridad/#gsc.tab=0> (Accessed: December 18, 2021).

UNE (Normalización española) (no date) *UNE-EN 933-1:2012 Ensayos para determinar las propiedades.* Available at: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0049638> (Accessed: November 16, 2021).

la Verdad de Ceuta (2020) *Las Fuerzas Armadas traen la vacuna a Ceuta por aire - La Verdad de Ceuta.* Available at: <https://www.laverdaddeceuta.com/crisis-coronavirus-covid-19/noticias/sociedad/crisis-coronavirus-covid-19/las-fuerzas-armadas-traeran-la-vacuna-a-ceuta-por-aire> (Accessed: November 13, 2021).





## ANEXOS

### ANEXO I. MARCO LEGAL

Como se menciona en el texto, la normativa que se aplica en el proyecto se dividirá en los siguientes apartados:

#### 1. Real Decreto 13002/2015, Anexo IV, Medios aceptables de cumplimiento de helicópteros.

##### 1.1. Capítulo 2, apartado 2.1 para Helipuertos de superficie (Áreas de aproximación final y de despegue (FATO))

Las dimensiones FATO serán:

- Cuando se destine a helicópteros que operen en la clase de performance 1, las prescritas en el manual de vuelo del helicóptero (HFM), excepto que, a falta de especificaciones sobre la anchura, ésta no será inferior a la dimensión (D) total del helicóptero más grande para la que esté prevista la FATO.
- La FATO proporcionará un drenaje rápido, pero teniendo en cuenta que la pendiente media en cualquier dirección **no excederá el 3%**. En ninguna parte la FATO la pendiente local excederá de 5% en helipuertos previstos para helicópteros que operen en la clase de performance 1.

##### 1.2. Capítulo 2, apartado 2.2 para helipuertos de superficie (Áreas de toma de contacto y de elevación inicial (TLOF))

- Una TLOF estará emplazada dentro de la FATO. O una o más TLOF estarán emplazadas junto con los puestos de estacionamiento.
- La TLOF será de tal extensión que comprenda un círculo cuyo diámetro sea por lo menos **0,83D del helicóptero más grande** para el cual este provista el área.
- Las pendientes de la TLOF serán suficientes para impedir la acumulación del agua en la superficie, pero **no excederá el 2%** en ninguna dirección
- Cuando la TLOF se encuentre dentro de la FATO será capaz de soportar cargas dinámicas.
- Cuando se encuentre en un puesto de estacionamiento a TLOF será capaz de soportar cargas estáticas y el tráfico de los helicópteros para los que esté previsto.

##### 1.3. Capítulo, apartado 2.3 para helipuertos de superficie (Áreas de seguridad operacional)

El área de seguridad operacional que circunde una FATO se extenderá hacia afuera de la periferia de la FATO hasta una distancia de por lo menos **3 m o 0,25 D**, lo que resulte mayor, del helicóptero más grande para el cual esté prevista la FATO, y cada lado externo del área de seguridad será de por lo menos 2 D cuando la FATO sea un cuadrilátero.

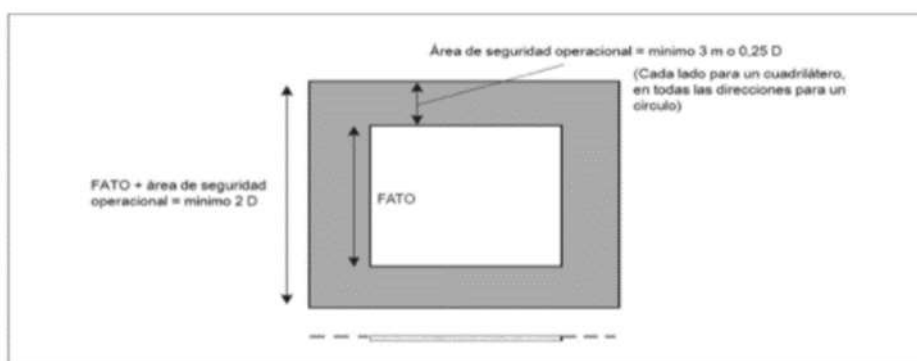


Figura 2.3.1. FATO y área de seguridad conexa

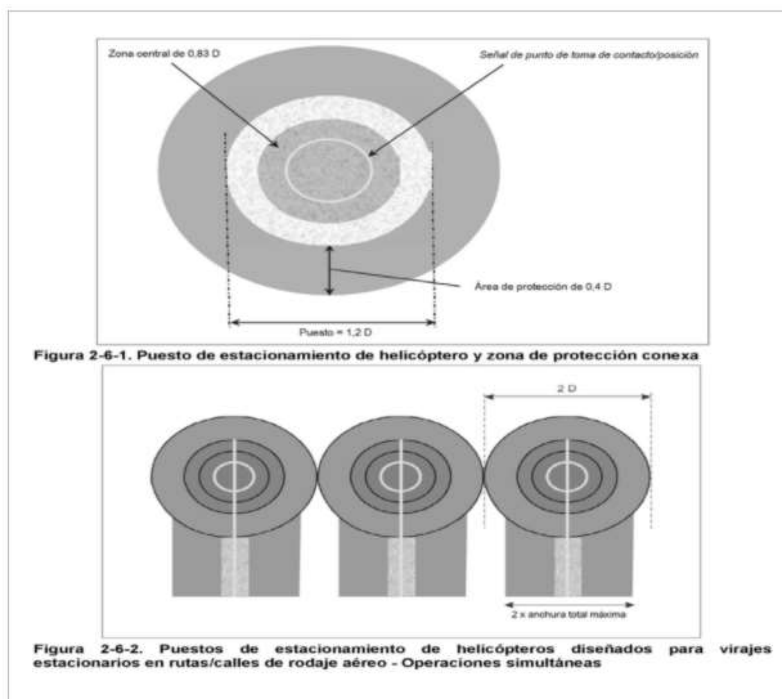


1.4. Capítulo 2, apartado 2.4, Calles de rodaje en tierra para helicópteros

- a) La anchura de las calles de rodaje en tierra para helicópteros no será inferior a 1,5 veces (2 veces para helipuertos elevados) la anchura máxima del tren de aterrizaje (UCVV) de los helicópteros, para los que se prevea la calle de rodaje en tierra.
- b) La pendiente longitudinal de una calle de rodaje en tierra para helicópteros no excederá del 3%.
- c) Las calles de rodaje en tierra para helicópteros serán resistentes a cargas estáticas y el tránsito de los helicópteros para los cuales estén previstas.
- d) Las rutas de rodaje en tierra para helicópteros se extenderán simétricamente a cada lado del eje por lo menos 0,75 veces la anchura total máxima de los helicópteros para los cuales estén previstas.
- e) No se permitirá ningún objeto en las rutas de rodaje en tierra para helicópteros, a excepción de los objetos frangibles que, por su función, deban colocarse ahí.
- f) En las calles y rutas de rodaje en tierra para helicópteros tendrán un drenaje rápido, sin que la pendiente transversal exceda del 2%.
- g) La superficie de las rutas de rodaje en tierra para helicópteros será resistente a los efectos de la corriente descendente del rotor.

1.5. Capítulo 2, apartado 2.6, Puestos de estacionamiento.

- a) El puesto de estacionamiento de helicópteros proporcionará drenaje rápido, pero la pendiente en cualquier dirección **no excederá del 2%**.
- b) La dimensión del puesto de estacionamiento de helicópteros, destinado a utilización para virajes estacionarios, será tal que pueda contener un círculo cuyo diámetro sea por lo menos **1,2 D del helicóptero más grande** para el cual esté previsto el puesto.
- c) Cuando se prevea utilizar un puesto de estacionamiento de helicóptero para el rodaje y cuando no se requiera que el helicóptero que la utilice efectúe virajes, la anchura mínima del puesto y área de protección conexas será igual a la de la ruta de rodaje.
- d) Cuando se prevea utilizar un puesto de estacionamiento de helicópteros para maniobras de viraje, su dimensión mínima con el área de protección no será menor de **2 D**.
- e) Cuando se prevea que se utilicen para virajes, los puestos de estacionamiento de helicópteros estarán rodeados por un área de protección que se extenderá una distancia de **0,4 D** desde su borde.
- f) Para operaciones simultáneas, las áreas de protección de los puestos de estacionamiento de helicópteros y sus rutas de rodaje conexas no se superpondrán.



#### 1.6. Capítulo 2 apartado 2.7, vallado

- a) Se proveerá una valla u otra barrera adecuada en un helipuerto para evitar la entrada en el área de movimiento de animales que por su tamaño lleguen a constituir un peligro para las aeronaves.
- b) Se proveerá una valla u otra barrera adecuada en un helipuerto para evitar el acceso inadvertido o premeditado de personas no autorizadas en una zona del helipuerto vedada al público.
- c) La valla o barrera se colocará de forma que separe las zonas abiertas al público del área de movimiento y otras instalaciones o zonas del helipuerto vitales para la operación segura de los helicópteros.

#### 4.2.1 Señal de identificación de helipuerto.

En los helipuertos se proporcionarán señales de identificación de helipuerto.

La señal de identificación de helipuerto se emplazará en el centro o cerca del centro de la FATO.

En las FATO que contienen una TLOF, las señales de identificación de helipuerto se emplazarán en la FATO de modo que su posición coincida con el centro de la TLOF.

