

Informe técnico

ULM A-002/2022

Accidente ocurrido el día 6 de febrero de 2022,
a la aeronave ROAD AIR FLAMINGO,
matrícula EC-DL3, en el término municipal de
Sant Feliu de Buixalleu (Girona, España)

El presente informe no constituye la edición en formato imprenta, por lo que puntualmente podrá incluir errores de menor entidad y tipográficos, aunque no en su contenido. Una vez que se disponga del informe maquetado y del Número de Identificación de las Publicaciones Oficiales (NIPO), se procederá a la sustitución del avance del informe final por el informe maquetado.

Advertencia

El presente informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el art. 5.4.1 del Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional; y según lo dispuesto en los arts. 5.6 del Reglamento (UE) nº 996/2010, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de octubre de 2010; el art.15 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea; y los arts. 1 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, ni prejuzga la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos por los que deben regirse las pruebas en un proceso judicial.

Consecuentemente, el uso que se haga de este informe para cualquier propósito distinto al de la prevención de futuros accidentes puede derivar en conclusiones e interpretaciones erróneas.



ÍNDICE

Advertencia	2
ÍNDICE.....	iii
ABREVIATURAS	4
Sinopsis.....	5
1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS.....	7
1.1. Reseña del accidente	7
1.2. Lesiones a personas.....	8
1.3. Daños sufridos por la aeronave.....	8
1.4. Otros daños.....	9
1.5. Información sobre el personal.....	9
1.6. Información sobre la aeronave	9
1.7. Información meteorológica	14
1.8. Ayudas para la navegación	14
1.9. Comunicaciones.....	14
1.10. Información de aeródromo	15
1.11. Registradores de vuelo.....	15
1.12. Información sobre los restos de la aeronave	15
1.13. Información médica y patológica	17
1.14. Incendio.....	17
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia	17
1.16. Ensayos e investigaciones especiales.....	18
1.17. Información organizativa y de dirección	22
1.18. Información adicional	22
1.19. Técnicas de investigación especiales.....	22
2. ANÁLISIS.....	23
3. CONCLUSIÓN	27
3.1. Constataciones.....	27
3.2. Causas / Factores contribuyentes.....	27
4. RECOMENDACIONES	28

ABREVIATURAS

AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
BKN	Cielo nuboso (broken)
IPC	Catálogo Ilustrado de Partes (illustrated Parts Catalogue)
kg	Kilo(s)
kt	Nudo(s)
LAPL	Licencia de piloto de aeronaves ligeras (light aircraft pilot license)
mm	Milímetro(s)
MAG	Lado del motor más cercano al volante magnético
N	Norte
msnm	Metros sobre el nivel del mar
OVC	Cielo cubierto (overcast)
PTO	Lado del motor más cercano a la hélice
rpm	Revoluciones por minuto
VFR	Reglas de Vuelo Visual
UTC	Tiempo universal coordinado (coordinated universal time)

Informe técnico

ULM-A-002/2022

Propietario y Operador:	Privado.
Aeronave:	ROAD AIR FLAMINGO; EC-DL3 (España).
Fecha y hora del accidente:	6 de febrero de 2022 a las 09:00 hora local ¹ .
Lugar del accidente:	Alrededores del aeródromo del Club Aeronautic Catalunya (Sant Feliu de Buixalleu, Girona).
Personas a bordo:	1 (tripulación).
Tipo de operación:	Aviación general – privado.
Fase de vuelo:	Despegue – ascenso inicial.
Reglas de vuelo	VFR.
Fecha de aprobación:	28 de septiembre de 2022.

Sinopsis

Resumen:

El domingo 6 de febrero de 2022, el piloto y único ocupante de la aeronave ROAD AIR FLAMINGO con matrícula EC-DL3 despegó del aeródromo del Club Aeronautic Catalunya (Sant Feliu de Buixalleu, Girona) para llevar a cabo un vuelo local.

Tras realizar la inspección prevuelo satisfactoriamente, el piloto despegó por la pista 13 sin ningún incidente durante la carrera de despegue ni durante la primera fase del ascenso inicial.

Menos de un minuto después de despegar, cuando se encontraba a algo más de 100 metros de altura virando ligeramente a la derecha, el motor de la aeronave se paró súbitamente, sin ningún rateo previo y sin haber tocado el mando de los gases.

A consecuencia de la parada de motor, el piloto de la aeronave aterrizó de emergencia en un campo de labor situado en las cercanías del aeródromo, impactando previamente contra la copa de un árbol y contra los cables de un tendido eléctrico de baja tensión.

La aeronave impactó de morro contra el terreno, capotando. Tras capotar, la aeronave volcó, quedando en posición invertida.

¹ Todas las horas en el presente informe están expresadas en hora local. Para obtener la hora UTC equivalente, se han de restar 1 hora a la hora local.

Tras el impacto, el piloto pudo salir por su propio pie de la aeronave. No obstante, fue trasladado en helicóptero a un hospital cercano, donde quedó hospitalizado en observación durante un día.

A consecuencia del accidente, la aeronave sufrió daños importantes en la estructura y en los planos.

La investigación ha determinado que la causa probable del accidente fue el aterrizaje en emergencia, en terreno no preparado debido a la parada del motor durante el ascenso inicial en el despegue debido a la pérdida de funcionalidad de los segmentos en ambos pistones, lo cual generó un agarrotamiento del pistón MAG en el interior de su cilindro.

