



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

SISTEMAS INTEGRADOS PARA EL VUELO DE HELICÓPTEROS EN CONDICIONES ENGELANTES

Antonio José Romero Torres

Director académico: Juan Pablo Hierro Álvarez

Director militar: Jorge Camarero Benítez/Alberto Padilla Fraile

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

[Página intencionadamente en blanco]

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría agradecer a todas las personas que han intervenido de manera directa o indirecta en la elaboración de este trabajo. Especialmente a mi familia y amigos por su apoyo emocional.

En segundo lugar, agradecer a mi director académico, el Dr. D. Juan Pablo Hierro Álvarez, y a mis tutores militares, el TCOL. D. Alberto Padilla Fraile y el CTE. D. Jorge Camarero Benítez, por su apoyo, ayuda y esfuerzo en la corrección y aporte de conocimientos en la elaboración de este trabajo.

En tercer lugar, agradecer a la Sección de Seguridad de Vuelo de las FAMET, que atendieron a las consultas realizadas en el historial de notificaciones de vuelo, aconsejando en el planteamiento de las mismas.

Por último, agradecer a todos los pilotos de helicópteros del ET que han colaborado respondiendo a las encuestas realizadas.

[Página intencionadamente en blanco]

RESUMEN

El helicóptero es especialmente vulnerable al vuelo en condiciones meteorológicas de engelamiento, por este motivo, la mayoría de modelos de helicópteros tienen prohibido el vuelo en estas condiciones.

Los sistemas integrados para el vuelo de helicópteros en condiciones engelantes son elementos que incrementan la seguridad en el vuelo. Este trabajo trata de averiguar qué unidad de Aviación del Ejército de Tierra es la más susceptible a estas condiciones debido a las características de su flota y tipo de misiones que realiza. Y así, poder determinar en qué unidad es más necesario invertir o mejorar estos sistemas.

Con tal fin, se ha realizado un estudio de las unidades y el tipo de misiones que realizan, se han estudiado los diferentes modelos de helicópteros de los que dispone el Ejército de Tierra además de los tipos de sistemas que disponen para el vuelo en condiciones de engelamiento. Para contrastar esta información, además se han realizado varias encuestas dirigida a los pilotos de las diferentes unidades, además de obtener otros datos importantes para la investigación; como son la altitud a la que suelen volar, con que reglas de vuelo suelen realizar las misiones y cómo les afecta el engelamiento.

Con esta información y datos obtenidos, se llega a la conclusión de que el Batallón de Cuartel General de las FAMET y la Academia de Aviación del ET son las unidades de AVIET más afectadas por las condiciones de engelamiento debido a las características de sus flotas de helicópteros y misiones que realizan. Por lo que son estas unidades las propuestas para incrementar su seguridad en vuelo implementado nuevos sistemas integrados para el vuelo en condiciones de engelamiento.

PALABRAS CLAVE

Condiciones meteorológicas, engelamiento, flota de helicópteros y sistemas integrados.

ABSTRACT

Helicopters are especially vulnerable to the flight in icing weather conditions, for this reason, most helicopter models are not authorized to fly in these environments.

Integrated systems for helicopter flight in freezing conditions are elements that increase flight safety. This paper tries to find out which Army Aviation Unit is the most susceptible to these conditions, because of the characteristics of its fleet and the type of missions it performs. And thus, it could be determined in which unit it would be more helpful to invest in the improvement of these systems.

To this end, a study has been carried out of the units and their most usual missions. The different models of helicopters available to the Army have been studied, as well as the types of systems they have for flight in icing conditions. To contrast this information, several surveys have also been conducted among pilots of the different units, in addition to obtain other important data for the investigation; such as the altitude at which they usually fly, with what flight rules they usually carry out missions and how icing affects them.

With this information and data obtained, it is concluded that the FAMET Headquarters Battalion and the Army Aviation Academy are the AVIET units most affected by icing conditions due to the characteristics of their helicopter fleets and missions they carry out. Therefore, they are the units which should increase their flight safety by implementing new integrates systems for flight in icing conditions.

KEYWORDS

Weather conditions, icing, helicopter fleet and integrated systems.



ÍNDICE DE CONTENIDO

Agradecimientos	<i>i</i>
RESUMEN	<i>iii</i>
PALABRAS CLAVE.....	<i>iii</i>
ABSTRACT	<i>iv</i>
KEYWORDS.....	<i>iv</i>
ÍNDICE DE CONTENIDO	<i>v</i>
ÍNDICE DE FIGURAS	<i>vii</i>
ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS	<i>viii</i>
1 INTRODUCCIÓN	<i>1</i>
2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	<i>4</i>
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	<i>4</i>
2.2. METODOLOGÍA.....	<i>4</i>
3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE) . <i>6</i>	
4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS	<i>8</i>
4.1. SISTEMAS ANTIENGELAMIENTO EN VUELO.....	<i>8</i>
4.1.1. Sistema de detección y medición de hielo.....	<i>8</i>
4.1.2. Sistema de tubo pitot y tomas de presión estáticas.....	<i>10</i>
4.1.3. Sistema de protección contra el hielo del motor.....	<i>10</i>
4.1.4. Sistema de protección contra el hielo de las palas.....	<i>11</i>
4.1.5. Protección antiengelamiento del parabrisas.....	<i>11</i>
4.1.6. Sistema de deshielo del estabilizador horizontal.....	<i>12</i>
4.2. HELICÓPTEROS DE FAMET.....	<i>12</i>
4.2.1. HA -28 / EC 665 “Tigre”.....	<i>12</i>
4.2.2. HU -21 / AS 332 “Superpuma”.....	<i>13</i>
4.2.3. HT -29 / NH 90 “Caimán”.....	<i>14</i>
4.2.4. HT -27 / AS 532 “Cougar”.....	<i>15</i>



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

4.2.5.	HE -26 / EC 135 “Eco Charlie”	16
4.2.6.	HT -17 / CH 47 “Chinook”	17
4.3.	UNIDADES FAMET	17
4.3.1.	Batallón del Cuartel General de las FAMET (BCG FAMET)	18
4.3.2.	Batallón de Helicópteros de Ataque I (BHELA I).....	18
4.3.3.	Batallón de Helicópteros de Emergencia II (BHELEME II).....	19
4.3.4.	Batallón de Helicópteros de Maniobra III (BHELMA III)	20
4.3.5.	Batallón de Helicópteros de Maniobra IV (BHELMA IV).....	20
4.3.6.	Batallón de Helicópteros de Transporte V (BHELTRA V)	21
4.3.7.	Batallón de Helicópteros de Maniobra VI (BHELMA VI).....	21
4.3.8.	Academia de Aviación del Ejército de Tierra (ACAVIET).....	22
4.4.	NOTIFICACIONES DE SEGURIDAD DE VUELO	22
4.5.	ENCUESTA	23
4.5.1.	Altitudes de vuelo.....	24
4.5.2.	Reglas de vuelo.....	24
4.5.3.	Vuelo en condiciones de engelamiento	26
4.5.4.	Misiones canceladas.....	27
5	CONCLUSIONES.....	29
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31



ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Esquema sistema de detección y medición de gravedad de acumulación de hielo.</i> <i>Fuente: Manual de vuelo de NH-90</i>	9
<i>Figura 2: Ubicación de la sonda de detección y la caja de detección y gravedad de hielo del NH-90. Fuente: Manual de vuelo de NH-90</i>	10
<i>Figura 3: HA -28 / EC 665 "Tigre". Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.</i>	12
<i>Figura 4: HU -21 / AS 332 "Superpuma". Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.</i>	13
<i>Figura 5: HT -29 / NH 90 "Caimán". Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.</i>	14
<i>Figura 6: HT -27 / AS 532 "Cougar". Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.</i>	15
<i>Figura 7: HT -27 / AS 532 "Cougar" UME. Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.</i>	15
<i>Figura 8: HE -26 / EC 135 "Eco Charlie". Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.</i>	16
<i>Figura 9: HE -26 / EC 135 "Eco Charlie" UME. Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.</i>	16
<i>Figura 10: HT -17 / CH 47 "Chinook". Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.</i>	17
<i>Figura 11: Gráfico altitud promedio encuesta 1. Fuente: elaboración propia.</i>	24
<i>Figura 12: Porcentaje de vuelos IFR y VFR del Cuartel General de las FAMET. Fuente: elaboración propia.</i>	25
<i>Figura 13: Porcentaje de vuelos IFR y VFR de la Academia de Aviación del ET. Fuente: elaboración propia.</i>	25
<i>Figura 14: Horas promedio de vuelo en IFR en los últimos 24 meses. Fuente: elaboración propia.</i>	26
<i>Figura 15: Porcentaje de los encuestados que han entrado inadvertidamente en condiciones de engelamiento. Fuente: elaboración propia.</i>	27
<i>Figura 16: Promedio de misiones canceladas debido a condiciones meteorológicas de engelamiento. Fuente: elaboración propia.</i>	28



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

ACAVIET: Academia de Aviación del Ejército de Tierra.

AESA: Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

AGL: Above Ground Level.

AVIET: Aviación del Ejército de Tierra.

BCG FAMET: Batallón del Cuartel General de las FAMET.

BHELA I: Batallón de Helicóptero de Ataque I.

BHELEME II: Batallón de Helicópteros de Emergencia II.

BHELMA III: Batallón de Helicópteros de Maniobra III.

BHELMA IV: Batallón de Helicópteros de Maniobra IV.

BHELMA VI: Batallón de Helicópteros de Maniobra VI.

BHELTRA V: Batallón de Helicópteros de Transporte V.

CIAIAC: Comisión de Investigación de Accidentes de Aviación Civil.

CMI: Condiciones Meteorológicas Instrumentales.

CMV: Condiciones Meteorológicas Visuales.

CR: Combat Recovery.

CSR: Combat Search and Rescue.

EGAST: Equipo Europeo de Seguridad de la Aviación General.

ET: Ejército de Tierra.

EW: Unidad de Guerra Electrónica.

FAMET: Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra.

FAS: Fuerzas Armadas.

IFR: Reglas de vuelo instrumentales.

UME: Unidad Militar de Emergencias.

UMEL: Unidad de Mantenimiento Electrónico.

UTAC: Unidad de Transmisiones de Apoyo y Control.

VFR: Reglas de vuelo visuales.

VIP: Very Important Person.





1 INTRODUCCIÓN

El engelamiento es un fenómeno que afecta seriamente a las características estructurales y aerodinámicas de las aeronaves. La situación de engelamiento es un proceso de formación de hielo que se produce cuando el agua pasa de estado líquido o gaseoso a estado sólido por un descenso de la temperatura. Normalmente esto supone un problema para las aeronaves, ya que al volar estas en condiciones, el hielo se adhiere a las superficies de la aeronave perjudicando su operatividad.

Este fenómeno puede producirse por el choque de partículas de agua subfundida con las superficies de la aeronave, o bien al ingresar estas dentro de algunos componentes que estén en contacto con el aire exterior durante el vuelo. De este modo, las partículas de agua en estado subfundido¹ adquieren energía suficiente para la sublimación, pasando a estado sólido y adhiriéndose a la superficie de la aeronave, perjudicando sus prestaciones y el funcionamiento de sus sistemas y, por lo tanto, su operatividad. Dicho fenómeno puede producirse en diversas situaciones: dentro de nubes, dentro de bruma o niebla o en el seno de una precipitación (lluvia engelante).