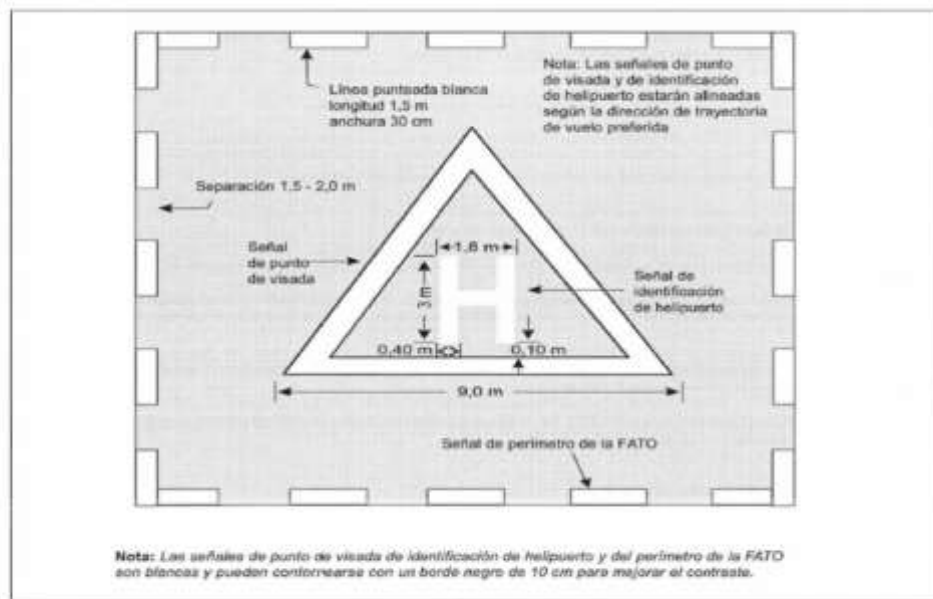
La señal de identificación de helipuerto, salvo la de helipuertos en hospitales, consistirá en la letra H, de color blanco. Las dimensiones de la señal no serán menores que las indicadas en la Figura 4.2.1-3 y cuando la señal se utilice para FATO de tipo pista de aterrizaje, sus dimensiones se triplicarán como se muestra en la Figura 4.2.1.-2.

La señal de identificación de helipuerto en el caso de helipuertos emplazados en hospitales consistirá en la letra H, de color rojo, ubicada en el centro de una cruz blanca formada por cuadrados adyacentes a cada uno de los lados de un cuadrado que contenga la H, tal como se indica en la Figura 4.2.1-3.

La señal de identificación de helipuerto se orientará de modo que la barra transversal de la H quede en ángulo recto con la dirección principal de aproximación final.



CAC D. Ignacio Escrivá Ortuño



**Figura 4.2.1-1. Señales combinadas de identificación de helipuerto, punto de visada y señales de perímetro de la FATO.**



## ANEXO II. DATOS DE HELIPUERTOS ENAIRE

Se realizó una recopilación de los datos de los helipuertos, relevantes en función de lo que expresó el Cap Piloto D. Enrique Muñoz en el Anexo III en la respuesta a la pregunta. De forma que se buscó dicha información en el servicio de información de ENAIRE (*AIP España*, no date). Se obtuvo la siguiente tabla con la información relevante.

Provincia	NOM.-OACI	EIE-X	EIE-Y	DISTANCIA-CEUTA	MTOW	FATO	REPOSTAJE	MANTO. Y CARGA	ADMIN.
Algeciras	LEAG	280316.61	4000983.89	28 km	7 TM	32 x 24 m.	NO	NO	CIV
Cádiz-Rota	LERT	739005.00	4058188.00	121 km	INDEFINIDO	558 x 40 m.	SI (F-34)	SI	MIL
Ceuta	GECE	291834.00	3974504.00	0 km	INDEFINIDO	240 x 35 m	NO	NO	CIV
Córdoba	LEBA	337727.00	4190246.00	222 km	INDEFINIDO	PISTA	SI (100LLJET A-1)	SI	CIV
Granada-Armilla	LEGA	443832.00	4110427.00	207 km	INDEFINIDO	265 x 20 m	SI	SI	MIL
Madrid-Colmenar	LECV	435448.33	4505393.38	551 km	25 TM	415x25	SI (JP-8)	SI	MIL
Madrid-Getafe	LEGT	438232.33	4461005.43	510 km	INDEFINIDO	PISTA	SI	SI	MIL
Madrid-Torrejón de Ardoz	LETO	462100.66	4482178.31	537 km	INDEFINIDO	PISTA	SI	NO	MIL
Málaga-Costa del Sol	LEMG	367150.00	4059174.00	116 km	INDEFINIDO	PISTA	SI(SR/SS)	SI	CIV-MIL
Melilla	GEHM	505128.00	3906536.00	227 km	25 TM	45X45 m	SI	NO	MIL
Murcia-San Javier	LELC	693466.51	4184335.14	457 km	INDEFINIDO	PISTA	SI	SI	MIL
Sevilla-Copero	LEEC	234219.00	4133820.00	169 km	13 TM	345 x 46 m.	SI (JP-8)	NO	CIV-MIL
Valencia-Bétera	LEBT	716932.95	4389033.23	597 km	INDEFINIDO	275 x 30 m.	-	NO	MIL
Zaragoza	LEZG	663700.36	4614997.61	743 km	INDEFINIDO	PISTA	SI (F-34)	SI	CIV-MIL



### ANEXO III. ENTREVISTAS

1. Entrevista realizada al capitán piloto Don Enrique Muñoz Manjón.

1-¿La "H" de los helipuertos va orientada siempre hacia el norte, o es indiferente? por lo que tengo entendido los helicópteros aterrizan por lo general cuando tienen el viento en contra, sin embargo también tengo entendido que la orientación de la "H", se trata de la dirección de aproximación de la aeronave, de manera que la UCW (anchura del fuselaje coincide con la "H"), mi intención es realizar un estudio del viento en Ceuta para poder aterrizar los helicópteros de forma que siempre quede en contra el viento para aterrizar y así que coincidan la H con la dirección del viento pero no sé si es correcto.

*“La Letra H señala un punto de toma de helicópteros balizado. Siempre que sea posible, se situará en sus proximidades una manga de viento (bote de humo en ambiente táctico), que no oculte el punto de toma y que indique la dirección del viento. Rodeando esa H habrá un triángulo cuyo vértice superior apuntará al norte magnético. En el manual viene un dibujo bastante ilustrativo. La conclusión que saco yo es que la H siempre va a estar apuntando al norte magnético.”*

2-Hay un concepto que no llego a entender del todo, el tipo de performance en los helicópteros, que puede ser de tipo 1,2 o 3, en el caso de los helicópteros pertenecientes a las FAMET, ¿de qué tipo son?

*“Las clases de performance en los helicópteros básicamente definen qué puede y qué no puede hacer cada aparato, en relación a los fallos de motor. Clase 1 implica que un fallo de motor no afectaría a las maniobras de aterrizaje y despegue, clase 2 les afectaría a partir o antes de cierto tramo y por último clase 3 implicaría no poder efectuar la maniobra (estrellarte). En el caso de los helicópteros militares éste es un tema delicado, ya que en función de lo cargados que vayan, algún día podrían ser de categoría 1, otros 2 e incluso 3. A modo de ejemplo, te puedo decir que el helicóptero que yo vuelo (HT-17 Chinook), puede despegar y aterrizar con un solo motor si no va muy cargado. Sin embargo, otras veces, (ejemplo; helipuerto militar de Melilla), en el caso de despegar muy cargado, un fallo de motor sin haber cogido velocidad implicaría estrellarme. Lo mismo sucede en otros aparatos. Desde mi punto de vista, la forma de compensar esto es creando zonas de aproximación y despegue despejadas de obstáculos (tipo una pista pequeña), que le permitan al piloto coger velocidad (a partir de 30-40kt, generalmente el helicóptero podría salir a volar aun fallándole un motor por muy cargado que vaya) y despegar. Luego te digo cual es, desde mi punto de vista el mejor diseño.”*

3- ¿Un helicóptero militar puede aterrizar en todos los helipuertos independientemente de si son civiles o militares? y en el caso de que sean militares, ¿es independiente que sea en un perteneciente a las FAMET o al Ejército del aire?

*“La respuesta es sí. La forma en la que operamos es a través de planes de vuelo que se presentan en una oficina de preparación de vuelos (a veces suele ser en una torre de control), en ese plan de vuelos, además de poner datos de la aeronave, pasajeros etc., se pone la ruta a seguir y el denominador OACI del aeropuerto/helipuerto. Ejemplo. Vuelo desde Colmenar Viejo a Melilla, la ruta sería LECV-GEHM (En el caso de Melilla al estar en África, el denominador es GE en lugar de LE para España). En cualquier caso, a través de la página de Enaire y el AIP, se pueden consultar los estados de los aeródromos/helipuertos y ver*



*si tienen alguna restricción. ([https://aip.enaire.es/AIP/#AD 3](https://aip.enaire.es/AIP/#AD3)). Te adjunto la ficha de datos aeronáuticos del helipuerto de Ceuta a modo de ejemplo. En cualquier caso, creo que la página del (Aip Enaire) te va a resultar interesante ya que vienen además un montón de datos de diseño etc. Resumiendo, si podemos aterrizar, básicamente donde queramos. Además, podemos poner un plan de vuelos operativo, que nos da prioridad sobre cualquier otra aeronave. Al revés no, una aeronave civil generalmente tiene que pedir permisos especiales para poder operar en un aeródromo militar.”*

4-En el caso de aeródromos de las FAMET, ¿Cuáles son los que tienen capacidad de mantenimiento, repostaje y municionamiento?

*“En cuanto a las capacidades de los helipuertos militares, muchas de ellas te vienen en la propia página del AIP (Colmenar Viejo, Logroño-Agoncillo, Bétera, El Copero, Almagro y Tenerife). De repostaje y mantenimiento, todos ellos tienen. (Mantenimiento hasta un cierto escalón). Si fuese algo muy muy raro tendrían que venir al PCMH (Parque y Centro de Mantenimiento de Helicópteros), que está aquí en Colmenar Viejo. Piensa que los Tigre, cuando se estropean, interesa que sea en la propia base de Almagro donde los arreglen.*

*Otra cosa es el tema del municionamiento, para ello hacen falta equipos de municionamiento, que a día de hoy solo los tiene el BHELA I en Almagro (Batallón de Helicópteros de Ataque). ¿Quién compone dichos equipos? Pues personal de la rama de Armeros (Especialistas), que estén calificados en dicho modelo. Es decir, si despliegan dos Tigres en Zaragoza, tendrán que ir armeros del modelo para realizar el municionamiento. Que tiene que cumplir un helipuerto para que se pueda realizar el municionamiento de un Tigre, pues que tenga una zona de armado y desarmado. Esto suele ser, una zona apartada, protegida por un merlón o algo por si al piloto del Tigre comete alguna negligencia durante el proceso de aterrizaje o despegue en las proximidades de la zona. Si cumple eso, estaría listo. Actualmente, aunque alguna base tiene polvorín (Almagro), éstos no están autorizados a tener Cohetes ni munición explosiva. Lo que se hace es pedir por cadena logística el preposicionamiento de la munición en el polvorín del sitio en cuestión (Zaragoza, Chinchilla, Bárdenas), y el mismo día te lo llevan a donde estés.”*

5-Con respecto al municionamiento, ¿Qué tipos de munición o cual es la capacidad máxima o peso máximo que puede portar un Tigre?