Se considera como factores contribuyentes:

- El hecho de que el motor no estaba al día en cuanto al mantenimiento prescrito por el fabricante del motor.
- El hecho de que el motor trabajara con mezcla demasiado rica desde, al menos, la última revisión de motor por un incorrecto cierre de las válvulas de paso de combustible a las cubetas de los carburadores, lo cual provocó que el motor no operara adecuadamente y que se generase un exceso de carbonilla.

No se han emitido recomendaciones de seguridad.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del accidente

El domingo 6 de febrero de 2022, el piloto de la aeronave ROAD AIR FLAMINGO con matrícula EC-DL3 se dirigió al aeródromo del Club Aeronautic Catalunya, situado en el término municipal de Sant Feliu de Buixalleu (Girona), con la intención de hacer un vuelo local. En base a la información proporcionada por el piloto, las condiciones meteorológicas eran favorables para la realización del vuelo.

Antes de iniciar el vuelo, el piloto procedió a repostar la aeronave hasta llenar el depósito y a realizar la comprobación prevuelo. Entre otras tareas, comprobó el correcto funcionamiento del doble encendido y llevó a cabo el calentamiento del motor.

Tras comprobar que todo funcionaba correctamente, el piloto y único ocupante de la aeronave se dirigió desde la zona de los hangares hacia la cabecera 13 de la pista para despegar.

Ya situado en la cabecera 13 de la pista, el piloto fue accionando el control de gases de forma progresiva, ganando velocidad hasta despegar, sin notar ninguna anomalía durante el proceso.

Menos de un minuto después de despegar, durante el ascenso inicial, cuando se encontraba a algo más de 100 metros de altura virando ligeramente a la derecha, el motor se paró súbitamente, sin ningún rateo previo y sin haber tocado el mando de los gases.

La primera opción que valoró para tomar de emergencia fue la propia pista, para lo cual, giró a la izquierda, sin obtener respuesta de la aeronave, porque apenas tenía mando aerodinámico para variar el rumbo, por lo que la aeronave mantuvo su tendencia de giro a la derecha. Por lo tanto, decidió tomar en el campo de labor que tenía delante, detrás de una hilera de árboles.

Durante la ejecución del aterrizaje de emergencia, la aeronave tocó la copa de uno de los árboles, y acto seguido, tocó los cables de un tendido eléctrico de baja tensión existente en el campo elegido para la toma de emergencia. Tras estos impactos, la aeronave se precipitó de morro contra el terreno, capotando. Tras capotar, la aeronave volcó, quedando en posición invertida.

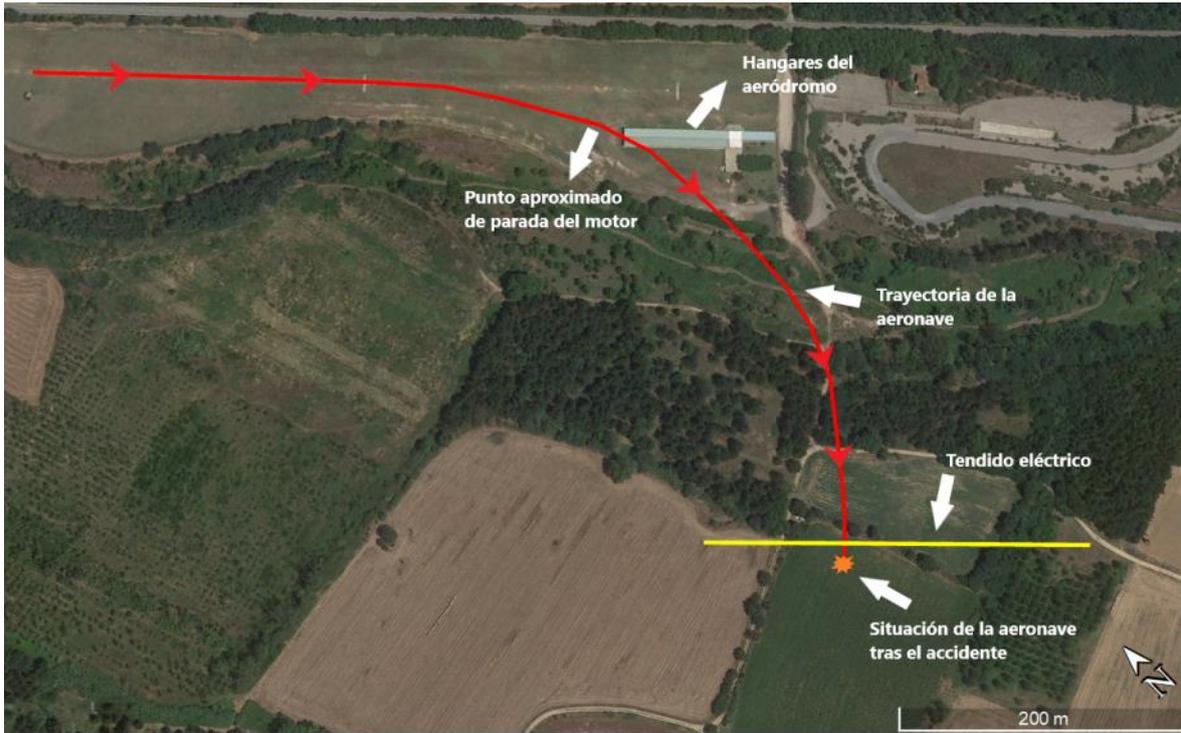


Figura 1 – Trayectoria seguida por la aeronave desde el despegue hasta el accidente.