Las superficies afectadas por este fenómeno comienzan a acumular hielo, alterando así a las capacidades de la aeronave:

- **Sustentación:** Esta es la característica que hace que toda aeronave pueda volar. La acumulación de hielo en los perfiles alares, hacen que se pierda sustentación, requiriendo más potencia para mantener el nivel de vuelo o perdiendo altura sin remedio.
- **Peso:** Al adherirse el hielo en la aeronave aumenta el peso de esta, altera la distribución de cargas, aumentando el consumo y disminuyendo así su rendimiento. Por lo que también puede hacer que la aeronave pierda sustentación y/o pérdida efectiva de control.
- **Partes móviles:** Se podrían llegar a obstruir o restringir su movimiento debido al hielo perdiendo de este modo maniobrabilidad y control en los mandos.
- **Instrumentos:** La acumulación de hielo en los instrumentos puede dejar a estos inoperativos, como es el caso de los tubos de pitot, las antenas o las tomas de presión estática. Pudiendo dejar inoperativos los sistemas afectados de la aeronave, como pueden ser los indicadores de velocidad, altura o las radios.
- **Componentes:** Al que igual que con los instrumentos, la acumulación de hielo puede llegar a obstruir sistemas diseñados con el fin de que haya flujo de aire o líquido. Este podrá ser el caso de las tomas de aire de las turbinas o motores de las aeronaves o los drenajes.

El engelamiento se produce en la atmósfera bajo unas determinadas condiciones, ya que debe haber humedad en el aire en cantidad suficiente para sobrepasar el punto de saturación

¹Según el Equipo Europeo de Seguridad de la Aviación General (EGAST), 2017, se define partículas de agua subfundida o superenfriadas como:

Las partículas de agua en suspensión en las nubes con una temperatura por debajo del punto de congelación no siempre se convierten en hielo. Si no hay partículas alrededor de las cuales no puedan formar hielo, las gotas de agua pueden permanecer superenfriadas en forma líquida hasta una temperatura de -40°C.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

cerca de la superficie y la temperatura debe de ser próxima a la temperatura de congelación del agua (0°C) o inferior.

La temperatura afecta tanto a la gravedad como al tipo de formación de hielo. La mayoría de los procesos de formación de hielo suelen ocurrir a temperaturas de entre 0°C y -20°C. Y el único límite de frío físico es -40°C porque a esa temperatura las gotitas de agua se congelan instantáneamente. Además, hay que tener en cuenta que por encima de los 0°C también se puede producir engelamiento al ponerse en contacto el aire húmedo de la atmósfera con la superficie enfriada de la aeronave. Estando a temperaturas bajo cero, la cantidad de hielo debería ser mucho mayor que la de agua líquida, pero aun así nos encontramos con gotas de agua superenfriada a temperaturas bajo cero que al chocar con la aeronave se convierten en hielo, ya que la presencia de una superficie favorece al engelamiento.

Según el informe técnico de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil (CIAIAC) de 2006, se puede diferenciar la formación de hielo en la superficie de la aeronave de tres formas diferentes, dependiendo de la temperatura:

- Hielo opaco: es causado por gotitas de agua superenfriada que se congelan inmediatamente después de chocar con las superficies de la aeronave, produciéndose sobre todo en las superficies de la aeronave más expuestas. El color opaco es debido a que se quedan burbujas de aire atrapadas debido al rápido proceso de congelación. Está asociado a bajas temperaturas del orden de entre -15°C y -20°C.
- Hielo claro: es causado por gotitas de agua superenfriada que fluyen por la superficie de la aeronave y se congelan en un lugar diferente al de impacto, por lo que el hielo se puede formar en superficies que no estén protegidas. Está asociado a temperaturas del orden de entre 0°C y -10°C.
- Hielo mixto: se caracteriza por la presencia de los tipos de hielo anteriores. Normalmente se forma primero hielo claro y después hielo opaco encima.

Además, se pueden encontrar con otros tipos de formación de hielo. Como el provocado por los propios sistemas antiengelamiento, como es el caso de los calefactables, que pueden eliminar el hielo de la zona protegida derritiéndolo con este sistema, provocando un flujo de agua líquida que se vuelve a congelar en otras zonas. También puede formarse escarcha tanto en tierra como en vuelo, produciéndose al descender rápidamente desde condiciones por debajo de punto de congelación hacia capas más cálidas y húmedas.

El impacto que puede sufrir una aeronave al volar en condiciones de engelamiento varía dependiendo de numerosos factores, como el tipo de aeronave o la velocidad de vuelo. Y por supuesto, va a depender de los sistemas anti-engelamiento de los que disponga la propia aeronave y de las condiciones meteorológicas.

La peligrosidad del engelamiento para el vuelo de las aeronaves recae principalmente en que afecta a las características aerodinámicas, en detrimento de estas. Perjudicando a su vez la controlabilidad y aeronavegabilidad. Esto es común para todas las aeronaves, pero este fenómeno afecta de forma especial a los helicópteros.

El estudio de cómo afecta el engelamiento a las aeronaves de ala giratoria (helicópteros) es más complejo que el de ala fija. Las principales diferencias son:



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

- Los bordes de ataque² de las palas, a diferencia de los de una aeronave de ala fija, los del helicóptero tienen diferente velocidad traslacional en cada uno de sus puntos.
- El ángulo de ataque, a diferencia de los de una aeronave de ala fija el ángulo de ataque de las palas de un helicóptero está en constante cambio en un vuelo recto y nivelado.
- La temperatura de las palas de los helicópteros varía a lo largo de estas.
- Los espesores de la superficie aerodinámica de las palas de los helicópteros son menores.

Todas estas características de las aeronaves de ala giratoria, hacen que la formación de hielo en las palas del rotor sea compleja y especialmente peligrosa para el vuelo de helicópteros. Las acumulaciones de hielo no homogéneas sobre las palas de los helicópteros durante su funcionamiento, acaban afectando a su comportamiento aerodinámico. Causando vibraciones provocadas por la alteración del plano de rotación de las palas. Lo que se traduce en que los sistemas de control y pilotado no funcionen como sería esperable.

Otro de los factores que perjudican de una manera más peligrosa a los helicópteros, con respecto al resto de aeronaves en el vuelo en condiciones engelantes, es el deshielo del rotor principal. Una vez se ha acumulado hielo en el rotor principal, el desprendimiento de este en vuelo de una forma asimétrica, puede crear vibraciones extremadamente severas.

² Borde de ataque: Es la parte más adelantada del perfil alar (sección transversal de una pala), es decir, es la parte de la pala que primero entra en contacto con el aire mientras el rotor esté girando.



2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo principal de este trabajo es determinar, en función del tipo de misiones que realizan las diferentes unidades de Aviación del Ejército de Tierra (AVIET), en cuál de las flotas de helicópteros sería más interesante la implementación de algún tipo de sistema para el vuelo en condiciones engelantes.

Para ello, resulta necesario conocer por qué el vuelo de helicóptero es especialmente sensible al engelamiento. De este modo se puede determinar cuáles de las partes del helicóptero son las más sensibles a estas condiciones y cuáles son las más críticas a la hora de volar. Además de conocer cuáles son los sistemas de los que disponen los helicópteros de las FAMET para el vuelo en condiciones engelantes.

Así mismo es conveniente conocer el tipo de misiones que realiza cada flota de helicópteros de FAMET, con la intención de obtener las características del tipo de vuelo de cada unidad. Para ello se va a analizar una encuesta realizada a pilotos de todas las unidades de FAMET con la intención de aportar altitudes de vuelo promedio de cada unidad y bajo que reglas de vuelo realizan las misiones en la mayoría de casos, entre otros datos.

Para determinar la magnitud del problema se va a analizar un histórico de los accidentes/incidentes notificados al Servicio de Seguridad de Vuelo de las FAMET relativos al engelamiento en las aeronaves.

Para finalizar con una propuesta de unidad más afectada por las condiciones de engelamiento. Habiendo tenido en cuenta el tipo de vuelo, sistemas para prevenir el engelamiento de que ya disponen y contrastando estos datos con el histórico de notificaciones de Seguridad de Vuelo.

2.2. METODOLOGÍA

A fin de alcanzar los objetivos marcados en el trabajo, se han efectuado las siguientes acciones:

- **Métodos Cualitativos:** Se ha realizado una revisión documental para:
 - Determinar qué tipo de vuelo y misiones se realizan en las diferentes unidades de FAMET.
 - Investigar de qué sistemas integrados para el vuelo en condiciones engelantes disponen los diferentes helicópteros de FAMET y sus funciones y de cuáles dispone cada unidad.
 - Determinar cuántas notificaciones de incidentes/accidentes causados por condiciones de vuelo engelantes desde el año 2000 hay en la base de datos de la Sección de Seguridad de Vuelo de FAMET, a qué altura se han producido, en qué modelo de helicóptero y qué tipo de daños o fallos temporales o permanentes de han producido.



- **Métodos Cuantitativos:**
 - Se han llevado a cabo dos encuestas de tipo online, la primera consta de 9 preguntas, enfocada a analizar el tipo de vuelo y misiones que se realizan en las diferentes unidades de FAMET. Se ha determinado una media de horas de vuelo de sus pilotos y la calificación de piloto que tienen. Y en la segunda se ha preguntado cuántas veces han tenido que cancelar una misión por condiciones de engelamiento. Estas encuestas han ido dirigidas al mayor número posible de pilotos de las diferentes unidades de AVIET.
 - Se analizará de forma estadística la encuesta para averiguar cuántos pilotos han entrado inadvertidamente en condiciones meteorológicas de engelamiento; así como la opinión profesional de los encuestados y el porcentaje de pilotos cada unidad que cree conveniente dotar a su unidad de sistemas integrados para el vuelo de helicópteros en condiciones de engelamiento.



3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)

Las condiciones de engelamiento se dan en su mayoría en los casos en los que se vuela en condiciones meteorológicas instrumentales³ (IMC). Ya que para que se produzcan las condiciones de engelamiento, es necesario que haya humedad relativa alta en el ambiente junto con temperaturas próximas a 0°C, lo que significa que estas condiciones se dan, con mayor probabilidad, dentro de nubes. Por ello, en condiciones meteorológicas visuales⁴ (VMC) difícilmente se encontrarán estas condiciones.

Además, en la mayoría de modelos de helicópteros de FAMET el vuelo en condiciones engelantes está prohibido tanto en VFR⁵ como en IFR⁶; por lo que estas condiciones se evitan. Para ello se realiza un estudio exhaustivo previo al vuelo de la meteorología sobre la ruta a realizar en cada misión, además de un seguimiento de la misma durante el trayecto para detectar posibles cambios, y aun así no se asegura no entrar en condiciones de engelamiento inadvertidamente.

Esta prohibición de volar en condiciones engelantes viene dada por el fabricante en el Flight Manual⁷ (FM) de cada helicóptero, donde lo indica implícitamente. La mayoría de modelos de helicópteros del ET tienen certificación para operar en IMC, lo cual no implica que puedan operar en condiciones de engelamiento.

En estos casos, durante la operación en IMC, no se tiene por qué tener referencias visuales, por lo que es probable que se entre inadvertidamente en condiciones engelantes ante un cambio inesperado en la meteorología o mala previsión de ésta. Ésta es la causa por la que se dotan a los modelos de Helicópteros de sistemas integrados para el vuelo en condiciones de engelamiento, aunque el vuelo en estas condiciones esté prohibido.