*“Esta pregunta tiene trampa y no estoy calificado en el modelo. A parte el Tigre tiene mil configuraciones posibles, cada cual con su peso.”*

6-En el caso del municionamiento de aeronaves, ¿existe algún aeródromo donde tenga su propio polvorín donde almacene los proyectiles y munición perteneciente a los helicópteros, o ¿se solicita normalmente en un transporte especial por vía logística?

*“Te lo he contestado en la 4.”*

7-En cuanto al repostaje, ¿se puede realizar un repostaje en la zona FATO?, o se debe hacer en un puesto de estacionamiento.

*“Repostaje en zona FATO. La teoría te va a decir que no, ni de coña. ¿Por qué? Pues porque al final en cada repostaje vas a tener una cisterna y un camión contraincendios, y si hubiese cualquier tipo de*



*incidente, imagínate la que se podría liar. Las zonas de aproximación y despegue FATO (Nuestras pistas), deben de estar siempre despejadas. Otra cosa es en ambiente táctico, ahí todo vale. Yo he repostado en una FOB en Irak en el mismo sitio donde aterrizaba, mientras te autorice el JTAC/TACP... Lo que es seguro es que, si repostas, no se van a autorizar despegues/aterrizajes y viceversa. Si no va a ser en ambiente táctico, te diría que no, a no ser que sea por limitación de espacio. En ese caso deberías de tener la figura de un controlador que coordine los vuelos con los repostajes para que no entren éstos en conflicto.”*

8- Al haber varias zonas FATO, ¿se puede hacer una operación simultanea de aterrizaje en las diferentes zonas, o debe ser de uno en uno coordinado con la torre de control?

*“Otra pregunta con trampa. Es necesario diferenciar ambiente táctico de ambiente civil. De maniobras, de misión, si puedes ver a varias aeronaves tomando con rumbos distintos. FATO es la zona de aproximación final e inicial de despegue. Un mismo punto de toma y sobre todo un helipuerto, puede tener muchas FATOS distintas (Generalmente dos, con rumbos opuestos). A tu pregunta, solo se usa una FATO a la vez, nunca verás a dos aeronaves usando FATO’S distintas para un mismo punto de toma, a no ser que estés en ambiente táctico, que eso es otra película y además habría un controlador gestionándolo todo. Te adjunto la ficha de datos de aeródromo del helipuerto de Melilla en el que vienen los datos de las FATO’s.”*

9- Por último, si me puede dar algún consejo para la disposición de un aeródromo que usted considere, es decir, si usted ha habido algún aeródromo que le haya gustado o no le haya gustado algo resáltemelo.

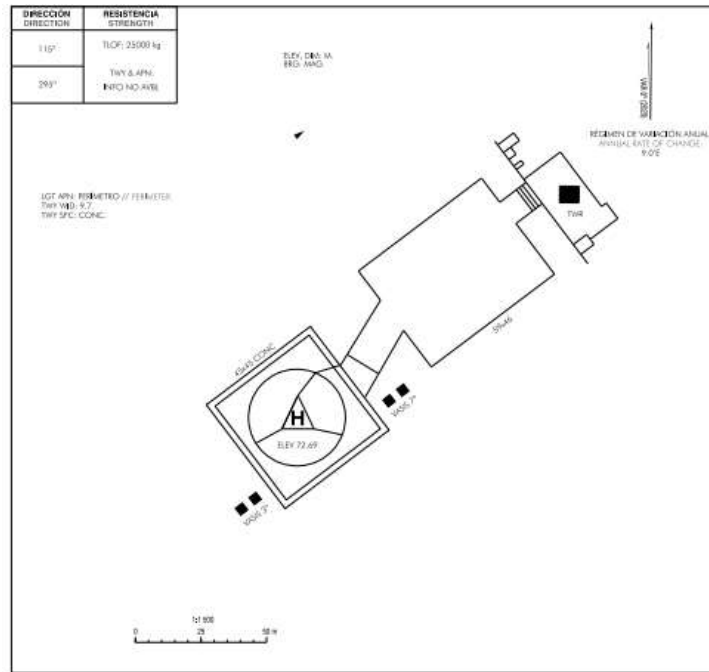
*“Para mí el mejor helipuerto, o al menos el mejor diseño, es el de Bétera (Valencia, BHEMELE II). Te comento por qué;*

*Tiene una zona de parking amplia, con calles de rodaje bien indicadas y fácil acceso a los hangares. Eso te permitiría poner una zona apartada de municionamiento resguardada del resto. Además, tiene una torre de control con muy buena visibilidad.*

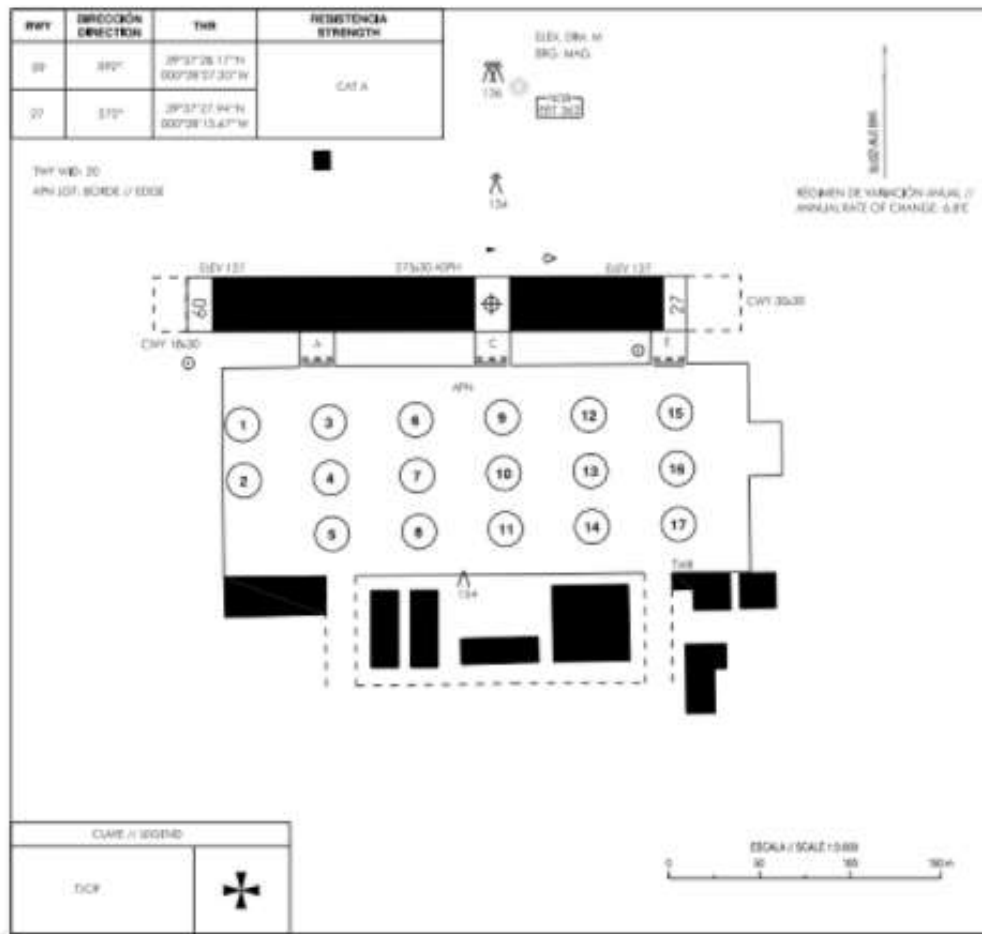
*Tiene una zona de aterrizaje amplia. Es una especie de mini-pista (Te adjunto mapa), que, para despegar, te permite coger velocidad antes de salir del perímetro, y si tuvieses algún fallo de motor, te permitiría frustrar e irte al suelo con seguridad”.*