Tras el impacto, el piloto pudo salir por su propio pie de la aeronave. No obstante, fue trasladado en helicóptero a un hospital cercano, donde quedó hospitalizado en observación durante un día.

A consecuencia del accidente, la aeronave sufrió daños importantes en la estructura y en los planos.

1.2. Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales	-	-	-	-
Lesionados graves	-	-	-	-
Lesionados leves	1	-	1	-
Ilesos	-	-	-	-
TOTAL	1	-	1	-

1.3. Daños sufridos por la aeronave

A consecuencia del accidente, se produjeron daños importantes en la aeronave:

- Varias roturas y deformaciones en ambos planos y en el fuselaje.
- Rotura del tren de aterrizaje delantero.
- Deformación de la cabina.

1.4. Otros daños

A consecuencia del impacto de la aeronave contra la línea eléctrica de baja tensión, se produjo una interrupción en el suministro eléctrico de la zona. No se produjo ningún corte en los cables del tendido eléctrico, pero sí un cortocircuito que provocó que algunos usuarios se quedasen sin suministro eléctrico durante unas horas.

1.5. Información sobre el personal

El día del suceso, el piloto de la aeronave tenía 64 años.

Estaba en posesión de la licencia de piloto de ultraligero desde el 31-05-2000. Asimismo, estaba en posesión de la habilitación de multieje de ala fija hasta el 31-07-2023.

Tenía el reconocimiento médico clase LAPL en vigor hasta el 26-07-2023.

Hasta el día del accidente, el piloto llevaba acumuladas 794:17 horas de vuelo en total, todas ellas en el modelo ROAD AIR FLAMIGO. De las horas totales vuelo, 675 horas se corresponden con la aeronave con matrícula EC-DL3.

Los últimos vuelos que llevó a cabo con la aeronave EC-DL3 antes del accidente tuvieron lugar con fechas:

- 30-01-2022.
- 23-01-2022.
- 16-01-2022.

En todos ellos, el despegue y el aterrizaje se llevaron a cabo en el aeródromo del Club Aeronautic Catalunya (Sant Feliu de Buixalleu, Girona).

En base al logbook del piloto, había volado la aeronave con bastante frecuencia durante los últimos meses.

1.6. Información sobre la aeronave

1.6.1.- Características de la aeronave:

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| • Marca: | Road Air |
| • Modelo: | Flamingo |
| • Año de fabricación: | 2001 |
| • Número de serie: | 046 |
| • Masa máxima al despegue: | 358,95 kg |
| • Tipo de motor: | ROTAX 582 |
| • Información relativa al propietario | Privado |

La aeronave ROAD AIR FLAMINGO es una aeronave ultraligera de ala alta y biplaza, con los asientos dispuestos lado a lado y una estructura a base de tela y de tubos de acero de cromo molibdeno y de aluminio. La cabina está fabricada con fibra.

La aeronave tiene una envergadura de 9,98 metros, una longitud de 5,50 metros y una altura de 2,43 metros, con peso máximo al despegue de 358,95 kilos.

La aeronave estaba en posesión del certificado de aeronavegabilidad y del certificado de matrícula, emitidos respectivamente con fechas 23-07-2003 y 31-07-2003.

En el momento del accidente, la aeronave acumulaba 675 horas de vuelo.

1.6.2.- Características del motor:

La aeronave estaba equipada con un motor ROTAX 582 UL Mod.99. Se trata de un motor de dos tiempos con dos cilindros dispuestos en línea capaz de proporcionar una potencia de hasta 65 caballos. El motor fue fabricado el 23 de septiembre de 2004.

En el momento del accidente, el motor acumulaba 568 horas de funcionamiento en la aeronave. El piloto desconocía las horas de funcionamiento totales acumuladas el motor cuando se instaló en la aeronave accidentada.

Se destacan las siguientes características del motor:

- 2 carburadores.
- Bomba de combustible neumática.
- Sistema de refrigeración líquida.
- Cada uno de los pistones tiene 2 segmentos.
- La lubricación necesaria para el movimiento de los pistones por dentro de los cilindros se consigue gracias al aceite que se añade a la gasolina según las instrucciones del fabricante.
- El circuito de combustible tiene instalado un sistema de cebado. Se trata de un elemento que bombea manualmente gasolina desde la línea de combustible (en un punto entre la bomba de gasolina y el filtro) a la salida de cada carburador. Esto permite arrancar el motor cuando este está frío, ya que permite enriquecer la mezcla que llega al cilindro. En este motor en particular, el sistema de cebado actúa de forma que, al tirar de la manilla, se absorbe combustible de la línea principal y se almacena en un pequeño depósito del propio sistema de cebado, y cuando se empuja la manilla, se bombea esa gasolina hacia los carburadores, pasando previamente por un distribuidor tipo "T" que distribuye esta gasolina a la salida de ambos carburadores.

1.6.3.- Mantenimiento llevado a cabo sobre la aeronave

Los últimos trabajos de mantenimientos sobre la aeronave fueron llevados a cabo por parte de la empresa DIVERVOLT, S.L., con fechas 13-10-2019 y 06-03-2018 respectivamente, en el hangar-taller del mismo aeroclub.