Aunque el manual de vuelo establece claramente que está prohibido volar en condiciones de engelamiento, no explica como operar en condiciones meteorológicas instrumentales sin entrar ocasionalmente en condiciones de engelamiento de manera involuntaria. (Lande, 1994)

Los helicópteros son especialmente sensibles a la formación de hielo debido a sus características. Por un lado, es más fácil que se acumule más hielo y más rápidamente en este tipo de aeronave que en el resto. Son particularmente vulnerables, aparte de que el control mecánico de los rotores está expuesto al aire libre, generalmente también tienen más equipo expuesto a la corriente de aire inducida en su trayectoria. Además, de que tiene más puntos de apoyo para que empiece a acumularse el hielo, ya que no suelen tener los remaches al ras ni las bisagras ni carenados lisos. También hay que tener en cuenta que los helicópteros carecen

³ Condiciones Meteorológicas Instrumentales: "Condiciones meteorológicas expresadas en términos de visibilidad, distancia desde las nubes y techo de nubes inferiores a los mínimos especificados para las condiciones meteorológicas de vuelo visual." (López, 2019)

⁴ Condiciones Meteorológicas Visuales: "Condiciones meteorológicas expresadas en términos de visibilidad, distancia desde las nubes y techo de nubes, iguales o mejores que los mínimos especificados." (López, 2019)

⁵ Reglas de Vuelo Visual: "Conjunto de normas y procedimientos que se contienen en uno o varios reglamentos en los cuales se establecen unas condiciones necesarias para que el piloto pueda dirigir la aeronave, navegar y mantenerse a la distancia de cualquier objeto u obstáculo en condiciones de seguridad y por el solo uso de la observación visual." (López, 2019)

⁶ Reglas de Vuelo Instrumental: "Conjunto de reglas y procedimientos que se recogen en los reglamentos, para aeronaves equipadas con instrumentos técnicos para la navegación, no siendo necesario el contacto visual con los obstáculos u otros elementos." (López, 2019)

⁷ Flight manual: Manual de vuelo de una aeronave, donde se recogen todas las certificaciones de vuelo, limitaciones e instrucciones para operar una aeronave y el mantenimiento requerido.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

del mismo régimen de ascenso y de techo operativo que el resto de aeronaves, por lo que están más limitados a la hora de salir de estas condiciones. (Lavenson, 2019)



4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

Los helicópteros del ET disponen de sistemas integrados para el vuelo en condiciones engelantes, pero no todos los modelos tienen los mismos sistemas. Por ello, se va a comenzar investigando de qué sistemas disponen los modelos de helicópteros del ET. De esta forma, se tendrá una idea de qué partes o sistemas del helicóptero son los que se pueden proteger contra estas condiciones meteorológicas. También se dará una amplia información sobre los sistemas antiengelmiento en vuelo, con el que se podrá discutir sobre qué sistema sería interesante implantar en que helicóptero.

Más adelante, se continúa con la investigación de las flotas de helicópteros de las FAMET. El estudio de los diferentes modelos de helicópteros ayudará a conocer cuáles son sus características y limitaciones, para poder comprender más fácilmente por qué se utilizan para un determinado tipo de misión u otro. Asimismo, también proporcionará una idea clara sobre los sistemas de los que ya disponen. Y así, saber cuáles se podrían implantar o no.

Se va a buscar establecer un tipo de misión que caracterice a cada unidad, además de indicar con que helicóptero es con el que operan. Con ello, se podrá identificar qué unidades son las que normalmente vuelan con mayor altitud y cuales suelen operar en IMC.

Con todo lo anterior, se podría discutir de una manera teórica que unidad sería la más interesante para dotar de algún sistema integrado adicional para el vuelo de helicóptero en condiciones engelantes. Pero además, se va a ponderar el impacto positivo de la posible implantación de este tipo de sistemas, analizando el histórico de notificaciones y las experiencias de sufridas por pilotos de FAMET en estas situaciones. Para ello, se analizarán los datos de las notificaciones de incidentes/accidentes que se han podido recopilar de la Sección de Seguridad de Vuelo de las FAMET. El último apartado está dedicado a analizar la encuesta realizada a pilotos de las FAMET, donde también se podrá confirmar todo lo anterior, además de obtener conclusiones sobre la importancia del engelmiento para realizar las misiones.

4.1. SISTEMAS ANTIENGELAMIENTO EN VUELO

Todas las superficies orientadas hacia adelante pueden acumular hielo en vuelo. Por lo que lo más práctico sería proteger las superficies más críticas de la acumulación de hielo. Para ello se emplean los sistemas antiengelmiento y deshielo. Esta función se lleva a cabo mediante calefacción o dispositivos mecánicos que pueden ser activos o pasivos.

Cada uno de los sistemas suele estar asociado a un elemento del helicóptero, ya sea una pieza de la estructura o de algún equipo (de medición, comunicación,...) para protegerlo contra la formación de hielo.

4.1.1. Sistema de detección y medición de hielo

Muchos de los modelos de helicópteros disponen de este sistema, principalmente para detectar la acumulación de hielo y de esta forma alertar a la tripulación de este fenómeno. Existen diferentes variables de este sistema, pero el más común es el que se describe a



continuación.

Está compuesto por la caja de detección y gravedad de hielo (Que es el subsistema que se va a encargar de analizar la información recibida y gestionar los demás subsistemas), la sonda de hielo (va a detectar la acumulación de hielo), y una electroválvula (que activa o desactiva la calefacción de la sonda).

El sistema utiliza un elemento sensor magnético dentro de la sonda, que está constantemente emitiendo una frecuencia de resonancia que disminuye en proporción a la acumulación de hielo. Cuando la frecuencia disminuye hasta un punto determinado, el detector de hielo inicia un ciclo de deshielo que elimina todo el hielo acumulado de la sonda. El control de la frecuencia de la sonda se utiliza para indicar la presencia de hielo; y la frecuencia del ciclo de autodeshielo se utiliza para determinar su nivel de severidad. Todo ello se evalúa teniendo en cuenta la velocidad aerodinámica indicada⁸ por la aeronave.

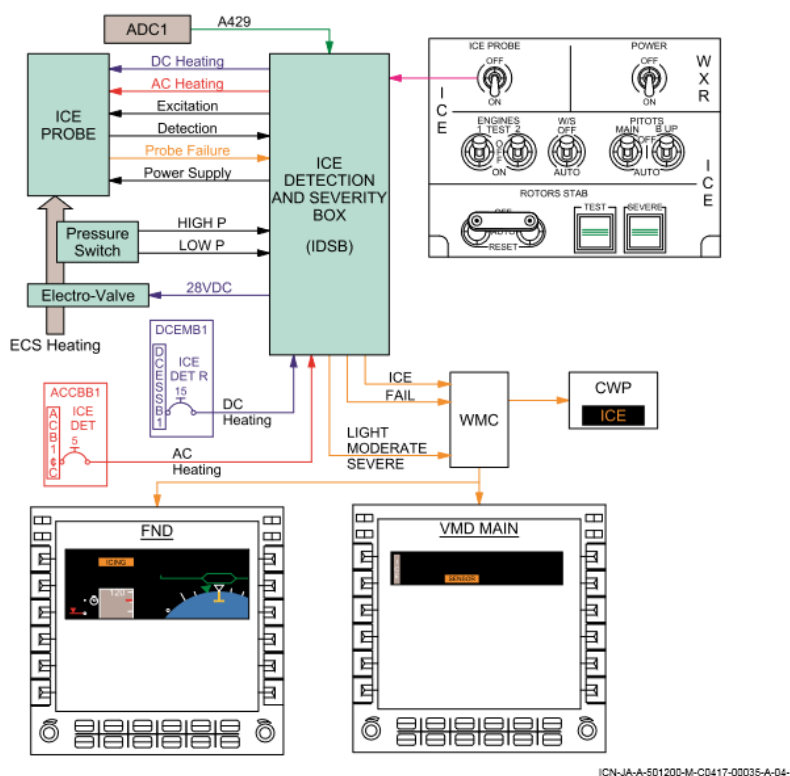


Fig 1-423 Ice detection and severity system block diagram

Figura 1: Esquema sistema de detección y medición de gravedad de acumulación de hielo.

Fuente: Manual de vuelo de NH-90

Para el correcto funcionamiento de la sonda, ésta se suele colocar en la parte delantera de la aeronave. De esta manera, queda a la corriente de aire generada por la velocidad traslacional. En la siguiente figura, (figura 2) se puede ver dónde va colocada la sonda y la caja de detección y gravedad de hielo en el NH-90.

⁸ Velocidad indicada: Es la velocidad leída directamente de los instrumentos de presión, calculada mediante la diferencia de presión de los tubos de pitot y las tomas de presión estática, sin ningún tipo de corrección.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

para impedir que entre el hielo. Estas rejillas pueden estar calefactadas o no. Normalmente, además de estas rejillas, también se continúa el proceso antihielo con un separador de partículas que desviará y separará los trozos pequeños de hielo que hayan podido pasar las rejillas además de las gotas de agua que se hayan producido al derretir el hielo del flujo de aire del motor.

- Sistema activo: consiste en proteger el sistema anterior mediante aire purgado del motor para prevenir el bloqueo de las tomas de aire. Este sistema está controlado mediante una electroválvula o también se puede activar de forma manual con unos interruptores en cabina.

4.1.4. Sistema de protección contra el hielo de las palas

El helicóptero dispone de este sistema para desprenderse del hielo acoplado en las palas del rotor principal.

El sistema contra el hielo del rotor principal consisten en una cubierta de vidrio/carbono a lo largo del borde de ataque de las palas. Las propiedades térmicas del carbono son usadas para calentar los metales de la capa protectora de las palas.

Esta protección contra el hielo se consigue calentando la superficie protegida de las palas. De esta forma, prevenir que las gotas de agua subfundida se congelen adhiriéndose o desprender el hielo ya acumulado. Las palas se calientan de manera eléctrica a lo largo de éstas. Este sistema solo protege la superficie aerodinámica principal, de $0,2R$ a $0,9R$ aproximadamente (R = radio del rotor), en el borde de ataque de las palas.

4.1.5. Protección antienglamiento del parabrisas

Este componente transparente utiliza un sistema bicapa. Siendo la capa externa de vidrio, en la cual se instala el elemento calefactor (depósito metálico) en la superficie interna de esta capa. Este sistema calefactor eléctrico se emplea tanto en el parabrisas del piloto como en el del copiloto, evitando así la acumulación de hielo.

La temperatura del parabrisas se controla a través de un sensor térmico contenido en la capa interior. La disposición del sensor está diseñada para tener en cuenta las posibles variaciones de la disipación de energía en la superficie del parabrisas y para garantizar que no se acumule hielo con el calor promedio liberado por el sistema.

El interruptor que controla de forma manual este sistema, solo dispone de dos posiciones, AUTO⁹ u ON¹⁰. Se puede activar por la tripulación de forma independiente del resto de sistemas antienglamiento e independientemente de cual sea la temperatura exterior.

⁹ AUTO: Posición del interruptor para que el sistema actúe de forma automática.

¹⁰ ON: Posición del interruptor para activar de forma manual el sistema.



4.1.6. Sistema de deshielo del estabilizador horizontal

El sistema de deshielo del estabilizador horizontal está diseñado para evitar la inestabilidad longitudinal de la aeronave que provoca la acumulación de hielo en esta superficie. Es un sistema de botas neumáticas que elimina el hielo del estabilizador horizontal inflándose y desinflándose continuamente. Esta bota se infla para provocar que se rompa la acumulación de hielo y que las partículas luego sean eliminadas por las fuerzas aerodinámicas, y se deshincha posteriormente para recuperar la forma original.

Esta bota neumática se instala en el borde de ataque del estabilizador horizontal, y cuenta con un paquete compresor (instalado junto con la bota) que trabaja presurizando y despresurizando la bota neumática periódicamente. De este modo elimina cada cierto tiempo el hielo que se va acoplado al borde de ataque.

Este sistema se activa automáticamente cuando la temperatura exterior del aire es negativa. Entonces, el paquete compresor comienza el ciclo de inflado y desinflado de la bota (empleando siempre el mismo ciclo sea cual sea la temperatura exterior).

4.2. HELICÓPTEROS DE FAMET

Cada unidad de FAMET dispone de su flota de helicópteros, normalmente compuesta por un único modelo. Por éste motivo, conocer los diferentes modelos de los que dispone el ET resulta necesario para poder entender mejor cuál es el tipo de misión que realiza cada unidad de FAMET.

En éste punto se investigarán también los tipos de sistemas integrados para el vuelo en condiciones engelantes de que dispone cada modelo y sus capacidades. Esto servirá para proponer la unidad en la que sería más interesante mejorar la capacidad para el vuelo en condiciones engelantes.

4.2.1. HA -28 / EC 665 "Tigre"



Figura 3: HA -28 / EC 665 "Tigre". Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

Este es el helicóptero de ataque de las FAMET teniendo la denominación de HAD (Helicóptero de Ataque y Destrucción). Es de fabricación española, alemana y francesa por el grupo Eurocopter. No tiene capacidad para transportar a pasajeros, ya que los únicos tripulantes son el piloto y el copiloto que además hace las funciones de artillero. Tiene la peculiaridad de que la disposición de piloto y copiloto es en tándem, situándose el piloto delante y el copiloto detrás de éste y más elevado, con el fin de reducir el perfil.