CAC D. Ignacio Escrivá Ortuño



PLANO DE HELIPUERTO-DACI 39°37'28"N 000°28'20"W ELEV 127 TWR 126.750 VALENCIA/Bétera

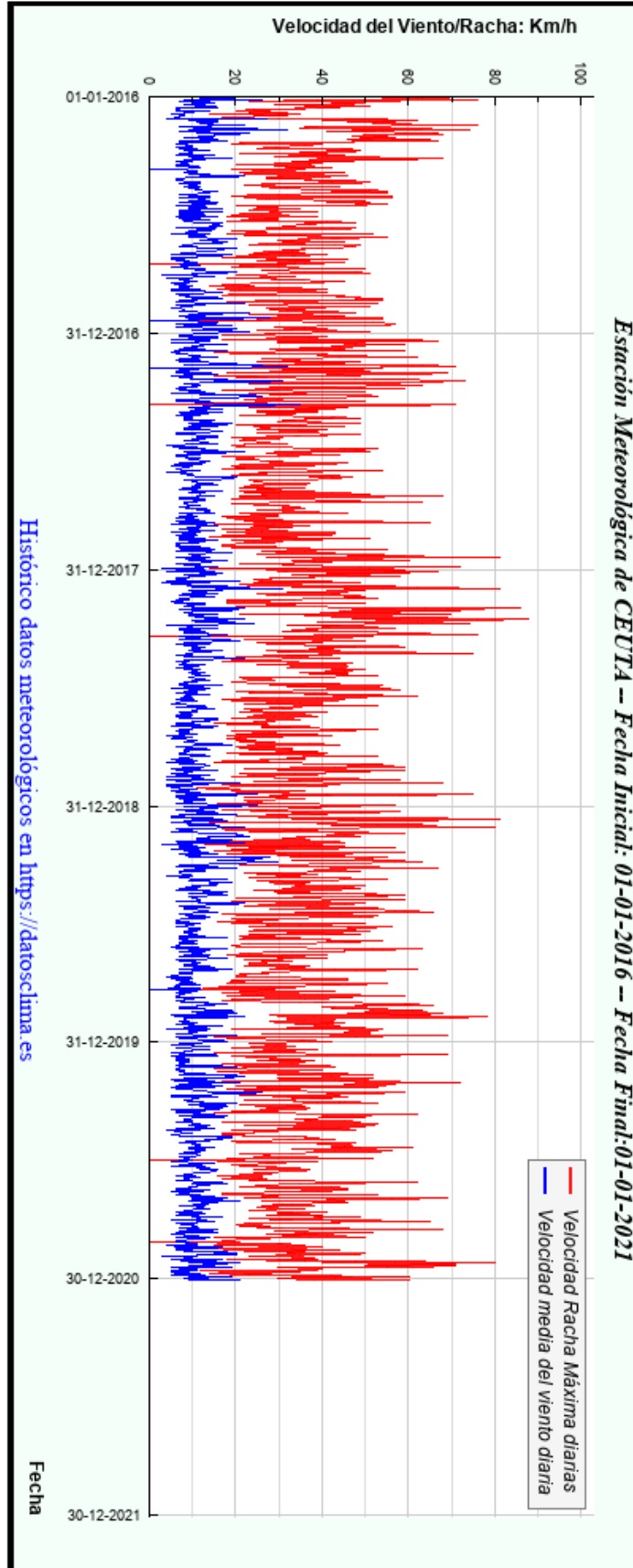




## ANEXO IV. DATOS CLIMÁTICOS DE CEUTA

1. Datos Correspondientes a las velocidades del viento en el rango de fechas reflejado

Identificador	Nombre	Municipio	Provincia	Altitud	Latitud	Longitud
5000C	Ceuta	Ceuta	Ceuta	87 m.	355319N	052049W



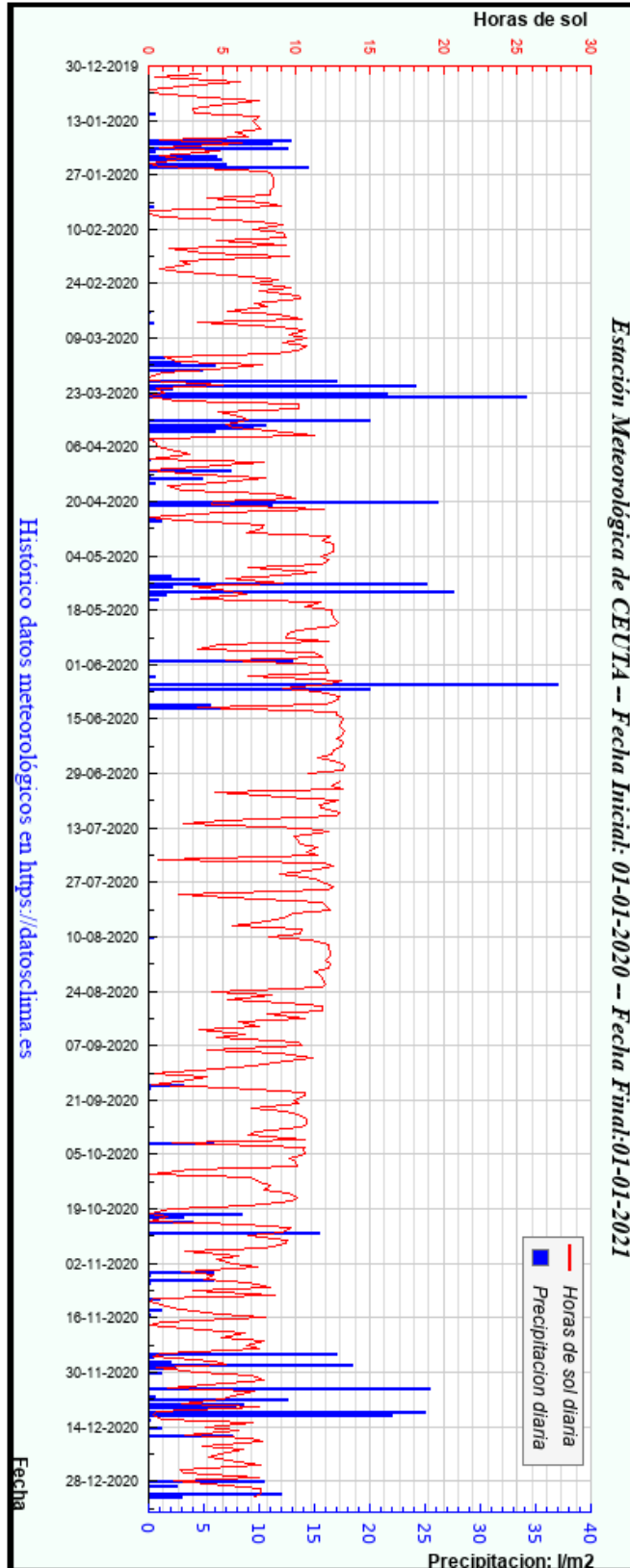
CARACTERÍSTICA / VALOR	(Velocidad m/s)	(Velocidad Km/h)	FECHA	HORA
Racha de Viento más alta Registrada:	24.4	87.84	18-03-2018	05:00
Velocidad Media más alta Registrada:	9.7	34.92	20-04-2017	



CAC D. Ignacio Escrivá Ortuño

2. Proporción horas diarias de sol y precipitaciones en el rango de fechas marcado

Identificador	Nombre	Municipio	Provincia	Altitud	Latitud	Longitud
5000C	Ceuta	Ceuta	Ceuta	87 m.	355319N	052049W



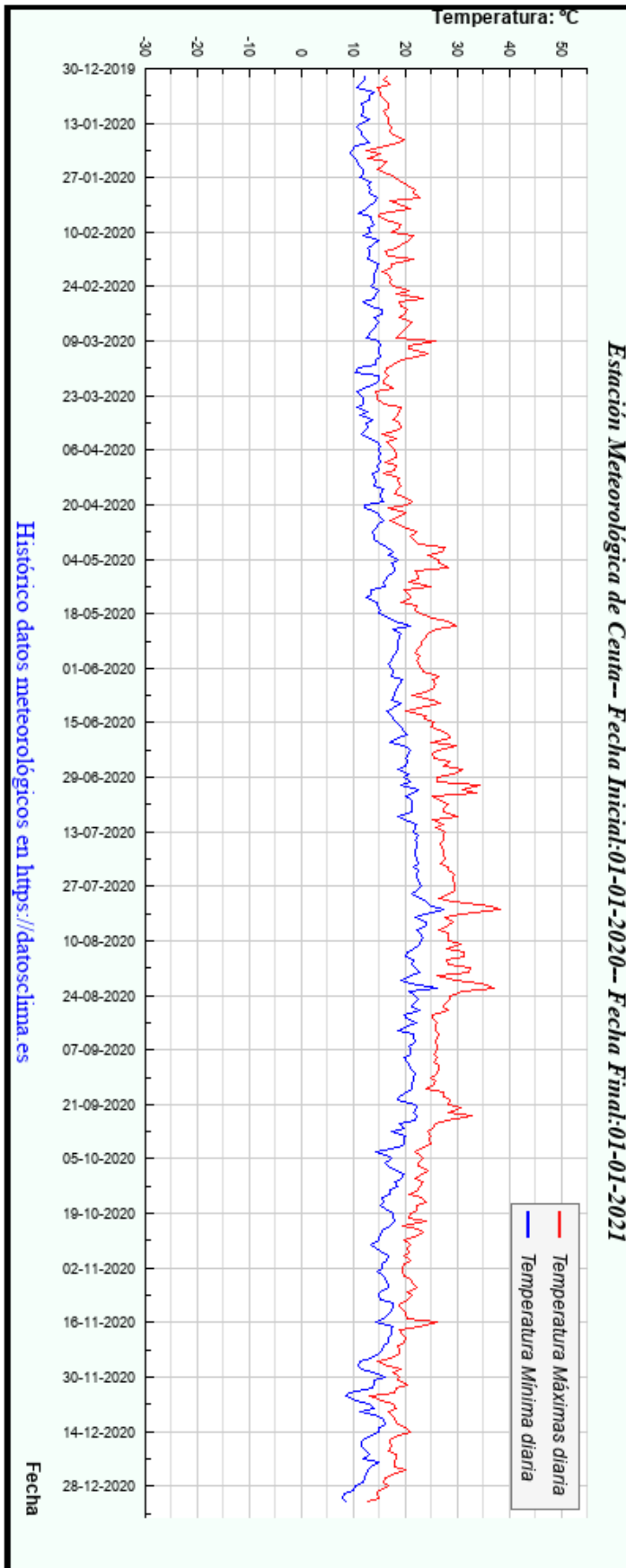
CARACTERISTICA	VALOR	FECHA
Máxima precipitación diaria registrada:	37.0 l/m <sup>2</sup>	06-06-2020
Máximas horas de Sol Registradas:	13.3 h.	18-06-2020
Precipitación total acumulada en el periodo:	668.7 l/m <sup>2</sup>	

CARACTERISTICA	VALOR	FECHA
Máxima precipitación diaria registrada:	57 l/m <sup>2</sup>	07-06-2020
Precipitación total acumulada en el periodo:	668 l/m <sup>2</sup>	



3. Temperaturas en el rango de fechas marcado

Identificador	Nombre	Municipio	Provincia	Altitud	Latitud	Longitud
5000C	Ceuta	Ceuta	Ceuta	87 m.	355319N	052049W