A continuación, se muestran las tareas más relevantes reflejadas en las respectivas facturas llevadas a cabo en dichas fechas:

- Trabajos realizados el 13-10-2019 con 620 horas de vuelo de la aeronave:
 - Cilindros y pistones
 - Rectificado cilindros
 - 1ª sobremedida de pistones
 - Carburadores
 - Goma de admisión
 - Aguja
 - Chiclé ralentí, chiclé aguja, y chiclé principal
 - Junta cubeta
 - Válvula de aguja
 - Junta tórica tornillo aire carburador
 - Otros
 - Bujías
- Trabajos realizados el 06-03-2018 con 577,60 horas de vuelo de la aeronave:
 - Juego de juntas básico
 - Bujías
 - Goma admisión carburador
 - Tubo gasolina 6 mm
 - Tubo gasolina sistema de cebado

Asimismo, el piloto indicó que las bujías se cambiaron por última vez cuando la aeronave acumulaba 670 horas de vuelo.

1.6.4.- Directrices prescritas por el fabricante del motor de interés para la investigación:

- En relación con la instalación de la bomba de combustible:

La bomba de combustible debe instalarse con el orificio de ventilación hacia abajo, dado que por este agujero se drena el aceite que se condensa en la cámara del diafragma de la bomba de combustible.

- En relación con el combustible y aceite a usar:

El fabricante del motor indica en los distintos manuales el uso de una mezcla de gasolina y aceite con una proporción de 50:1 (concentración de aceite del 2%).

Admite el uso de gasolina de automoción y de gasolina de aviación.

En cuanto al aceite, el fabricante del motor indica que se use un aceite específico para motor de 2 tiempos con clasificación API-TC.

- En relación con el mantenimiento del motor:
 - Se deben llevar a cabo inspecciones periódicas de mantenimiento cada 12,5 horas, cada 100 horas, cada 150 horas y sus múltiplos.
 - Si el motor acumula menos de 100 horas en un año, se debe llevar a cabo una revisión de 100 horas (revisión anual).
 - Se listan a continuación una serie de tareas y su frecuencia de interés para la investigación:

Tarea	Frecuencia
Reemplazar las bujías	Cada 25 horas
Comprobar, limpiar y reajuste de los carburadores (ralentí, tensión de los cables...)	Cada 50 horas 2 horas después de la tarea
Inspeccionar la cabeza del cilindro y del pistón.	Cada 50 horas
Inspeccionar que los segmentos se pueden mover libremente.	Cada 50 horas
Reemplazar agujas del carburador	Cada 150 horas
Comprobar los flotadores del carburador	Cada 150 horas
Inspeccionar diámetro del cilindro	Cada 150 horas
Inspeccionar el hueco en los segmentos	Cada 150 horas
Inspeccionar la holgura axial de los segmentos	Cada 150 horas
Comprobar el diámetro del cilindro	Cada 150 horas
Comprobar la redondez del cilindro	Cada 150 horas

- Las instrucciones del manual de mantenimiento pesado incluyen lo siguiente respecto a la inspección del pistón:

INSPECTION

PISTON - INSPECTION

Step	Procedure
1	Remove carbon residues from piston rings grooves and from the piston crown. NOTE <i>Use only plastic scrapers or plastic media to clean pistons.</i>
2	Check pistons for cracks, seizure or scuffing marks. Visually inspect ring securing pins and groove for piston pin circlip.



Figure 6.10: Carbon residues

Figura 2 – Extracto del manual de mantenimiento pesado (1).

Por lo que, para descarbonizar correctamente el motor, no sirve solamente con quitar la carbonilla de la cabeza del pistón. También hay que quitar los segmentos del pistón y limpiar por dentro de las ranuras donde van instalados.

- Tras la inspección y sustitución de piezas del carburador y su posterior montaje, se indica en el manual de mantenimiento que se compruebe que la válvula de paso de gasolina a la cubeta del carburador cierre correctamente. Si durante la prueba se comprueba que no cierra correctamente, este hecho puede conllevar que el carburador se desborde.

CARBURETOR TEST

Float needle valve leakage check

This check is carried out to ensure that the float valve seat is not leaking.

If the pressure is not maintained, pay particular attention during disassembly to the float valve with the Viton tip and the seat in the carburetor housing

Step	Procedure
1	Turn the carburetor upside down, allowing gravity and the floats to hold the float needle closed.

2	Connect pressure source (1) to the carburetor fuel supply line (2) and apply approx. 0.4 bar (5.8 psi.) of pressure.
3	The pressure must be maintained for about 5 seconds. NOTE <i>If pressure drops, this indicates leakage which may cause fuel overflow and in consequent engine damage due to hydraulic lock. Replacement of the float valve seat is not permissible.</i>

Figura 3 – Extracto del manual de mantenimiento pesado (2).

1.7. Información meteorológica

Por un lado, según indicó en la entrevista, el piloto obtuvo la información meteorológica a través de varias aplicaciones para el teléfono móvil. La información que recabó para el día del vuelo mostró unas condiciones favorables para su realización.

Por otro lado, la información meteorológica proporcionada por la AEMET para día del accidente se muestra a continuación:

- El mapa de baja cota del 6 de febrero de 2022 a las 12 UTC (periodo de validez desde las 9 UTC hasta las 15 UTC) reflejaba, en el área del accidente, una nubosidad con cobertura BKN (5 a 8 octas) o OVC (8 octas, cubierto), con base situada entre los 015 y 040 y cuya cima entre los niveles 025 y 060.