Además, destaca por su velocidad, siendo de 170 kt. la velocidad de crucero, su maniobrabilidad, que permite poder maniobrar el helicóptero a altas velocidades cerca del suelo. También destaca por su potencia de fuego, pudiendo disparar cartuchos de 30mm, cohetes o misiles según su configuración.

Fue adquirido por las FAMET en el 2007 para sustituir al antiguo helicóptero de ataque HA -25- "Bolcov".

Sistemas antienglamiento de los que dispone:

- Sistema de tubo pitot y tomas de presión estática.
- Sistema de detección y medición de hielo.

4.2.2. HU -21 / AS 332 "Superpuma"



Figura 4: HU -21 / AS 332 "Superpuma". Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.

A este helicóptero se le da la denominación de "Superpuma". Pertenece a la flota de las FAMET desde 1.987. Es un helicóptero fabricado por el grupo Eurocopter. Es utilizado por las FAMET para diversas misiones: transporte táctico, transporte logístico, transporte médico, evacuación sanitaria, puesto de mando o transporte VIP. Puede llevar hasta 16 pasajeros y tiene una autonomía de 3 horas y 30 minutos.

Sistemas antienglamiento de los que dispone:

- Sistema de tubo pitot y tomas de presión estática.
- Protección antienglamiento del parabrisas.



- Sistema de detección y medición de hielo.

4.2.3. HT -29 / NH 90 “Caimán”



Figura 5: HT -29 / NH 90 “Caimán”. Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.

Este helicóptero es el más nuevo de las FAMET, adquirido en el 2.013. Es fabricado por NH Industries Francia. Es un helicóptero militar polivalente de tamaño medio bimotor. Está diseñado para operar en condiciones meteorológicas adversas, tanto de día como de noche y puede ser tripulado por un solo piloto.

Su misión principal como helicóptero de transporte táctico es la del transporte de hasta 24 pasajeros o 20 totalmente equipados, sin contar a la tripulación, o hasta de 4.000 kg. en carga interna; además de realizar operaciones helitransportadas, búsqueda y rescate, evacuación médica, operaciones especiales, correo aéreo y lanzamiento de paracaidistas. Tiene una autonomía de 3 horas y 45 minutos.

Es el modelo de última generación de las FAMET, destacando por sus números sistemas para volar en condiciones meteorológicas adversas. Tiene una gran cantidad de sistemas antienglamiento, siendo el único modelo que no tiene prohibido volar en condiciones meteorológicas de englamiento.

Sistemas antienglamiento de los que dispone:

- Sistema de detección y medición de hielo.
- Sistema de tubo pitot y tomas de presión estáticas.
- Sistema de protección contra el hielo del motor.
- Sistema de protección contra el hielo de las palas.
- Protección antienglamiento del parabrisas.
- Sistema de deshielo del estabilizador horizontal.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

4.2.4. HT -27 / AS 532 “Cougar”



Figura 6: HT -27 / AS 532 “Cougar”. Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.



Figura 7: HT -27 / AS 532 “Cougar” UME. Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.

Este modelo, denominado “Cougar”, es de fabricación de Eurocopter. Tiene la denominación de HT de Helicóptero de transporte. Es adquirido por el ET en 1.998 para misiones de tipo transporte, evacuación sanitaria, puesto de mando y rescate. Puede llevar hasta 24 pasajeros o 6 camillas, y puede transportar una carga de hasta 4.500 kg con eslinga. Tiene una autonomía de hasta 4 horas y 30 minutos.

La principal diferencia de este modelo con el “Superpuma” es el tamaño. Siendo el “Cougar” más largo. Esta diferencia le permite a este modelo tener un depósito de combustible más grande, permitiéndole una autonomía de 4 horas y media, una hora de autonomía más que el “Superpuma”.

Sistemas antienglamiento de los que dispone:

- Sistema de tubo pitot y tomas de presión estática.
- Protección antienglamiento del parabrisas.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

- Sistema de detección y medición de hielo.

4.2.5. HE -26 / EC 135 “Eco Charlie”



Figura 8: HE -26 / EC 135 “Eco Charlie”. Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.



Figura 9: HE -26 / EC 135 “Eco Charlie” UME. Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.

Este es el helicóptero utilitario ligero de las FAMET, fue adquirido por el ET en 2.005. Por su versatilidad, facilidad de manejo, vuelo sencillo, peso ligero y avanzada tecnología, fue la opción para sustituir los OH-58 como helicóptero de enseñanza y posteriormente adaptarlo para la UME.

Lo que caracteriza a este modelo y lo diferencia del resto de modelos de las FAMET es que dispone de un rotor de cola tipo Fenestron.

Sistemas antienglamiento de los que dispone:

- Sistema de tubo pitot y tomas de presión estática.



4.2.6. HT -17 / CH 47 “Chinook”



Figura 10: HT -17 / CH 47 “Chinook”. Fuente: Memorial de Aviación del Ejército de Tierra.

Este helicóptero tiene la denominación de “Chinook”. Es fabricado por Boeing EE.UU. Es el helicóptero de transporte por excelencia de las FAMET debido a sus capacidades, dimensiones, potencia y peso. Tiene como misiones el transporte pesado, carga y evacuación sanitaria. Es un helicóptero con gran capacidad de carga, pudiendo transportar hasta 33 pasajeros o incluso vehículos en su interior. Se compraron las primeras unidades en 1.973.

El Chinook es utilizado principalmente para el transporte, pero además hay numerosas operaciones que solo se pueden realizar con este modelo, como son la recuperación de embarcaciones neumáticas y Soft Duck¹¹, lanzamiento de paracaidistas en automático¹² o SPIE-RIG¹³.

Sistemas antienglamiento de los que dispone:

- Sistema de tubo pitot y tomas de presión estática.
- Sistema de detección y medición de hielo.

4.3. UNIDADES FAMET

La actual organización de las FAMET está basada en las capacidades y características de los helicópteros de su flota. Se basa en el principio orgánico de asignación de un solo modelo de helicóptero a cada batallón. Esto se debe principalmente a cuestiones de mantenimiento y logística además de permitir de esta manera una acentuación de la especialización del personal, tanto el de vuelo como el de asistencia en tierra. (Arrazola, 2019)

De todas formas, este criterio de organización individualizada de los modelos no impide el aglutinamiento de diversas capacidades pudiendo formar agrupamientos tácticos bajo un mando operativo único. Además de no perder la vocación hacia las operaciones terrestres, formando parte de agrupaciones de mayor entidad integrándose con fuerzas convencionales o

¹¹ Operaciones en las que se lanzan o recuperan embarcaciones neumáticas junto con su tripulación y equipo desde el helicóptero. El NH-90 está a la espera de que se le autorice a realizar este tipo de operaciones.

¹² De momento es el único que puede realizar lanzamiento de paracaidistas en automático, ya que el NH-90 está a la espera de que se le autorice.

¹³ Consiste en extraer o insertar (aunque no se recomienda en inserción) en racimo al personal, mediante el anclaje del personal a una cuerda lanzada desde el helicóptero en estacionario cuando el helicóptero no pueda aterrizar.



especiales, pudiendo así combinar las capacidades aéreas con las terrestres. (Arrazola, 2019)

4.3.1. Batallón del Cuartel General de las FAMET (BCG FAMET)

Este es el Batallón de Transmisiones de las FAMET, está ubicado en la base “Coronel Maté”, en Colmenar Viejo. Está estructurada con una serie de unidades específicas en materia de comunicaciones.

Cuenta con la Unidad de Transmisiones de Apoyo y Control (UTAC)¹⁴, la Unidad de Mantenimiento Electrónico (UMEL)¹⁵, la Unidad de Guerra Electrónica (EW)¹⁶ y una Unidad de Vuelo.

La Unidad de Vuelo cuenta con varios modelos de helicópteros en su flota, son el “Cougat”, el “Superpuma” y el “Eco Charlie”. Por lo que realizan diferentes operaciones, como colaboraciones de helitransporte de personal y evacuación médica con diferentes unidades del ET.

Esta unidad es caracterizada por realizar la importante misión de trasladar en Helicóptero al General Jefe del Estado Mayor del Ejército en sus diversas labores a lo largo del territorio nacional. Para ello cuenta con el “Superpuma” en configuración VIP para el transporte de personalidades. (Vázquez, 2019)

El transporte de personalidades se realiza preferentemente a una altitud de vuelo suficiente para evitar realizar cambios de altitud en el trayecto, para así realizar un vuelo más confortable. Este tipo de vuelo no supone riesgo alguno causado por los obstáculos pero si por la meteorología, ya volar a esa altura puede suponer tener que volar en IMC.

4.3.2. Batallón de Helicópteros de Ataque I (BHELA I)

El BHELA I está ubicado en la base militar “Coronel Sánchez Bilbao”, en Almagro, Ciudad Real.

Es la única unidad de combate de las FAMET y es la unidad táctica por excelencia. Su flota está formada por el helicóptero de ataque HA -28- “Tigre”, siendo la única unidad de las Fuerzas Armadas Españolas que cuenta con este tipo de helicóptero. Por ello, la instrucción que se realiza en este batallón es muy específica, enfocada a realizar misiones de ataque y misiones de reconocimiento, vigilancia y seguridad táctica, tanto en el nivel táctico como en el operacional. (Díaz, 2019)

- Las misiones de ataque están enfocadas a mantener el nivel de control deseado de un área determinada mediante acciones de ataque a fuerzas terrestres enemigas o a infraestructuras que apoyen a estas. El empleo de los helicópteros de ataque de manera conjunta con las unidades terrestres, puede resultar una maniobra decisiva en los casos en los que un solo elemento no pueda realizar la misión por sí mismo.

¹⁴ Su finalidad es establecer, mantener y explotar los Centros de Transmisiones de los puestos de mando que se determinan en apoyo de una Brigada de Helicópteros o de una Agrupación de Helicópteros.

¹⁵ Lleva a cabo todas las labores logísticas de abastecimiento y mantenimiento de material electrónico de helicópteros y equipos aeronáuticos, como los cascos de vuelo de las tripulaciones o materiales de control y ayuda a la navegación.

¹⁶ Ayuda a aumentar la capacidad de autoprotección electrónica de las Unidades de Helicópteros.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

- Las misiones de reconocimiento, vigilancia y seguridad aérea forman otro de los roles principales de esta unidad. Ya que su empleo para reconocimiento y vigilancia es una forma rápida y precisa de obtener información. Pudiendo los tripulantes obtener la información, interpretarla y sacarle partido en el trascurso de la misión. Estas misiones se suelen realizar en patrulla de helicópteros de ataque para poder dar apoyo entre los elementos componentes. (Díaz, 2019)

Estas misiones suelen requerir tener contacto visual con la superficie, así que el tipo de vuelo que realiza esta unidad es de baja altitud, por lo que el engelamiento no suele perjudicar a la hora de realizar estas misiones.

4.3.3. Batallón de Helicópteros de Emergencia II (BHELEME II)

Este batallón es una unidad orgánica del ET que está encuadrada en las FAMET. Aunque depende permanentemente de manera operativa del general jefe de la Unidad Militar de Emergencias (UME).

El BHELEME II fue creado en el 2008 debido a una necesidad aeromóvil demandada por la UME para sus operaciones. Su misión principal es la de intervenir en cualquier lugar del territorio español para garantizar la seguridad y el bienestar de los ciudadanos. (Martínez, 2019)

El batallón está desplegado en dos bases diferentes, con dos modelos de helicópteros diferentes y con programas de instrucción diferentes:

- Unidad de helicópteros medios, situada en Bétera y cuenta con el HU-27 “Cougar”.
- Unidad de helicópteros ligeros, situada en Colmenar Viejo y cuenta con el HU-26 “Eco Charlie”.

El batallón establece dos dispositivos de alerta permanentemente (24 horas al día, 365 días al año), uno de cada unidad, pudiendo hacer frente así a un abanico de posibles emergencias más amplio, ya que cada modelo de helicóptero tiene sus capacidades y sus potenciales misiones. Estando preparados para intervenir en una hora para los periodos más demandantes (como en las campañas contra incendios forestales).