CARACTERISTICA / VALOR	Temperatura °C)	FECHA
Temperatura Máxima más alta Registrada:	38.2	02-08-2020
Temperatura Máxima más baja Registrada:	12.4	20-01-2020
Temperatura Mínima más alta Registrada:	27.4	02-08-2020
Temperatura Mínima más baja Registrada:	8.0	31-12-2020
Mayor diferencia de temperaturas en un mismo día (Tmax-Tmin):	15.1	01-07-2020
Mayor ascenso de temperaturas Máximas en 24 h:	8.2	entre30-06-2020 y 01-07-2020
Mayor ascenso de temperaturas Mínimas en 24 h:	5.4	entre21-08-2020 y 22-08-2020
Mayor descenso de temperaturas máximas en 24h:	8.5	entre03-07-2020 y 04-07-2020
Mayor descenso de Temperaturas mínimas en 24 h:	5.6	entre22-08-2020 y 23-08-2020





## ANEXO VI REPORTAJE FOTOGRÁFICO DEL HLZ-6

### 1. Vista General del HLZ-6



### 2. Vista de torre de control y edificios ya existentes y aprovechables para el proyecto





3. Estación meteorológica donde se han obtenido datos climáticos





4. Condiciones de zona FATO y TLOF





5. Condiciones de calles de rodaje



6. Instalación eléctrica





7. Drenajes subterráneos

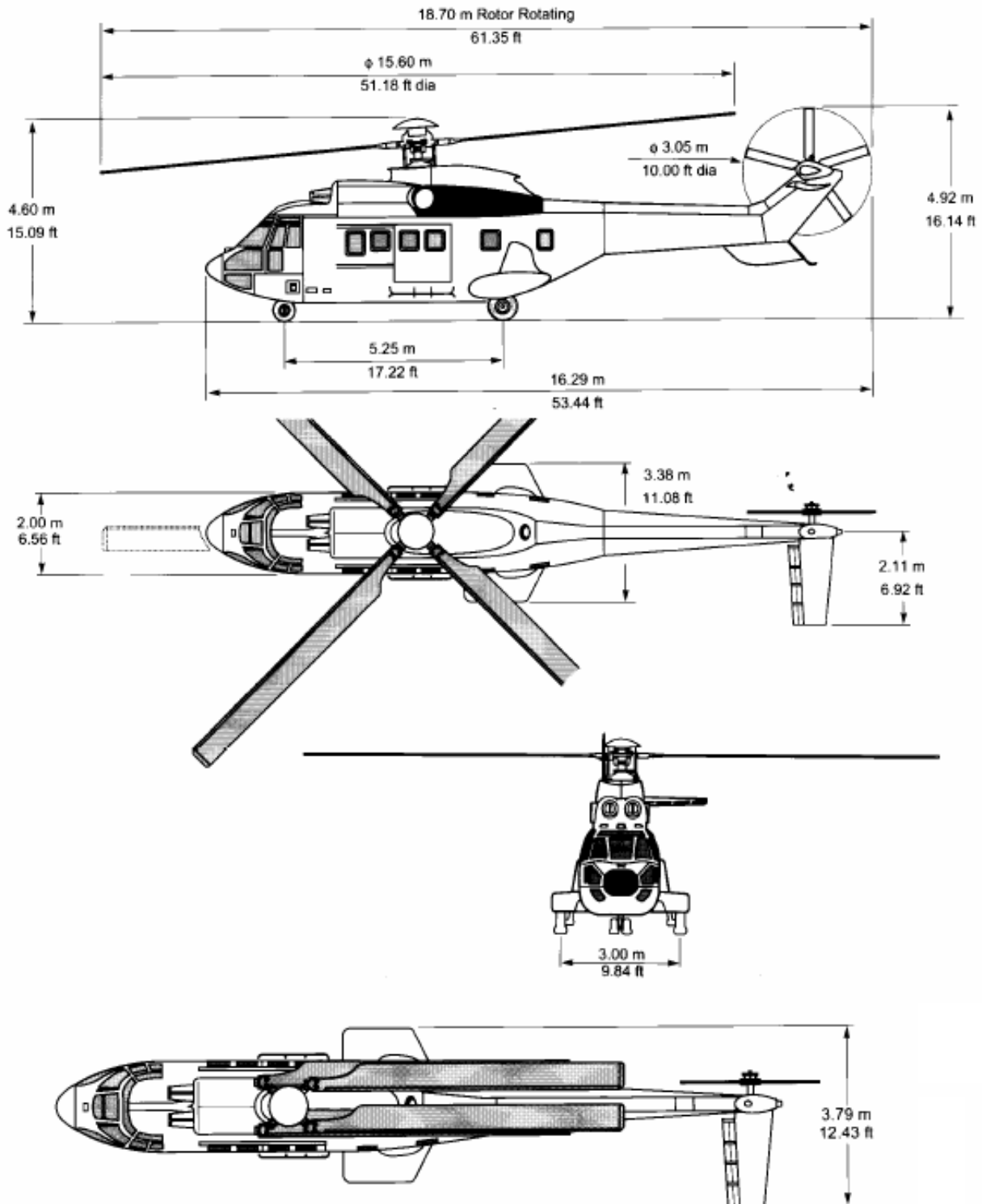




## ANEXO VII CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE HELICÓPTEROS PERTENECIENTES A LAS FAMET

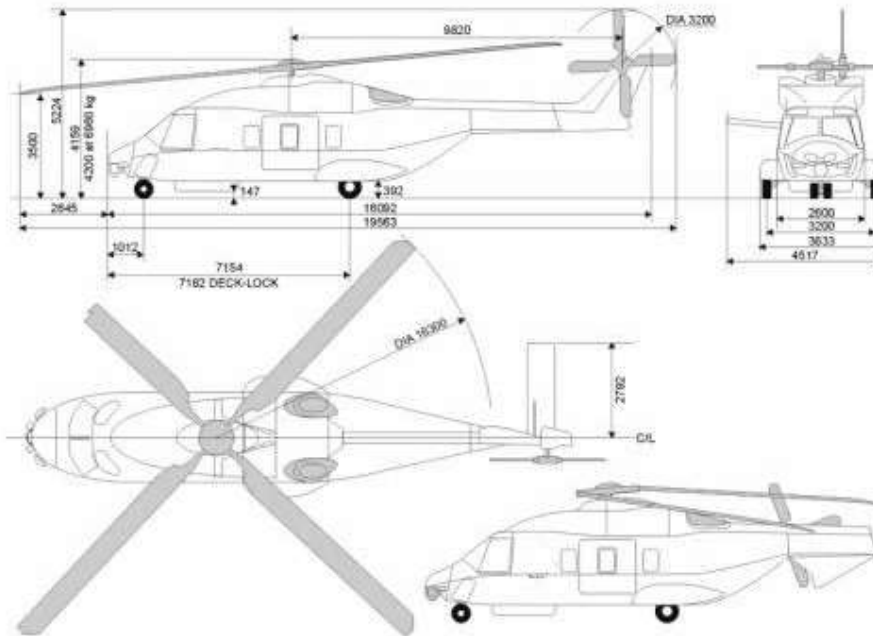
Planos con las especificaciones técnicas de cada una de las aeronaves en dotación de las FAMET,  
extraídos: (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2015)