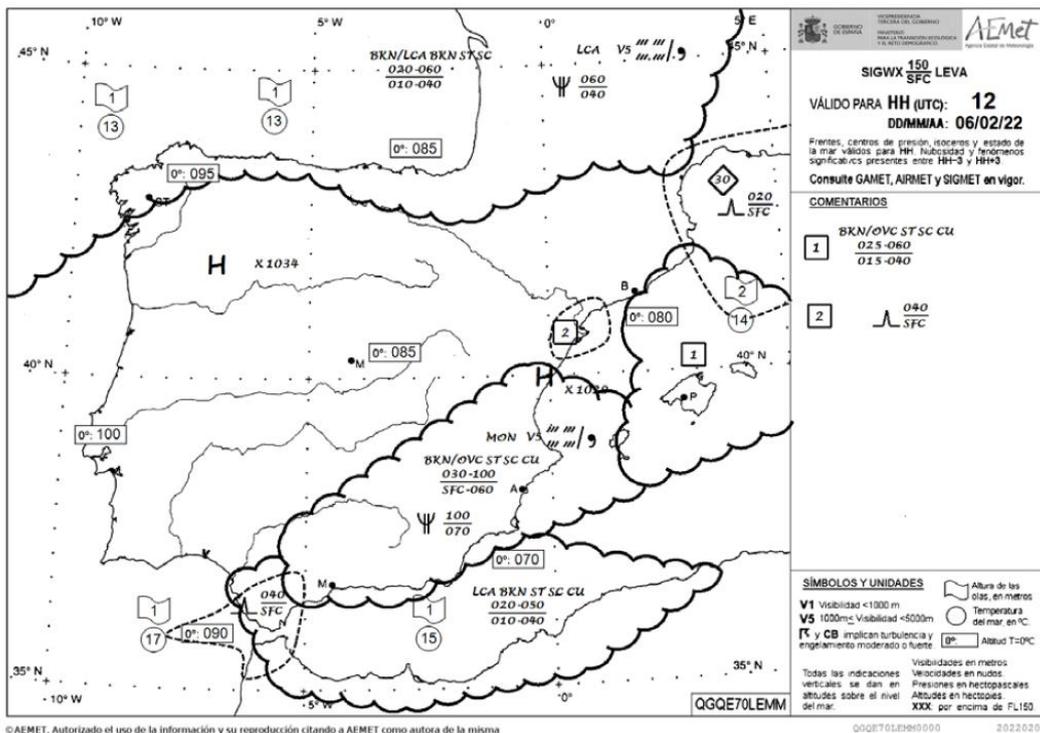


Figura 4 – Mapa de baja cota proporcionado por la AEMET.

- Las observaciones efectuadas por la Estación Meteorológica Aeronáutica del aeropuerto de Girona (a 20 kilómetros de la ubicación del accidente) indicaban que el viento no superó los 5 kt en ninguno de los reportes y la dirección fue entre variable y de componente N, y que la nubosidad era escasa.

1.8. Ayudas para la navegación

No aplicable.

1.9. Comunicaciones

No aplicable.

1.10. Información de aeródromo

El aeródromo desde el cual despegó la aeronave accidentada (y en el cual tiene su base) está catalogado por el departamento de Transporte y Movilidad de la Generalitat de Catalunya como campo de vuelo. Este campo de vuelo es de carácter privado, siendo el gestor y el operador de este el Club Aeronautic Catalunya.

El campo de vuelo está situado en el término municipal de Sant Feliú de Buixalleu (Girona). Dispone de una pista de hierba de 250 metros de longitud, con denominación 13-31. La elevación del campo es de 82 msnm.



Figura 5 – Vista del aeródromo del Club Aeronautic Catalunya

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave no estaba equipada con registrador de datos de vuelo o registrador de la voz en el puesto de pilotaje por no exigirlo la reglamentación aeronáutica pertinente.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave

Cuando se accedió al lugar del accidente, la aeronave estaba precintada por los Mossos, manteniendo la misma posición que tenía tras el accidente.

La aeronave se encontraba invertida, apoyada sobre el conjunto motor-hélice, sobre el estabilizador vertical y sobre el borde de ataque de los planos:



Figura 6 – Estado de la aeronave tras el accidente (1).

Se destacan a continuación los siguientes puntos:

- El tren de aterrizaje delantero se encontraba roto y desprendido.
- Una de las riostras del plano derecho presentaba una fuerte deformación.
- La cabina se encontraba doblada sobre sí misma hacia adentro. Existían roturas y signos de roce en la zona inferior, a la altura de la rueda de morro. Además, la zona del tren de aterrizaje delantero estaba hundida hacia adentro.
- Las tres palas de la hélice apenas presentaban daños.
- La parte derecha de la aeronave presentaba más daños que la zona izquierda. En particular, se podía apreciar una de las riostras con una fuerte deformación, y el tubo del borde de salida del semiala izquierda se había partido en la zona más cercana al fuselaje
- Durante el desmontaje y traslado del motor al vehículo del equipo investigador, se desprendió uno de los tubos del sistema de cebado. En particular, aquel que une el sistema de cebado a la línea de combustible.
- Se comprobó que no se había desprendido ningún elemento antes del impacto.
- Se comprobó que había continuidad en el mando de gases.
- Se observó que la llave de gasolina situada a la salida del depósito estaba abierta.
- Se observó que había gasolina en el filtro existente a la entrada de los carburadores.
- Se observó que no había combustible en el depósito. No obstante, la aeronave sí que tenía gasolina en el depósito en el momento del accidente, en base a una fotografía tomada por los Mossos que acudieron a la llamada de emergencia:



Figura 7 – Estado de la aeronave tras el accidente (2).