Este batallón está especializado en misiones del ámbito de emergencia, como son lucha contra incendios forestales, búsqueda y reconocimiento, rescate desde plataforma aérea, transporte de personal y cargas y evacuaciones sanitarias. (Martínez, 2019)

El tipo de vuelo que realiza esta unidad es muy variado, ya que realizan tanto operaciones propias de una unidad de helicópteros de maniobra en apoyo al resto de unidades del ET como en apoyo a los requerimientos operativos de la UME.

Tiene la misión de intervenir en cualquier lugar del territorio español para contribuir a la seguridad y bienestar de los ciudadanos en los supuestos de grave riesgo, catástrofe, calamidad u otras necesidades públicas. (Martínez, 2019) Todos estos supuestos se suelen dar en condiciones adversas para las aeronaves y esta unidad debe de dar apoyo. Siendo el engelamiento el factor más limitante para esta unidad para realizar sus misiones de apoyo a la UME.



4.3.4. Batallón de Helicópteros de Maniobra III (BHELMA III)

Este batallón está situado en la localidad de Agoncillo (La Rioja), en el acuartelamiento “Héroes del Revellín”.

Ha sido equipado por los HT-29 en el 2013. Desde la llegada de este helicóptero, ésta unidad ha estado marcada por el proceso de adaptación a todos los niveles al nuevo medio (pilotaje, mantenimiento, infraestructuras...) (Álvarez, 2019). Esto ha limitado el número de horas de vuelo en comparación con otras unidades.

Ésta unidad se caracteriza por ser muy versátil. Sus posibilidades abarcan misiones de maniobra, de apoyo logístico, de mando y control, de guerra electrónica, de inteligencia y de apoyos para el fuego.

Todas estas capacidades llevan a esta unidad a realizar maniobras de helitransportes tácticos, misiones de infiltración y exfiltración de personal de operaciones especiales, evacuaciones médicas, además de Combat Search and Rescue (CSAR)¹⁷ y Combat Recovery (CR)¹⁸.

Además, las características del HN-90 junto con su ubicación han permitido que esta unidad se especialice en vuelo en montaña. En el vuelo en montaña es de especial relevancia tener en cuenta el engelamiento, ya que es fácil alcanzar la ISO 0¹⁹, y gracias a los diferentes sistemas antiengelantes de los que dispone el NH-90, hacen que esta unidad sea la más capacitada para realizar este tipo de vuelos.

4.3.5. Batallón de Helicópteros de Maniobra IV (BHELMA IV)

Este batallón de helicópteros se encuentra en el acuartelamiento “El Copero”, en la localidad de Dos Hermanas (Sevilla).

Cuenta con una flota de helicópteros HU-21 “Superpuma”. Esta unidad cuenta con una mayor experiencia, ya que lleva trabajando con este helicóptero desde el año 1.987. Sus posibilidades y capacidades son las mismas que las del BHELMA III, las características de las unidades de helicópteros de maniobra. (Pérez Venegas y Martorell, 2019)

Las misiones que realizan son las propias de una unidad de maniobra, destacando esta unidad en la colaboración con la Armada. La instrucción que realiza con medios de la Armada ayuda a mejorar la interoperabilidad entre los helicópteros del ET y la Armada.

Se tiene la intención de que cambie la flota de esta unidad. Se pretende actualizar su flota, sustituyendo los “Superpuma” de su flota por los nuevos NH-90, de los que ya dispone el BHELMA III.

¹⁷ En cualquier operación militar, siempre hay un plan de búsqueda y rescate de cualquier tripulación grupo o equipo que pueda quedar aislado tras las líneas enemigas

¹⁸ Extracción de personal en entornos no permisivos, donde no se puede garantizar la seguridad y donde la vida está amenazada.

¹⁹ Isoterma 0°: capa formada por las altitudes en las que la temperatura es 0°.



4.3.6. Batallón de Helicópteros de Transporte V (BHELTRA V)

Esta unidad es característica por el material con el que opera, el helicóptero de transporte HT-17 “Chinook”, que actualmente se encuentra en proceso de transformación para modernizar el modelo de la versión “D” a la “F”.

La misión principal de este batallón es la del transporte de personal y material. Debido a las capacidades de carga y transporte de este modelo de helicóptero, este batallón es constantemente requerido para misiones y tareas muy variadas: (Pardo de Santayana, 2019)

- Capacidad de carga: debido a las dimensiones y potencia, este modelo puede llevar tanto carga externa como interna, pudiendo cargar hasta 10 toneladas. Esta característica lo hace idóneo para poder transportar materiales del ET (vehículos, piezas de artillería,...).
- Lanzamiento paracaidista en modalidad automática: este modelo permite el salto de paracaidistas, siendo en ocasiones más interesante que se haga desde un helicóptero que desde un avión
- Aeroevacuación médica: sus grandes dimensiones permiten evacuar hasta 24 heridos en camillas en caso de emergencia. (Pardo de Santayana, 2019)

Este tipo de misiones no implica la necesidad de volar a altitudes elevadas, pero al igual que en el transporte de personal VIP, al ser misiones que se suelen realizar sin tener contacto con el enemigo ni esperarlo, se busca un tipo de vuelo lo más cómodo posible, así las altitudes de vuelo de estas misiones son las que le permitan sobrevolar el obstáculo más elevado de su trayecto. Para evitar la entrada inadvertida en condiciones engelantes, es necesario un estudio previo de la meteorología. Al realizar este estudio se decidirá si se puede realizar la misión tal y como está planeada, si hay que desviar el itinerario o si no se puede realizar.

4.3.7. Batallón de Helicópteros de Maniobra VI (BHELMA VI)

Esta unidad, ubicada en el Puerto de Santa Cruz de Tenerife (Las Islas Canarias), no pertenece a las FAMET por motivos logísticos. En la actualidad, depende directamente del general jefe del Mando de Canarias.

Este batallón está caracterizado principalmente por su ubicación, es decir por los condicionamientos propios de la insularidad. (Cherino, 2019)

- Distancia a los diferentes órganos y escalones logísticos.
- Las condiciones ambientales de mantenimiento son adversas provocadas por la cercanía al mar, debido a la humedad y el salitre.

Debido a las características geográficas de esta unidad, el vuelo predominante que realiza es el vuelo sobre el mar. Este tipo de vuelo se caracteriza por:

- Degradación de los componentes del helicóptero debido al ambiente húmedo y salino.
- Falta de referencias: al volar sobre el mar no se tienen referencias claras al volar sobre el mar por lo que se suele volar por instrumentos.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

- Se pierde la capacidad de los helicópteros de poder aterrizar en casi cualquier sitio. Por lo que denota una gran importancia en el cálculo de combustible.
- Meteorología: es fácil encontrar nieblas, tormentas, grandes rachas de viento...

Para volar sobre el mar, hay una serie de normas, entre ellas, evitar el vuelo a baja altura, pero al no haber obstáculos, esto tampoco supone realizar un vuelo excesivamente alto, por lo que el engelamiento no supone un problema.

4.3.8. Academia de Aviación del Ejército de Tierra (ACAVIET)

La Academia de Aviación del Ejército de Tierra se encuentra ubicada en la base “Coronel Mate”, en Colmenar Viejo.

Es esta unidad la que se encarga de la formación de todos los pilotos de Aviación del Ejército de Tierra. Para esta formación cuenta con una flota de EC-135. Dicho modelo favorece la enseñanza dada su versatilidad, facilidad de manejo, vuelo sencillo, peso ligero y tecnología digital avanzada.

El tipo de vuelo que realiza es muy variado, esto se debe a la necesidad de impartir la formación en todos los posibles entornos y necesidades. Realiza tanto vuelos tácticos a baja altura como vuelos IFR a altitudes considerables.

Debido a su ubicación, en la sierra de Madrid, en muchas ocasiones se ve perjudicada la formación de los futuros pilotos debido a la necesidad de cancelar los vuelos programados debido al mal tiempo. Siendo lo más habitual la visibilidad reducida por nubes y/o niebla y la altitud de engelamiento.

4.4. NOTIFICACIONES DE SEGURIDAD DE VUELO

Se ha investigado en el histórico de notificaciones de seguridad de vuelo²⁰ con la intención de poder determinar que unidad ha sido la que más notificaciones por engelamiento ha reportado, y de esta poder relacionar este hecho con el resto de información recabada.

Se filtraron todas las notificaciones de seguridad de vuelo del ET de la siguiente forma:

- Palabras clave:
 - Engelamiento
 - Hielo.
 - Helado.
- Factor: ambiental.

²⁰ Las notificaciones de seguridad de vuelo no son una denuncia ni una queja, sirven para informar de cualquier acontecimiento que ha puesto en riesgo la seguridad aérea a las secciones de seguridad de vuelo para que estudien el suceso y poder implementar medidas para que no se vuelva a repetir.



- Espacios: En vuelo.
- Naturaleza: aeronave.
- Fecha: desde el 1 de enero del 2000 hasta el 20 de octubre del 2021.

Con esta búsqueda se ha pretendido buscar todas las notificaciones de incidentes y/o accidentes debido a las condiciones meteorológicas de engelamiento. Obteniéndose solamente 4 resultados. Hay que tener en cuenta que el vuelo en condiciones engelantes está prohibido para todos los modelos de helicópteros a excepción del NH-90. Por lo que no es normal entrar en estas condiciones en vuelo ya que siempre se realiza un estudio exhaustivo de la meteorología antes de salir a volar.

Los únicos datos que se pueden analizar son la fecha, la altura, el modelo y si ha tenido daños o no. Ya que debido a la confidencialidad de las notificaciones de seguridad de vuelo, no se pueden publicar más datos.

- 2004 Superpuma 5000ft. Sin daños.
- 2007 Bolkow 5500ft. Sin daños.
- 2008 Superpuma 4000ft. Sin daños.
- 2015 EC 135 6000ft. Sin daños.

De estos datos, aunque sean pocos, se pueden obtener diferentes hipótesis. Por un lado, se puede ver que ha habido una considerable disminución de notificaciones, teniendo 3 casos en la primera década analizada y solo un caso en la última década. Esta disminución se puede deber a las modernizaciones de las flotas de helicópteros, medidas de seguridad que se han ido actualizando durante el tiempo a favor de la seguridad en vuelo, a la evolución de la formación de los pilotos en IMC.

Otro dato que resulta interesante es la altitud a la que se ha producido el engelamiento, la cual es una altitud por debajo de la altitud en la que se producen las condiciones de engelamiento como norma general.

De los modelos, se puede destacar que de las 4 notificaciones, 2 de ellas se produjeron en un "Superpuma", teniendo en cuenta las fechas en las que se han producido, pudieron ser en cualquiera de las unidades de maniobra, en el BHELEME II, BHELMA III, BHELMA IV o BHELMAVI.

4.5. ENCUESTA

Con la intención de determinar el tipo de vuelo que realiza cada unidad dependiendo del tipo de misiones que realizan se han realizado dos encuestas dirigidas a los pilotos de las diferentes unidades de AVIET. Para ello, las encuestas se han realizado utilizando la plataforma Google Formularios y distribuida de forma online.

Inicialmente se realizó una encuesta (Anexo A) en octubre de 2021, obteniendo un total de 39 repuestas. Mediante 9 preguntas se pretende determinar, además del tipo de vuelo que se realiza en cada unidad, otros datos como la experiencia de los pilotos y la influencia del



engelamiento en sus misiones.

Posteriormente se realizó otra encuesta (Anexo B), también en octubre de 2021, obteniendo 19 respuestas. Esta segunda encuesta se realizó para determinar cuántas veces se han tenido que cancelar alguna misión debido a condiciones meteorológicas de engelamiento.

Las preguntas de ambas encuestas son de múltiples respuestas. De esta forma aunque se hayan respondido 39 pilotos a la encuesta, cada individuo ha podido responder varias veces a la misma pregunta según su experiencia por el paso de varias unidades.