### 1. PLANOS DE AS-332

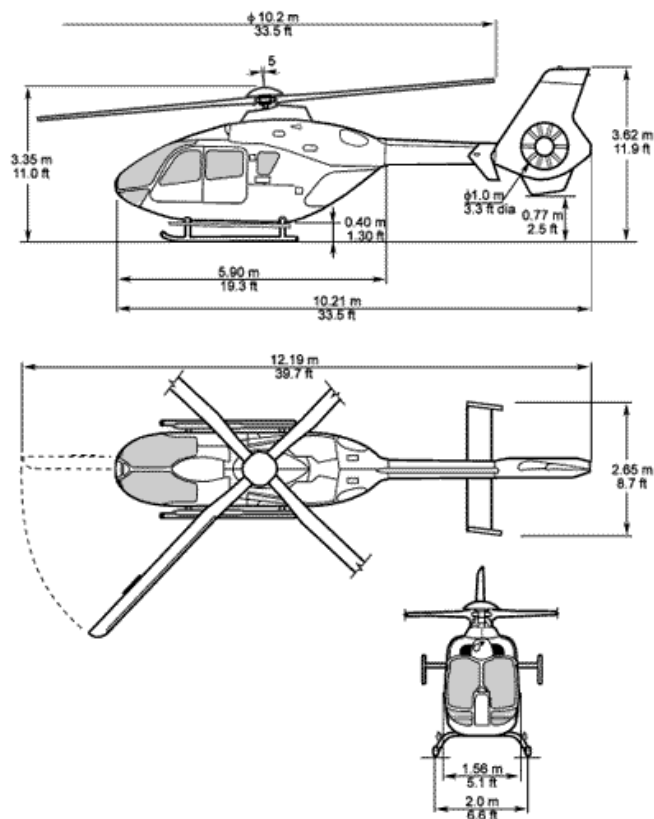




2. PLANOS DE NH-90 (mm)

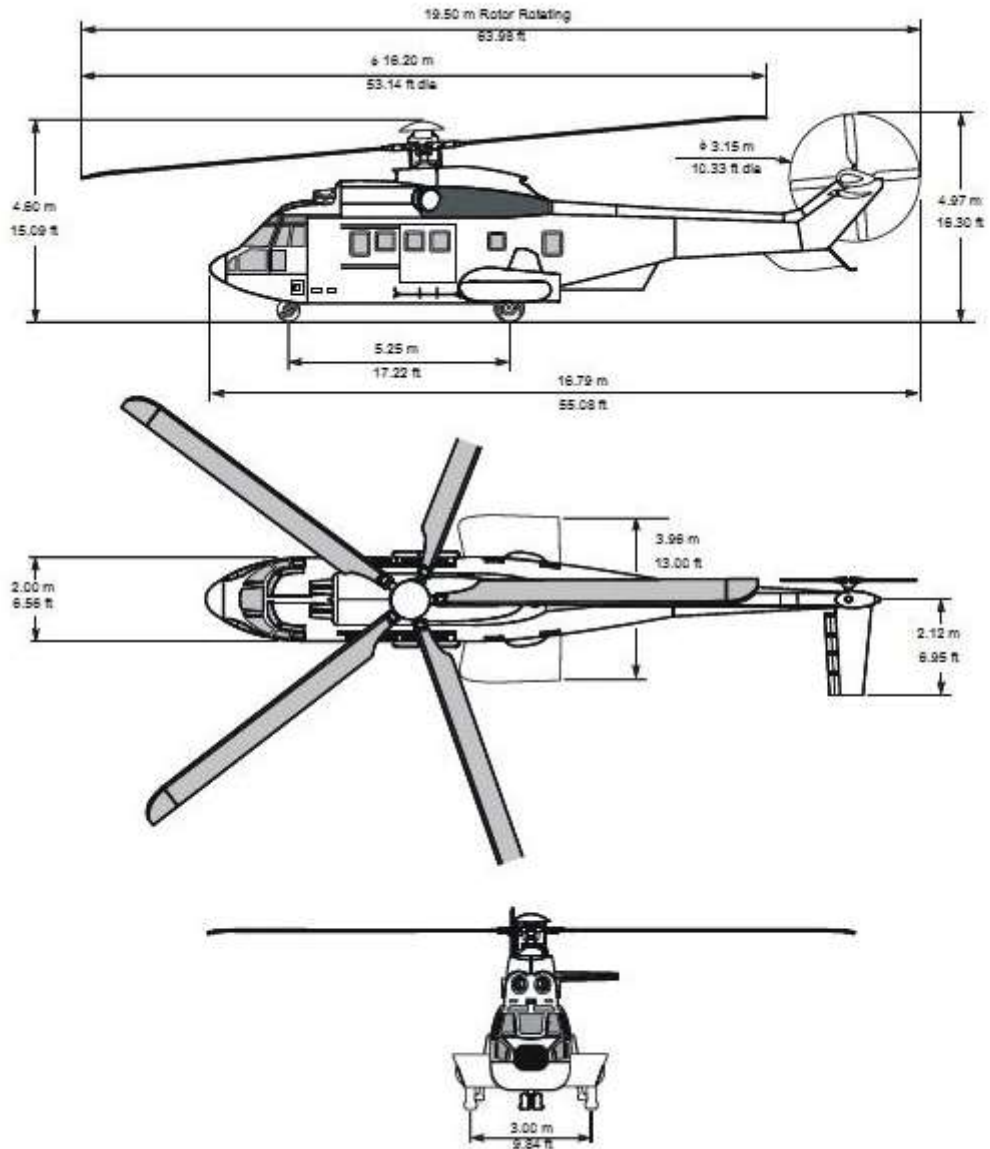


3. PLANOS DE EC-135



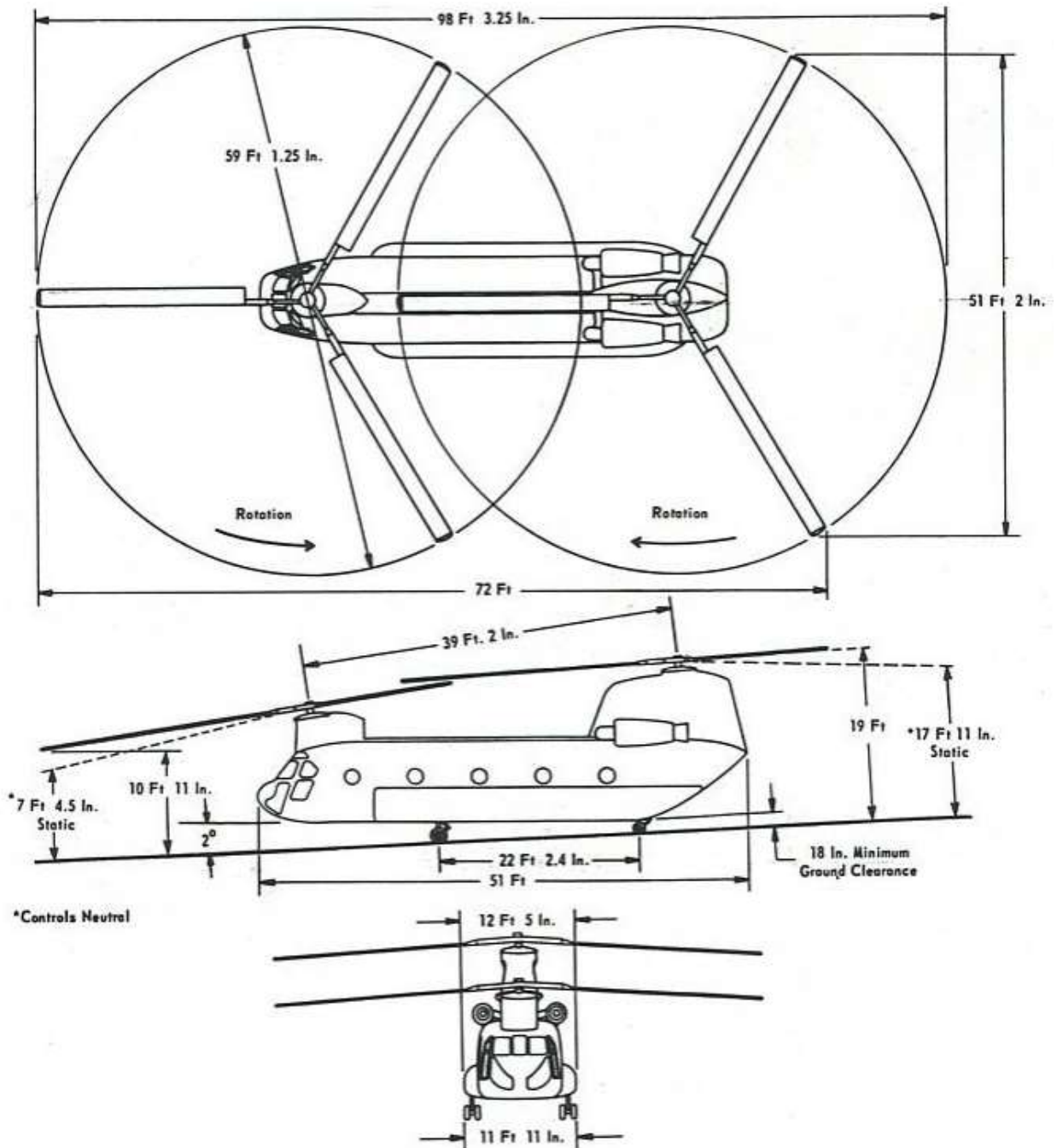


4. PLANOS DE AS-532



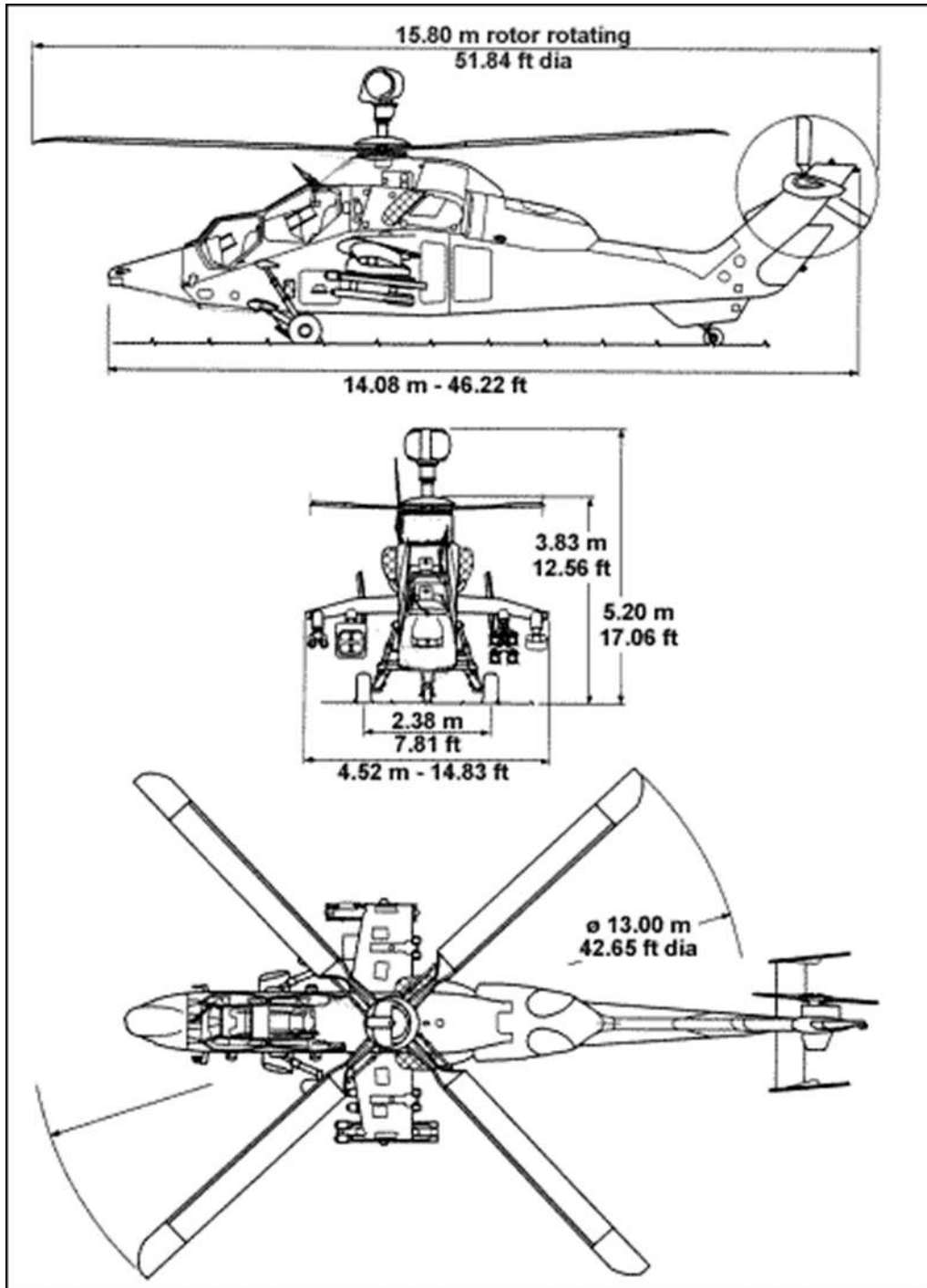


5. PLANOS DE HT-17





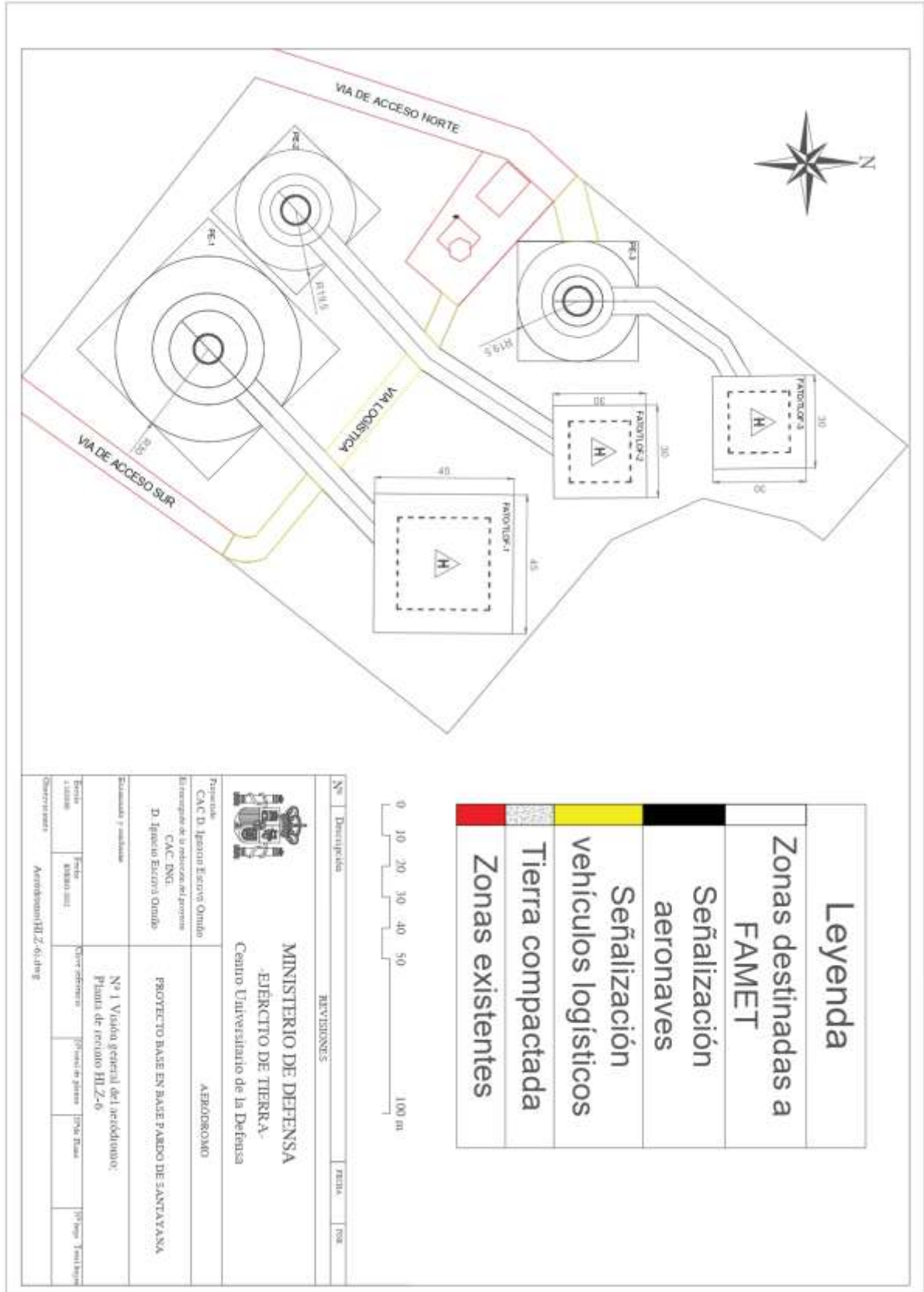
6. PLANOS DEL EC-665





## ANEXO VIII PLANOS DEL AERÓDROMO HLZ-6

1. Planos de la disposición del aeródromo realizados mediante la herramienta AutoCAD





## ANEXO IX DATOS CYPECAD

1. Datos de obra de **ZONAS FATO, PE y CR**, (CYPE, 2018)

### 1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2018

Número de licencia: 20172

### 2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: FATO, PE Y CR

Clave: AERÓDROMO

### 3.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: EHE-08

Aceros conformados: CTE DB SE-A

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** E. Zonas de tráfico y aparcamiento para vehículos ligeros

### 4.- ACCIONES CONSIDERADAS

#### 4.1.- Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso
-------------	--

#### 4.2.- Listado de cargas

Cargas especiales introducidas (en t, t/m y t/m<sup>2</sup>)

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
Cimentación	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(42.47,58.15) (1.83,27.00) (7.40,19.71) (49.60,52.63)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(63.59,95.40) (42.47,58.15) (49.60,52.63) (72.94,95.40)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(20.04,93.10) (11.02,68.77) (18.83,66.33) (27.16,90.28)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(18.83,66.33) (11.02,68.77) (11.02,61.99) (18.83,61.99)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(32.67,100.44) (20.04,93.10) (27.16,90.28) (32.67,93.54)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(123.30,107.24) (98.61,66.26) (106.36,61.70) (132.44,107.24)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(151.89,36.19) (106.51,36.19) (106.45,-8.73) (151.89,-8.73)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(85.06,21.40) (55.16,21.40) (55.16,-8.69) (85.06,- 8.69)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(44.52,21.40) (14.56,21.40) (14.56,-8.69) (44.52,- 8.69)



Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(14.58,-11.83) (14.58,-51.04) (53.83,-51.04) (53.83,-11.83)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(97.84,-11.83) (58.93,-11.83) (58.93,-51.04) (97.84,-51.04)
	Sobrecarga de uso	Superficial	2.95	(161.86,-11.83) (101.91,-11.83) (101.91,-71.89) (161.86,-71.89)