1.13. Información médica y patológica

No hay información relativa.

1.14. Incendio

No se encontraron rastros de incendio en vuelo o después del impacto.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

Debido al impacto, el habitáculo de cabina no mantuvo su integridad estructural, quedando doblado sobre sí mismo hacia adentro.

Los atalajes y sistemas de retención realizaron correctamente su función, minimizando los daños físicos al piloto. Asimismo, el piloto llevaba puesto el casco, minimizando las lesiones sufridas.

En base a la información proporcionada por los bomberos que acudieron al lugar del accidente, a su llegada se encontraron al único ocupante de la aeronave fuera de la misma, acompañado de la policía local de Sant Feliu de Buixalleu. El piloto presentaba dolor torácico y una fuerte contusión en la rodilla, pero estaba consciente y orientado. No obstante, por precaución, se decidió trasladarle en helicóptero medicalizado a un hospital cercano.

1.16. Ensayos e investigaciones especiales

Tras la inspección de los restos en el lugar del accidente, se desinstaló el motor de la aeronave y se procedió a su desmontaje e inspección en un taller especializado.

A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes:

1.16.1. Aspectos generales:

- El aspecto general del motor era bueno. No se observaron anomalías en el escape, culata, cárter ni en ninguna otra parte del bloque.
- El cigüeñal giraba correctamente aplicándole un esfuerzo coherente con la existencia de compresión en los cilindros.
- La válvula rotativa de admisión estaba en buenas condiciones. La calibración de esta era correcta.
- El sistema de refrigeración y de lubricación no presentaban anomalías.
- Existía una holgura adecuada en el conjunto bulón-pistón-biela en ambos cilindros.

1.16.2. Bujías

- Las bujías del cilindro PTO estaban ennegrecidas y algo mojadas.
- Las bujías del cilindro MAG presentaban un color blanquecino.



Figura 8 - Bujía del cilindro MAG



Figura 9 - Bujía del cilindro PTO

1.16.3. Sistema de combustible

- La bomba de combustible estaba mal montada, dado que su posición adecuada es en horizontal, de manera que el orificio de drenaje quede en la parte inferior. Tras desmontarse, se comprobó que había algo de gasolina en su interior. Presentaba una buena apariencia. No se encontraron anomalías.
- El filtro situado entre el depósito y la bomba de combustible estaba limpio y era adecuado.
- El circuito de combustible estaba bien dispuesto. Se observó la instalación adecuada de los conductos de entrada y salida de la bomba. Las tuberías de combustible no mostraban signos de deterioro apreciable. No se observó signo de que estuvieran obstruidas.
- Uno de los tubos del sistema de cebado estaba roto.

1.16.4. Carburadores

- Se comprobó en ambos carburadores que las juntas y los manguitos de unión con su respectivo colector de admisión estaban en buen estado.
- Se comprobó que había gasolina en la cubeta de ambos carburadores:
 - Había una cantidad considerable de gasolina en la cubeta del carburador MAG a pesar de haber estado invertido varios días.
 - Apenas había gasolina en la cubeta del carburador PTO.
- No se apreció contaminación en la gasolina. Se observó una coloración en la gasolina coherente con la presencia de aceite.
- Los flotadores de ambos carburadores funcionaban correctamente.
- El anillo de retención de la aguja del chicle principal estaba en la posición 3 en ambos carburadores.
- La junta elastomérica de la cubeta estaba en buenas condiciones.
- Se comprobó mediante un manómetro que la válvula de paso de gasolina a la cubeta del carburador no cerraba bien en ninguno de los dos carburadores.

1.16.5. Pistones y cilindros

- Pistón-cilindro PTO
 - El segmento inferior del pistón PTO tenía su movimiento parcialmente impedido, sin poderse mover del todo libremente. Este segmento estaba introducido en el interior de su ranura (pegado al cuerpo del pistón) en una tercera parte del perímetro del pistón, aproximadamente. Se observó carbonilla en la ranura de este segmento, especialmente en las zonas en las que el segmento estaba introducido en el interior de su ranura.
 - El segmento superior se movía más libremente que el segmento inferior, aunque también con cierta dificultad. Se observó también carbonilla en su ranura.
 - Se observó la presencia de carbonilla en la cabeza del pistón.
 - Se observaron unos primeros síntomas de que el pistón se estaba empezando a agarrotar en el interior del cilindro, consistentes en unas trazas en el cuerpo del pistón y en las paredes del cilindro.
 - El pistón se correspondía con el apropiado para el primer rectificado del cilindro de acuerdo con el IPC.
 - Los segmentos tenían un perfil de acuerdo con el manual (rectangular el segmento inferior, semi trapezoidal el superior).