4.5.1. Altitudes de vuelo.

Atendiendo a las altitudes de vuelo para identificar las posibles unidades de AVIET a las que sería interesante dotar de sistemas de para el vuelo en condiciones de engelamiento, se pueden destacar 4 de ellas.

Analizar este dato resulta interesante ya que como se ha visto anteriormente, las condiciones de engelamiento se suelen dar a una altitud elevada debido a que se necesitan temperaturas próximas a los 0°C.

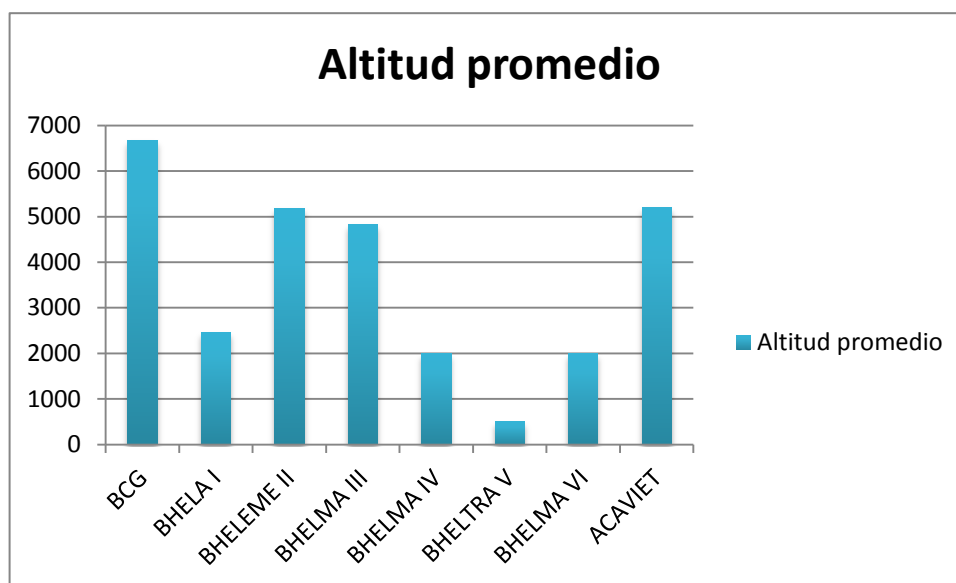


Figura 11: Gráfico altitud promedio encuesta 1. Fuente: elaboración propia.

Viendo el gráfico elaborado a partir de la encuesta realizada a pilotos de Aviación del ET., las unidades que suelen volar a altitudes en las que se dan engelamiento con más frecuencia son el Batallón de Cuartel General de FAMET, el BHELEME II, el BHELMA III y la ACAVIET.

4.5.2. Reglas de vuelo.

Las reglas de vuelo pueden ser visuales (VFR) o instrumentales (IFR). Siendo el vuelo bajo reglas instrumentales el que es más proclive a converger con condiciones meteorológicas engelantes.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

Por ello se ha estudiado que unidades de AVIET, por sus características y tipo de misiones que realizan, son las que suelen volar en IFR y cuales en VFR mediante la encuesta realizada.

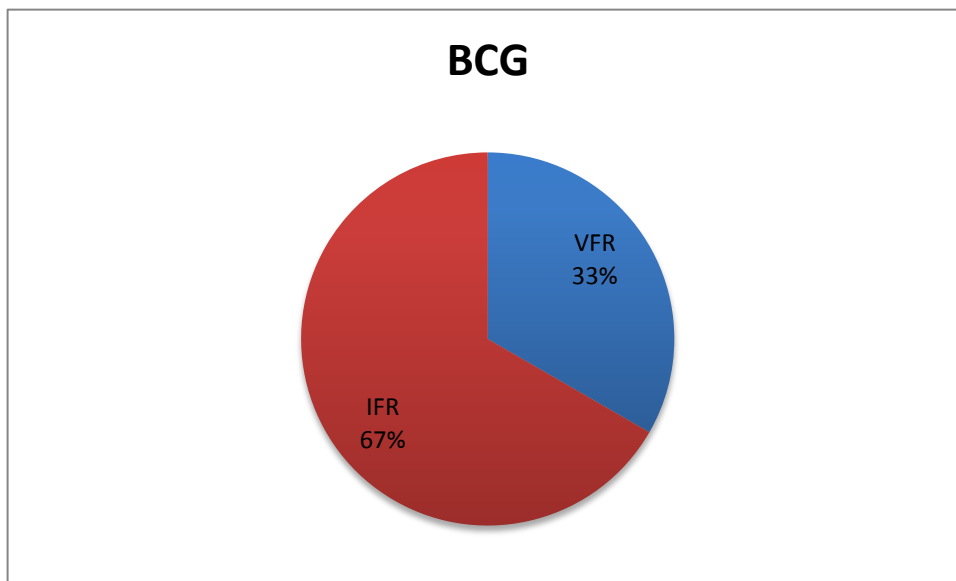


Figura 12: Porcentaje de vuelos IFR y VFR del Cuartel General de las FAMET. Fuente: elaboración propia.

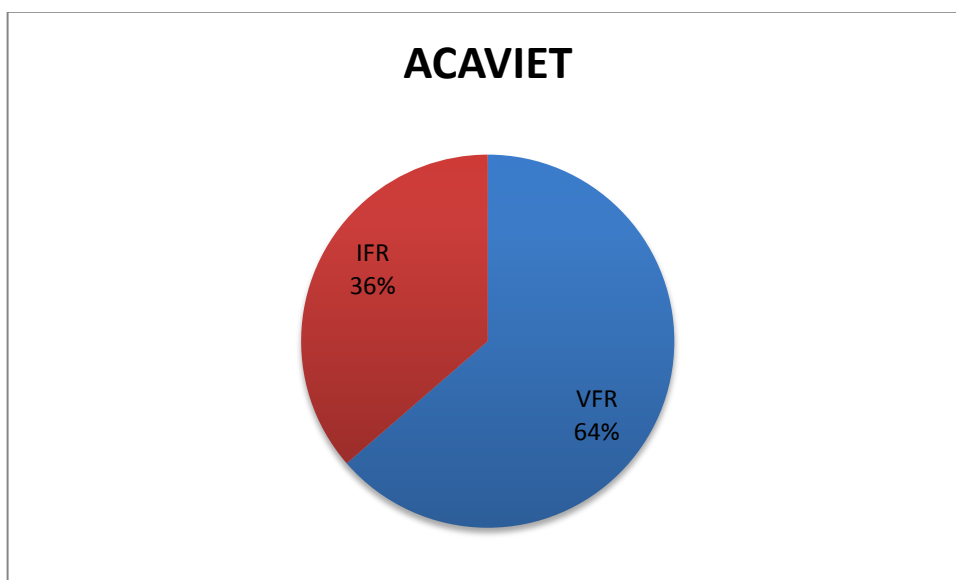


Figura 13: Porcentaje de vuelos IFR y VFR de la Academia de Aviación del ET. Fuente: elaboración propia.

Se ha obtenido que las unidades de AVIET que vuelan bajo reglas instrumentales son el Batallón de Cuartel General de FAMET y la Academia de Aviación del ET. Mientras que el resto de encuestados del resto de unidades han manifestado en la encuesta que suelen volar bajo reglas de vuelo visuales.

Aunque también se ha preguntado a los encuestados que cuántas horas de vuelo IFR han realizado, ya que independientemente del tipo de misiones que realizan, también es necesario realizar vuelos de instrucción.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

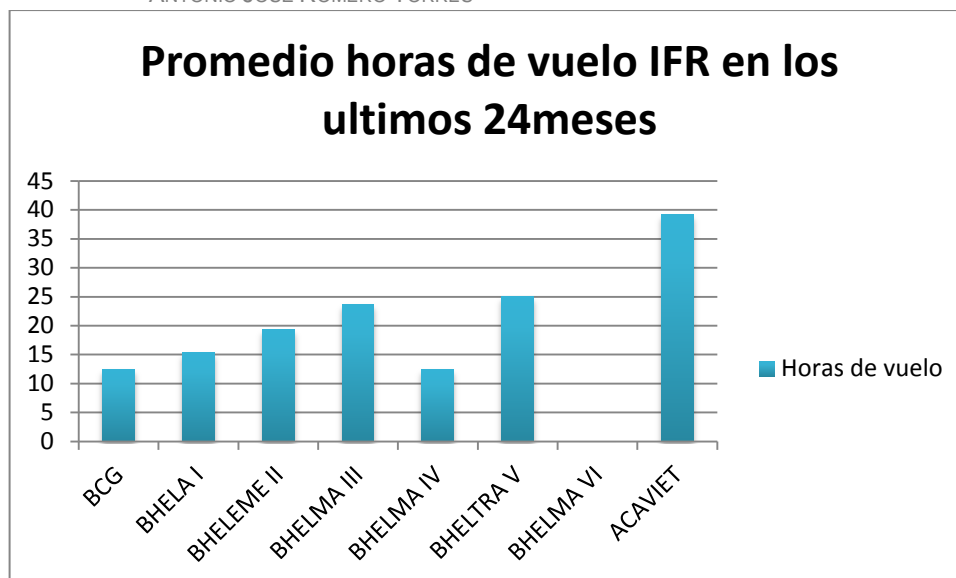


Figura 14: Horas promedio de vuelo en IFR en los últimos 24 meses. Fuente: elaboración propia.

Destacando la Academia de Aviación del ET., siendo el promedio, de los pilotos encuestados de dicha unidad, de casi 40 horas en los últimos 24 meses.

Además de las horas que han realizado en IFR, también se ha tenido en cuenta, a la hora de realizar la encuesta, que estas horas de vuelo en reglas instrumentales no han tenido que ser en IMC. Por esto se les ha preguntado qué porcentaje de estas horas realizadas en IFR se han volado realmente en IMC, ya que el engelamiento se produce en estas condiciones. Siendo la respuesta de todos los encuestados que han sido menos del 25% ha sido en IMC.

4.5.3. Vuelo en condiciones de engelamiento

Teniendo en cuenta que el vuelo en condiciones engelantes está prohibido para la mayoría de modelos de helicópteros, se tiene que evitar siempre. Para ello se realiza un exhaustivo estudio previo al vuelo de la meteorología, para planificar el vuelo y tener en cuenta durante este la altitud de la isocero en cada tramo del trayecto.

Aun así, hay casos en los que se ha entrado inadvertidamente en condiciones meteorológicas de engelamiento. Para ello, se ha estudiado en la encuesta que pilotos han entrado alguna vez en estas condiciones.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

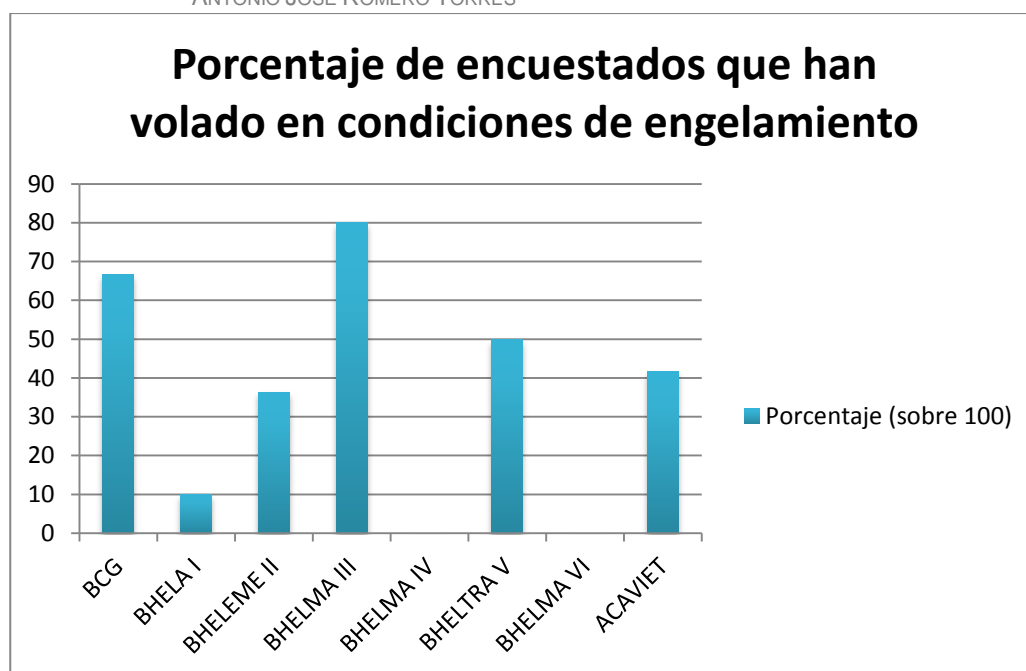


Figura 15: Porcentaje de los encuestados que han entrado inadvertidamente en condiciones de engelamiento. Fuente: elaboración propia.