## 5.- ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón	CTE
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno	Acciones características
Desplazamientos	

## 6.- SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

- **Sin coeficientes de combinación**

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

### 6.1.- Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) y coeficientes de combinación ( $\psi$ )

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08**



<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.700

**Tensiones sobre el terreno**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

**Desplazamientos**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

**6.2.- Combinaciones**

■ **Nombres de las hipótesis**

PP Peso propio  
CM Cargas muertas  
Qa Sobrecarga de uso

■ **E.L.U. de rotura. Hormigón**

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.350	1.350	
3	1.000	1.000	1.500



Comb.	PP	CM	Qa
4	1.350	1.350	1.500

■ **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.600	1.600	
3	1.000	1.000	1.600
4	1.600	1.600	1.600

■ **Tensiones sobre el terreno**

■ **Desplazamientos**

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

## 7.- COTA DE CIMENTACIÓN

Grupo Nombre del grupo Cota

0 Cimentación 0.00

## 8.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

Losas cimentación	Canto (cm)	Módulo balasto (t/m <sup>3</sup> )	Tensión admisible en situaciones persistentes (kp/cm <sup>2</sup> )	Tensión admisible en situaciones accidentales (kp/cm <sup>2</sup> )
Todas	25	10000.00	1.20	1.80

## 9.- MATERIALES UTILIZADOS

### 9.1.- Hormigones

Elemento	Hormigón	f <sub>ck</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	γ <sub>c</sub>	Árido		E <sub>c</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )
				Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
Todos	HA-30	306	1.50	Cuarcita	20	291305

### 9.2.- Aceros por elemento y posición

#### 9.2.1.- Aceros en barras



Elemento	Acero	$f_{yk}$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$\gamma_s$
Todos	B 500 S	5097	1.15

2. Datos de obra **VÍAS LOGÍSTICAS**

### 1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA

Versión: 2018

Número de licencia: 20172

### 2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA

Proyecto: Vías logísticas

Clave: Vías logísticas

### 3.- NORMAS CONSIDERADAS

Hormigón: EHE-08

Aceros conformados: CTE DB SE-A

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** E. Zonas de tráfico y aparcamiento para vehículos ligeros

### 4.- ACCIONES CONSIDERADAS

#### 4.1.- Viento

Sin acción de viento

#### 4.2.- Sismo

Sin acción de sismo

#### 4.3.- Fuego

Sin acción de fuego.