Figura 10 – Pistón PTO, detalle segmentos (1)



Figura 11 – Pistón PTO, detalle segmentos (2)



Figura 12 – Cabeza pistón PTO



Figura 13 – cilindro PTO



Figura 14 – Pistón PTO, detalle ranuras (1)



Figura 15 – Pistón PTO, detalle ranuras (2)

- Pistón-cilindro MAG

- El segmento inferior del pistón MAG tenía su movimiento totalmente impedido, sin poderse mover libremente. Este segmento estaba introducido en el interior de su ranura (pegado al cuerpo del pistón) en la mitad del perímetro del pistón, aproximadamente. Se observó carbonilla dentro la ranura de este segmento, especialmente en las zonas en las que el segmento estaba introducido en el interior de la ranura.
- El segmento superior se podía mover más libremente que el segmento inferior, aunque también con cierta dificultad. Se observó también carbonilla dentro la ranura de este segmento.
- Apenas había carbonilla en la cabeza del pistón en comparación con el pistón PTO.
- Se observaron evidencias de que el pistón se había agarrotado en el interior del cilindro.
- El pistón se correspondía con el apropiado para el primer rectificado del cilindro de acuerdo con el IPC.
- Los segmentos tenían un perfil de acuerdo con el manual (rectangular el segmento inferior, semi trapezoidal el superior).



Figura 16 – Pistón MAG, detalle segmentos (1)



Figura 17 – Pistón MAG, detalle segmentos (2)



Figura 18 – Cabeza pistón MAG



Figura 19 – Cilindro MAG



*Figura 20 – Pistón MAG, detalle ranuras
(1)*



*Figura 21 – Pistón MAG, detalle ranuras
(2)*

1.17. Información organizativa y de dirección

No aplicable.

1.18. Información adicional

En cuanto al combustible utilizado, el piloto facilitó la siguiente información:

- Usa gasolina sin plomo de 95 octanos, con mezcla de aceite al 2%. La mezcla la hace el mismo día del vuelo y en un bidón de plástico homologado para gasolina. El aceite que utiliza es de marca MOTUL 800, sintético. Según la ficha del fabricante, se trata de un aceite para motores de dos tiempos con certificación API TC.
- Usa, además un aditivo especial para motores de dos tiempos (MECA RUN P-18), el cual mezcla juntamente con el aceite y en el momento del repostaje de la gasolina.

En cuanto a la frecuencia de descarbonización, el piloto indicó que la descarbonización la suele realizar cada 70 - 80 horas.

1.19. Técnicas de investigación especiales

No aplicable.

2. ANÁLISIS

A continuación, se analizarán los siguientes aspectos:

- Análisis del mantenimiento llevado a cabo sobre el motor.
- Análisis de la parada de motor

2.1. Análisis del mantenimiento llevado a cabo sobre el motor

La aeronave acumulaba un total de 675 horas de vuelo el día del accidente.

El último mantenimiento se hizo el 13-10-2019, cuando la aeronave acumulaba un total de 620 horas de vuelo.

El penúltimo mantenimiento se hizo el 06-03-2018, cuando la aeronave acumulaba un total de 577,60 horas de vuelo.

De esta forma, se tiene el siguiente diagrama:



Por lo que, en base a lo indicado en el punto 1.6.4, el motor debería haberse sometido a una revisión de mantenimiento anual en octubre de 2020 y en octubre de 2021, y, además, al haber superado las 50 horas desde la última revisión, una revisión de 50 horas.

Por lo tanto, en el día del accidente, el motor tenía pendientes de hacer, entre otras, las siguientes tareas de mantenimiento:

Tarea	Frecuencia
Comprobar, limpiar y reajuste de los carburadores (ralentí, tensión de los cables...)	Cada 50 horas 2 horas después de la tarea
Inspeccionar la cabeza del cilindro y del pistón.	Cada 50 horas
Inspeccionar que los segmentos se pueden mover libremente.	Cada 50 horas

Dado que los trabajos de mantenimiento efectuados en 2019 contemplaban, entre otros:

- El desmontaje, inspección y recambio de piezas en los carburadores.
- Un rectificado de los cilindros y la instalación de los pistones correspondientes a la primera sobremedida.

se puede asumir que la mayoría de los trabajos de mantenimiento del punto 1.6.4 que tienen asignada una frecuencia de 150 horas se habían llevado a cabo, por lo que

probablemente estaban al día, pues habían transcurrido 55 horas desde su realización hasta el día del accidente.

Por otro lado, en base a lo encontrado durante la inspección del motor expuesto en el apartado 1.16, se considera muy probable que, respecto a la última revisión de mantenimiento llevada a cabo en 2019, los carburadores se instalaron en el motor con un mal funcionamiento de las válvulas de paso de combustible a las cubetas de los carburadores, ya que estas no cerraban correctamente.

2.2. Análisis de la parada de motor

2.2.1. Aspectos generales:

En primer lugar, había continuidad en el mando de gases, por lo que se descarta que la parada de motor viniera originada por un fallo mecánico en este sistema.

En segundo lugar, no se considera probable que la parada de motor se produjera por falta de aire, dado que se comprobó que los conductos de aire no tenían ninguna obstrucción y que la válvula rotativa funcionaba correctamente y estaba bien calibrada. Además, se comprobó el buen estado de los manguitos de conexión entre los carburadores y los colectores de admisión.

En tercer lugar, tampoco se considera que la falta de ignición contribuyera a la parada de motor, dado que no se encontraron evidencias de fallo en ninguno de sus componentes.