Tras hallar el porcentaje de encuestados que han volado en condiciones de engelamiento, se identifican varias unidades cuyo porcentaje de pilotos, que han entrado inadvertidamente en estas condiciones, supera el 50%. Siendo estas el Batallón de del Cuartel General de las FAMET, el BHELMA III, el BHELTRA V y la ACAVIET.

4.5.4. Misiones canceladas.

Debido a que se evita volar en condiciones meteorológicas engelantes, se cancelan las misiones cuando estas son imposibles de realizar debido a estas condiciones. Para ello se realizó la segunda encuesta, determinando así el número promedio de misiones que han tenido que cancelar los pilotos encuestados de cada unidad.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

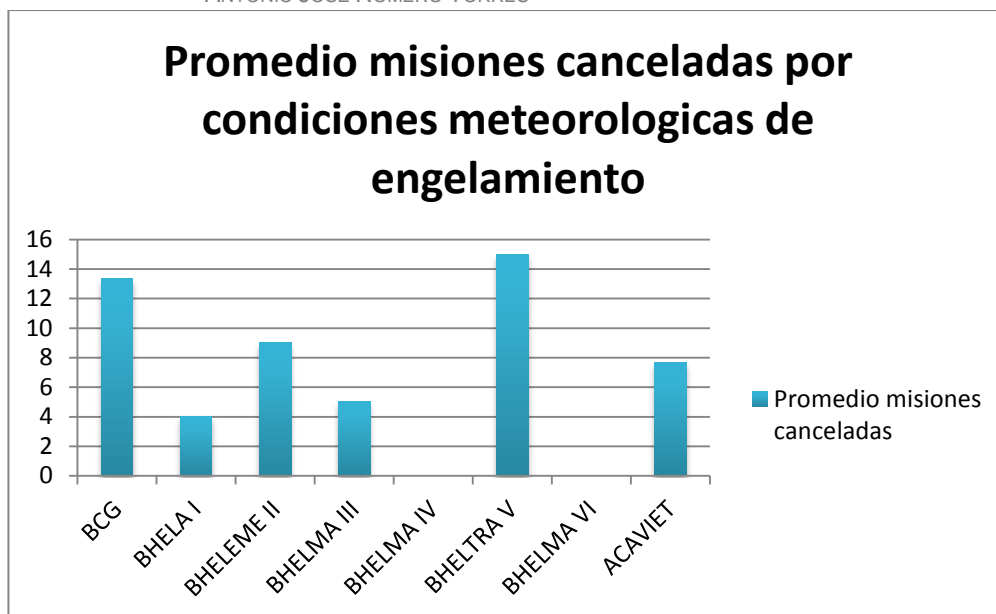


Figura 16: Promedio de misiones canceladas debido a condiciones meteorológicas de engelamiento. Fuente: elaboración propia.

Analizando este dato, destaca el Batallón del Cuartel General de FAMET, el BHELEME II, el BHELTRA V y la ACAVIET.



5 CONCLUSIONES

A continuación se van a exponer una serie de conclusiones y a proponer que unidad o unidades sería más conveniente dotar de sistemas integrados para el vuelo en condiciones de engelamiento. El vuelo de helicóptero es especialmente sensible a estas condiciones meteorológicas, por lo que contar con más sistemas para el vuelo en estas condiciones, incrementa la seguridad.

Se va proceder deduciendo conclusiones de cada apartado del desarrollo, descartando si se puede que unidad es la menos apropiada para dotar de estos sistemas.

En primer lugar, se va a especificar los modelos de helicópteros, que tras haberlos definido, están más dotados de estos sistemas. El NH-90 es el modelo más nuevo del que dispone el ET, y además destaca por ser el modelo que más sistemas para el vuelo en condiciones de engelamiento tiene. Por este motivo, el BHELMA III no sería una opción para implementar a su flota de más de estos sistemas. En cuanto al resto de modelos, disponen todos de los mismos sistemas, calefacción en los tubos pitot y detección y medición de hielo, a excepción del “Eco Charlie” que solo dispone de calefacción de los tubos pitos.

Cada unidad de AVIET está especializada en un tipo de misiones, por eso son homogéneas en su flota de helicópteros, a excepción del BHELEME II. Por ello se ha analizado el tipo de misiones que realiza cada unidad. Pudiendo descartar de la propuesta de unidad para la implantación de sistemas para el vuelo en condiciones engelantes al BHELA I, debido a que sus misiones se realizan a muy baja altura del suelo, donde generalmente no se producen condiciones de engelamiento.

Hay que destacar varias unidades que realizan vuelos a grandes altitudes, en las que se pueden dar condiciones de engelamiento. El Batallón de Cuartel General de las FAMET realiza vuelos VIP. El BHELEME II realiza vuelo en montaña y la ACAVIET imparte la formación en reglas IFR.

Atendiendo a las notificaciones de vuelo, no se puede descartar ninguna unidad debido a su número reducido. Pero sí que se pueden destacar las unidades que en las que se han producido un incidente, estas son las que disponen de “Eco Charlie” y “Superpuma”, que son el Batallón de Cuartel General de las FAMET, el BHELEME II y la ACAVIET.

Por último, se han analizado cuatro datos de la encuesta, determinando en cada uno de ellos, que unidades son las más perjudicadas por condiciones engelantes. Las unidades más destacadas por el análisis de estos datos son el Batallón de Cuartel General de las FAMET y la ACAVIET.

Se puede concluir que las unidades más convenientes de las que dotar de sistemas integrados para el vuelo en condiciones de engelamiento son:

- El Batallón de Cuartel General de las FAMET, por los siguientes motivos:
 - Es la unidad que realiza misiones a una altitud de vuelo más elevada.
 - Es la unidad que más misiones en IFR realiza.
 - Es la segunda unidad cuyos pilotos han entrado más veces inadvertidamente en condiciones engelantes.



ANTONIO JOSÉ ROMERO TORRES

- Es la segunda unidad que más misiones ha cancelado debido a condiciones meteorológicas engelantes.
- La ACAVIET, por los siguientes motivos:
 - Es la segunda unidad que realiza misiones a una altitud de vuelo más elevada.
 - Es la segunda unidad que más misiones en IFR realiza.
 - Es una de las unidades cuyos pilotos han entrado más veces inadvertidamente en condiciones engelantes.
 - Es una de las unidades que más misiones han cancelado debido a condiciones meteorológicas engelantes.
 - Es la unidad que menos sistemas integrados para el vuelo en condiciones engelantes dispone.

Lo mejor sería implantar todos los sistemas para el vuelo de helicópteros en condiciones engelantes, ya que todos ellos contribuyen a aumentar la seguridad en vuelo. Pero se ha establecido un orden de prioridad a la hora de ir incluyendo estos dispositivos a las unidades propuestas.

En primer lugar se dotaría de sistema de protección contra la formación del hielo en las sondas de tubo pitot y tomas de presión estática, ya que estos sistemas resultan imprescindibles para el vuelo de los helicópteros. Esto no es necesario ya que los modelos utilizados por las unidades propuestas ya disponen de éste sistema.

En segundo lugar se encuentra el sistema de detección y medición de hielo, ya que este sistema puede advertir a la tripulación de la acumulación de hielo y de este modo poder salir cuanto antes de las condiciones de engelamiento. Evitando así que se agrave el problema que supone en las aeronaves la acumulación de hielo. Este sistema ya está equipado en los modelos "Cougar" y "Superpuma" del Batallón de Cuartel General de las FAMET, pero no en el "Eco Charlie", modelo de helicóptero usado por ambas unidades propuestas.

Posteriormente, se implantaría el sistema de protección antiengelamiento del parabrisas. Esta protección evitaría la acumulación de hielo en el parabrisas que impediría a la tripulación la visibilidad exterior. De esta forma, se reduciría la pérdida de consciencia situacional de la tripulación, evitando que se añada al problema del engelamiento. Nuevamente se vuelve a repetir el caso del sistema anterior, el "Corugar" y "Superpuma" ya disponen de este sistema, pero no el "Eco Charlie".

Por último, se añadirían los otros sistemas. Por un lado está el sistema de protección contra el hielo del motor, que evita un mal funcionamiento del motor impidiendo la acumulación de hielo en las entradas de aire que éste necesita. Por otro lado están el sistema de deshielo del estabilizador horizontal y el sistema de protección contra el hielo de las palas que mantienen las características aerodinámicas de la aeronave, aunque también ayudan a mantener las prestaciones de ésta eliminando la acumulación de hielo en su superficie. Estos sistemas ocupan el último lugar ya que están diseñados para una acumulación de hielo severa. Por lo que se supone que los modelos de helicópteros de las unidades propuestas pueden prescindir de ellos ya que no tienen permitido el vuelo en condiciones de engelamiento.



6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, M. (2019). "Batallón de Helicópteros de Maniobra III". *Memorial de Aviación del Ejército de Tierra*, nº 1, pp. 107-109. NIPO: 083-19-273-9

Arazola, M. (2019). "Punto de situación de las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET)". *Memorial de Aviación del Ejército de Tierra*, nº 1, pp. 97-98. NIPO: 083-19-273-9

Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil (2006). "Informe técnico IN-007/2005". *Boletín informativo 6/2006*, pp. (1-24). NIPO: 161-03-048-4

Cherino, A. (2019). "El BHELMA-VI: pasado, presente y futuro". *Memorial de Aviación del Ejército de Tierra*, nº 1, pp. 112-124. NIPO: 083-19-273-9

Díaz, A. (2019). "BHELA I: la unidad de combate de las FAMET". *Memorial de Aviación del Ejército de Tierra*, nº 1, pp. 100-104. NIPO: 083-19-273-9

Equipo Europeo de Seguridad de la Aviación General (2017). *Formación de hielo en vuelo*. Alemania: EASA.

Lande, K. (1994). *Helicopter flight in icing conditions*. Noruega: Helicopter Service AS.

Lavenson, M (2019). *Avoidance, detection, and survival*. Disponible en: <https://www.aopa.org/news-and-media/all-news/2019/january/pilot/proficiency-helicopters-and-ice> [Consultado: 11-12-2021]

López, F (2019). *Apuntes asignatura Derecho Aeronáutico*. Zaragoza: Centro Universitario de la Defensa.