#### 4.4.- Hipótesis de carga

Automáticas	Peso propio Cargas muertas Sobrecarga de uso
-------------	--

#### 4.5.- Listado de cargas

Cargas especiales introducidas (en t, t/m y t/m<sup>2</sup>)

Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
Cimentación	Sobrecarga de uso	Superficial	1.95	(54.99,13.20) (6.19,13.20) (6.19,6.04) (54.99,6.04)



Grupo	Hipótesis	Tipo	Valor	Coordenadas
	Sobrecarga de uso	Superficial	1.95	(30.40,-5.18) (30.27,-2.94) (30.99,0.96) (15.26,0.96) (18.59,-7.95) (31.42,-7.95)
	Sobrecarga de uso	Superficial	1.95	(-2.77,13.20) (-20.92,7.99) (-20.92,0.80) (- 2.77,6.04)
	Sobrecarga de uso	Superficial	1.95	(85.81,13.20) (63.97,13.20) (63.97,6.04) (85.81,6.04)
	Sobrecarga de uso	Superficial	1.95	(99.75,7.96) (96.59,11.03) (93.00,13.20) (85.81,13.20) (85.81,6.04) (88.18,6.04) (90.65,5.20) (92.40,3.80) (93.88,1.83) (102.45,1.83) (101.56,4.90)

## 5.- ESTADOS LÍMITE

E.L.U. de rotura. Hormigón	CTE
E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones	Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno	Acciones características
Desplazamientos	

## 6.- SITUACIONES DE PROYECTO

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Con coeficientes de combinación**

- **Sin coeficientes de combinación**

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

### 6.1.- Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) y coeficientes de combinación ( $\psi$ )

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08**



<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700

**E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C**

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.700

**Tensiones sobre el terreno**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

**Desplazamientos**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

**6.2.- Combinaciones**

■ **Nombres de las hipótesis**

- PP Peso propio
- CM Cargas muertas
- Qa Sobrecarga de uso

■ **E.L.U. de rotura. Hormigón**

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.350	1.350	
3	1.000	1.000	1.500



Comb.	PP	CM	Qa
4	1.350	1.350	1.500

■ **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.600	1.600	
3	1.000	1.000	1.600
4	1.600	1.600	1.600

■ **Tensiones sobre el terreno**

■ **Desplazamientos**

Comb.	PP	CM	Qa
1	1.000	1.000	
2	1.000	1.000	1.000

## 7.- COTA DE CIMENTACIÓN

Grupo Nombre del grupo Cota

0 Cimentación 0.00

## 8.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN

Losas cimentación	Canto (cm)	Módulo balasto (t/m <sup>3</sup> )	Tensión admisible en situaciones persistentes (kp/cm <sup>2</sup> )	Tensión admisible en situaciones accidentales (kp/cm <sup>2</sup> )
Todas	15	10000.00	1.20	1.80

## 9.- MATERIALES UTILIZADOS

### 9.1.- Hormigones

Elemento	Hormigón	f <sub>ck</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )	γ <sub>c</sub>	Árido		E <sub>c</sub> (kp/cm <sup>2</sup> )
				Naturaleza	Tamaño máximo (mm)	
Todos	HA-30	306	1.50	Cuarcita	20	291305

### 9.2.- Aceros por elemento y posición

#### 9.2.1.- Aceros en barras

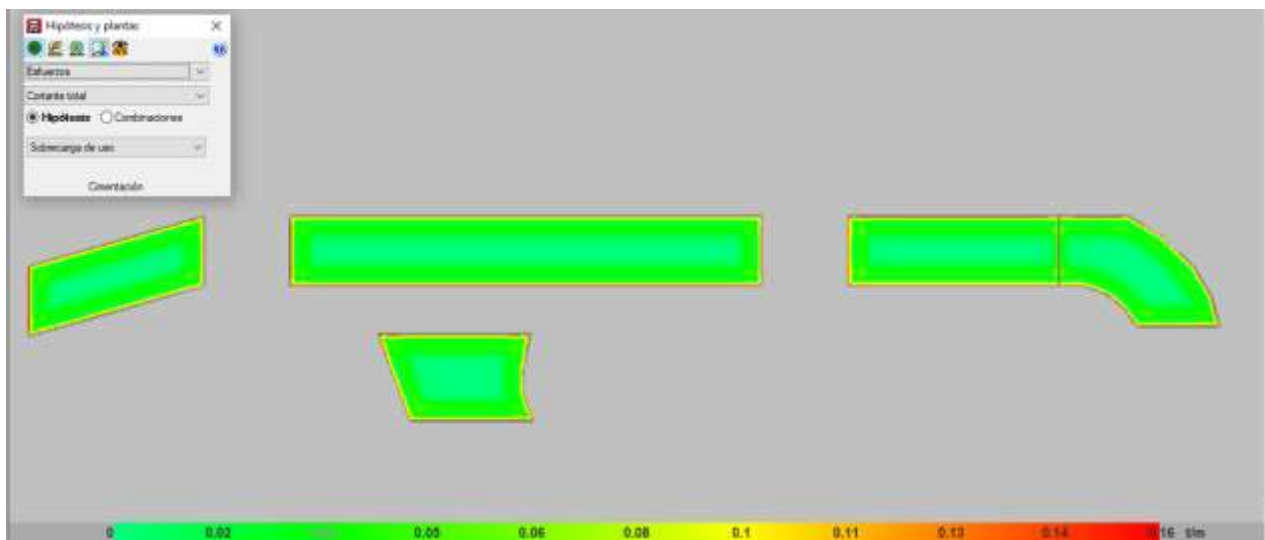
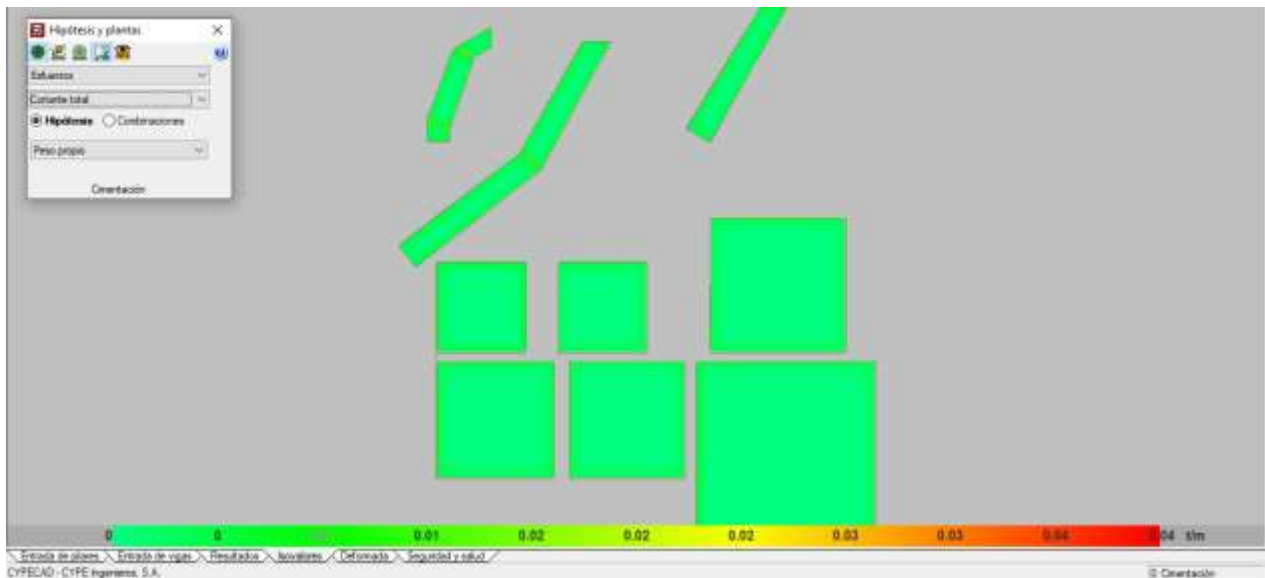


Elemento	Acero	$f_{yk}$ (kp/cm <sup>2</sup> )	$\gamma_s$
Todos	B 500 S	5097	1.15

### 9.2.2.- Aceros en perfiles

Tipo de acero para perfiles	Acero	Límite elástico (kp/cm <sup>2</sup> )	Módulo de elasticidad (kp/cm <sup>2</sup> )
Acero conformado	S235	2396	2140673
Acero laminado	S275	2803	2140673

3. Isovalores correspondientes para los esfuerzos cortantes resultantes para ambas infraestructuras:





## ANEXO X DIAGRAMA DE GANTT Y ESTRUCTURA DESGLOSE DE TRABAJO

Realizados con la herramienta Project Libre impartida durante la asignatura de Oficina de Proyectos en 4º Curso de la Especialidad fundamental de Ingenieros en la Academia General Militar, (Marta Torralba Gracia, 2020)

	Nombre	Duración	Inicio	Terminado	Predecesores	Nombres del Recurso
1	Aprobación del proyect...	12 days	11/12/22 8:00	16/12/22 17:00		Comandante General
2	Compra de material	9 days	11/12/22 8:00	13/12/22 17:00		Seccion Auxiliar Logística
3	Recepcion del material	4 days	10/12/22 8:00	15/12/22 17:00		Seccion Auxiliar Logística
4	Transporte de material	2 days	15/12/22 8:00	16/12/22 17:00		Jefe de Ingenieros
5	Organización del terre...	82 days?	17/12/22 8:00	11/04/23 17:00		Jefe de Ingenieros
6	Levantamiento del terreno	23 days?	17/12/22 8:00	18/01/23 17:00		Jefe de Ingenieros
7	Retirada de escombros	23 days?	17/12/22 8:00	18/01/23 17:00		Jefe de Ingenieros
8	Nivelado de parcela	3 days	9/01/23 8:00	11/01/23 17:00		Jefe de Ingenieros
9	Movimiento de tierras	12 days	5/01/23 8:00	20/01/23 17:00		Jefe de Ingenieros
10	Compactado de terreno	2 days	20/01/23 8:00	23/01/23 17:00		Jefe de Ingenieros
11	Instalación eléctrica	9 days	20/01/23 8:00	11/02/23 17:00		Oficina Técnica
12	Hormigonado	22 days	21/02/23 8:00	3/03/23 17:00		Jefe de Ingenieros
13	Fraguado de hormigón	28 days	3/03/23 8:00	11/04/23 17:00		Jefe de Ingenieros
14	Señalización	16 days	4/04/23 7:00	25/04/23 17:00		Jefe de Ingenieros; Oficina...
15	Señalización horizontal	15 days	4/04/23 7:00	24/04/23 17:00		Seccion Auxiliar Logística; Je...
16	Instalación de luces noct...	15 days	4/04/23 7:00	24/04/23 17:00		Seccion Auxiliar Logística; Of...
17	Instalación de cono de vi...	2 days	4/04/23 7:00	5/04/23 17:00		Jefe de Ingenieros
18	Señalización de vías logis...	2 days	24/04/23 7:00	25/04/23 17:00		Seccion Auxiliar Logística
19	Proyección a OACI	1 day	25/04/23 7:00	25/04/23 17:00		Comandante General