Martínez, V. (2019). "Batallón de Helicópteros de Emergencias II". *Memorial de Aviación del Ejército de Tierra*, nº 1, pp. 105-106. NIPO: 083-19-273-9

Pardo de Santayana, M. (2019). "Batallón de Helicópteros de Transporte V". *Memorial de Aviación del Ejército de Tierra*, nº 1, pp. 116-119. NIPO: 083-19-273-9

Pérez Venegas, M. y Martorell, J (2019). "Batallón de Helicópteros de Maniobra IV". *Memorial de Aviación del Ejército de Tierra*, nº 1, pp. 110-115. NIPO: 083-19-273-9

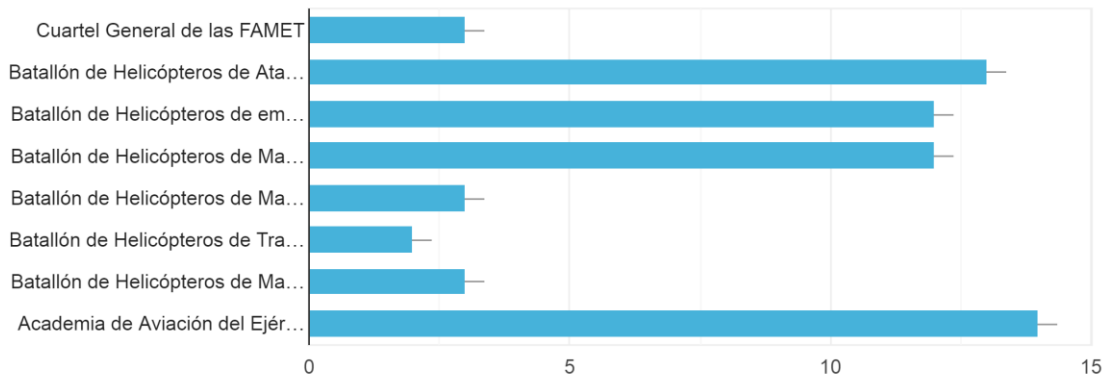
Vázquez, C. (2019). "Batallón de Cuartel General". *Memorial de Aviación del Ejército de Tierra*, nº 1, pp. 99. NIPO: 083-19-273-9

ANEXOS

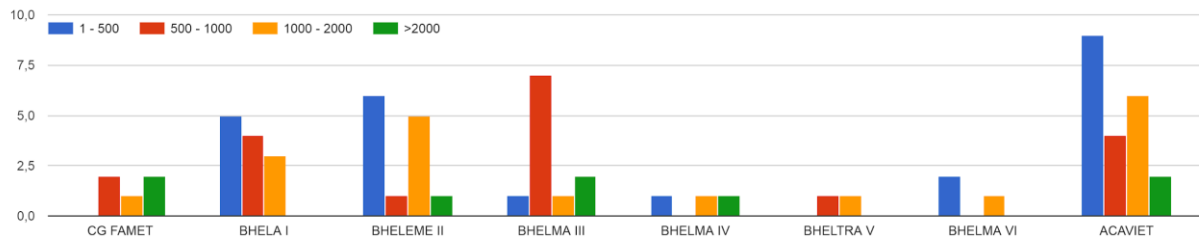
Anexo A: Respuestas encuesta 1.

¿En que unidad/unidades ha estado destinado?

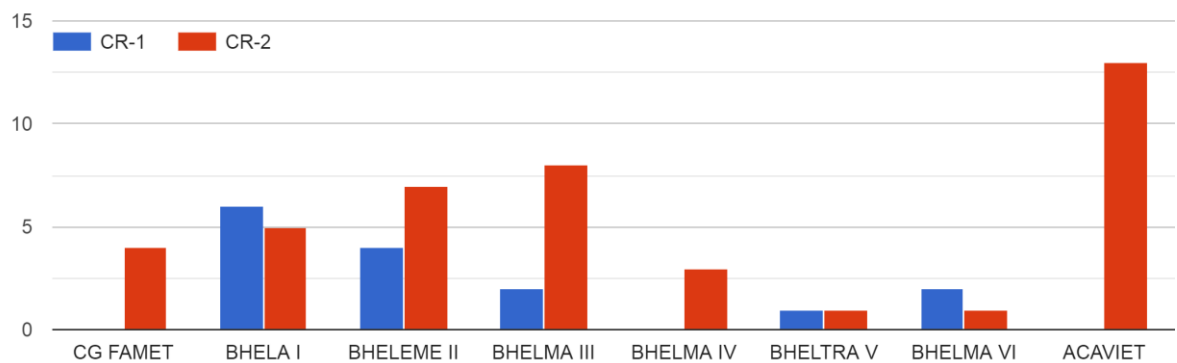
39 respuestas



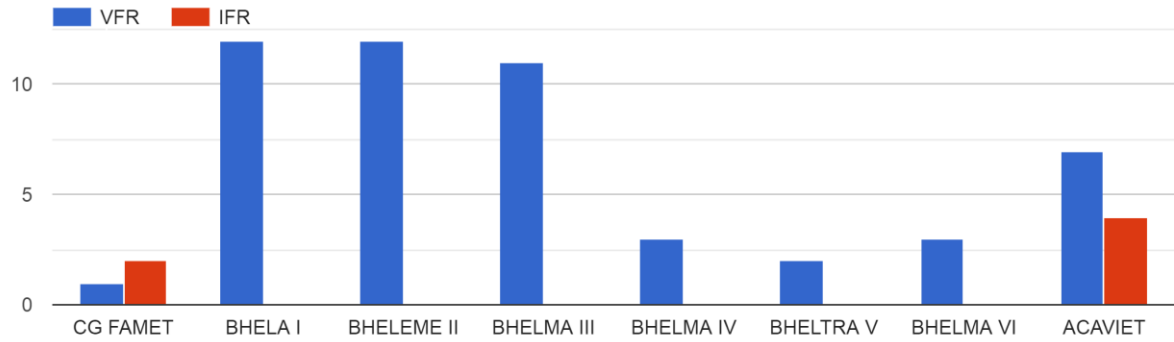
¿Cuántas horas de vuelo ha realizado?



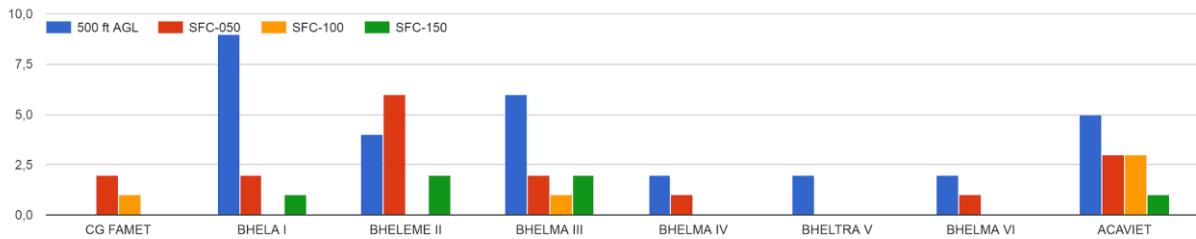
¿Qué calificación de piloto tiene?



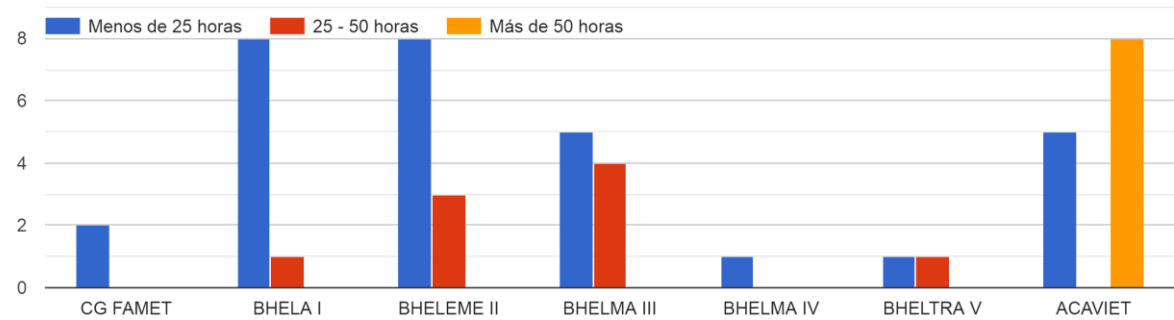
Por características de su unidad y tipo de misiones que realizan, ¿con que reglas de vuelo suele operar?



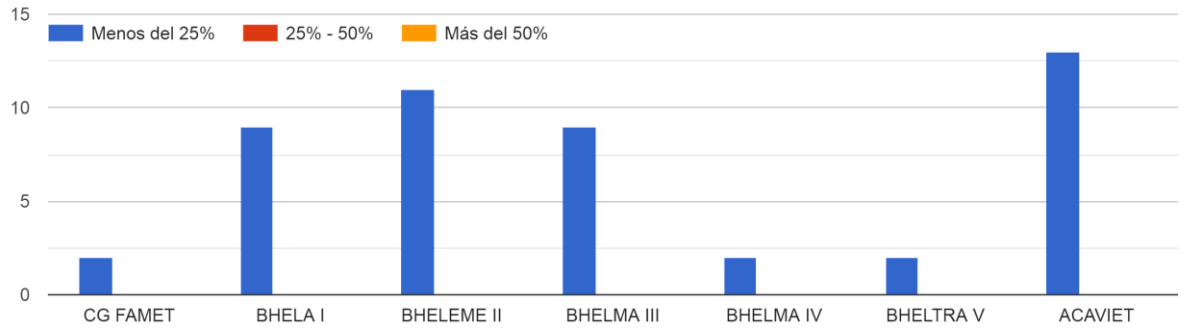
Por características de su unidad y tipo de misiones que realizan, ¿a que altitud suele volar?



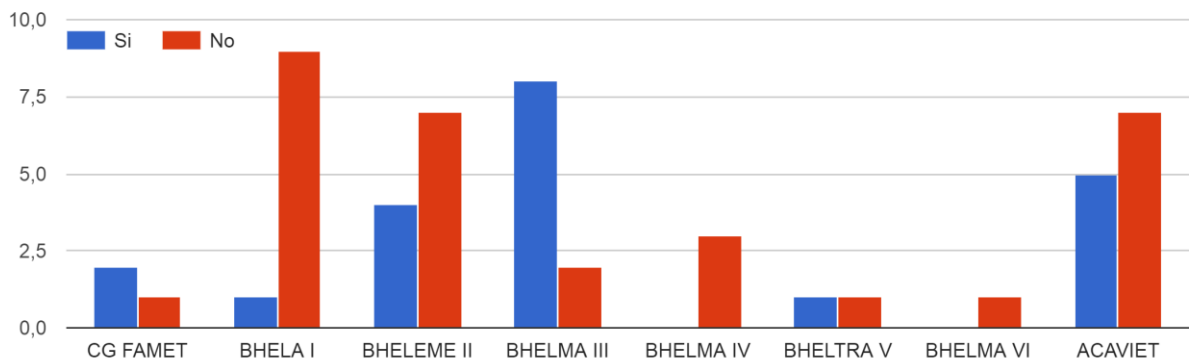
En los últimos 24 meses, ¿Cuántas horas aproximadamente ha volado en IFR?



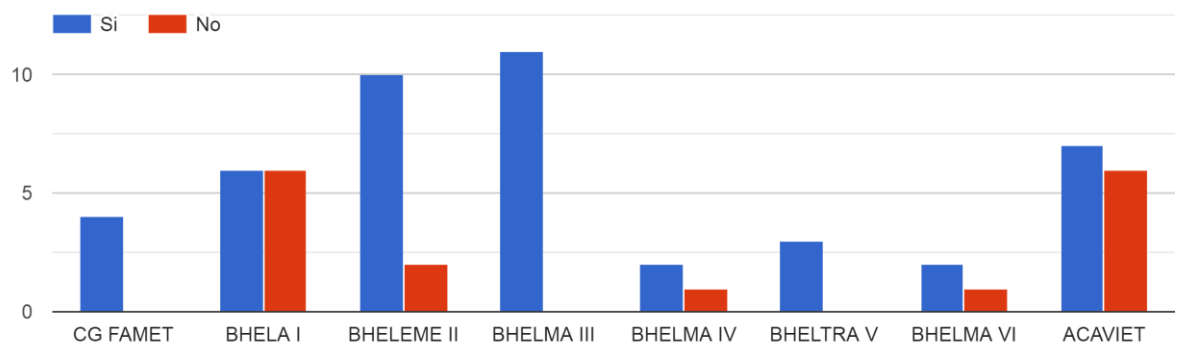
¿Qué porcentaje aproximado de esas horas se realizó en IMC?



¿Ha volado alguna vez en condiciones de engelamiento?



Por características de su unidad y tipo de misiones que realizan, ¿vería conveniente dotar de sistemas anti-engelamiento a los helicópteros de su unidad?



Anexo B: Respuestas encuesta 2

¿Cuántas veces a tenido que cancelar alguna vez una misión por no poder volar ya que había condiciones de engelamiento?