En cuarto lugar, con relación a algunos de los componentes del sistema de combustible:

- No se considera que la rotura de uno de los tubos del sistema de cebado haya influido en la parada de motor debido a lo explicado anteriormente sobre este elemento en cuanto a disposición y funcionamiento en el punto 1.6.2.
- No se considera que el montaje incorrecto de la bomba de combustible influyera en el accidente, ya que, al desmontarse, se comprobó que la bomba no estaba ahogada y que, además, había gasolina en las cazoletas de los carburadores.
- El hecho de que fuera el primer vuelo del día, unido a que se llevó a cabo un rodaje largo desde plataforma, a la temperatura ambiente existente, a la refrigeración líquida en los cilindros, y al calentamiento de motor previo al vuelo, descarta el fenómeno de vapor lock. Además, el motor no está carenado y está situado en la zona más alta de la aeronave, favoreciendo su refrigeración.
- En base a la inspección llevada a cabo sobre el motor, no se considera probable que la parada de motor se haya originado por la obstrucción en alguno de los elementos del sistema de combustible.

2.2.2. Carburadores

Se considera que el hecho de que la válvula de paso de gasolina al interior de la cubeta de ambos carburadores no funcionara correctamente probablemente provocó que los carburadores se llenaran por encima del nivel establecido. Consecuentemente, se considera que la mezcla era más rica de lo normal en ambos cilindros.

2.2.3. Agarrotamiento de los pistones en el interior de los cilindros

No se considera que el agarrotamiento observado en el cilindro MAG y los atisbos de agarrotamiento observados en el cilindro PTO fueran debidos a falta de aceite en la gasolina. Asimismo, el aceite utilizado por el piloto cumple con las características prescritas por el fabricante.

La situación en la que se encontraron los segmentos en ambos pistones indica que estos habían perdido su funcionalidad al no poderse mover libremente, en mayor o menor medida.

Se considera que esta pérdida de funcionalidad de los segmentos fue el motivo que propició que el pistón MAG comenzara a rozar de manera excesiva con la pared del cilindro, dado que los segmentos tienen que sobresalir y poder girar libremente para que puedan realizar correctamente sus cometidos. Si los segmentos se quedan pegados en el interior de su ranura, entonces, entre otras consecuencias, no cumplen correctamente su misión de evacuar el calor del pistón al cilindro, provocando una dilatación excesiva del pistón, y, consecuentemente, el roce directo entre el pistón y la pared del cilindro y no a través de los segmentos, lo cual genera un gran calor en el interior del cilindro.

La alta temperatura alcanzada en el interior del cilindro MAG explicaría que hubiera bastante menos carbonilla en la cabeza de este pistón que en la del pistón PTO, puesto que la alta temperatura alcanzada en el cilindro MAG habría hecho que la carbonilla se desintegrara.

Por otro lado, la pérdida de funcionalidad de los segmentos en el pistón PTO no llegó a provocar un agarrotamiento como el que se encontró entre el pistón y el cilindro MAG. No obstante, sí que se pudo observar un principio de agarrotamiento. Se considera que la temperatura alcanzada en el interior del cilindro todavía no había sido lo bastante alta para quemar la carbonilla encontrada en la cabeza del pistón PTO.

Se considera que lo más probable es que los segmentos perdieran su funcionalidad debido a la carbonilla acumulada en el interior de las ranuras de los segmentos. Dado que en el último mantenimiento llevado a cabo se rectificaron los cilindros y se instalaron los pistones correspondientes a esta primera sobremedida, se puede asumir que la carbonilla encontrada no se venía arrastrando de operaciones anteriores, sino que se fue generando desde esta última actuación de mantenimiento.

El agarrotamiento encontrado no implicó que el cilindro y pistón se quedaran unidos de forma permanente (gripaje), ya que, cuando se enfrió el conjunto, se podía girar el cigüeñal.

2.2.4. Bujías

El color negro y aspecto grasiento encontrado en las bujías del cilindro PTO sugiere que, o bien el motor estaba frío y no quemaba bien debido a una mezcla demasiado rica, y/o bien que la gasolina tenía una mayor proporción de aceite del debido. Por lo tanto, aunque había poca gasolina en la cazoleta del carburador PTO, debido al estado de las bujías, se puede asumir que existía combustión en el interior del cilindro PTO, y probablemente, de mezcla rica.

Por otro lado, el aspecto blanquecino encontrado en las bujías del cilindro MAG sugiere que, o bien la mezcla era pobre de combustible en el cilindro (lo cual conllevaría un sobrecalentamiento del cilindro), o, directamente, que el cilindro estaba muy caliente. Se considera que lo más probable es que el aspecto blanquecino en las bujías en el cilindro MAG era resultado de un exceso de temperatura en el interior del cilindro debido al excesivo rozamiento pistón-cilindro que propició el posterior agarrotamiento.

2.2.5. Conclusiones sobre la parada de motor

Debido al incorrecto reglaje de los carburadores encontrado durante la inspección del motor, el cual fue efectuado 55 horas antes del accidente, se considera que lo más probable es que el motor estuviera funcionando con mezcla rica en ambos cilindros desde, al menos, la última revisión de mantenimiento llevada a cabo.

En estas condiciones de mezcla rica el motor puede seguir funcionando, si bien, entre otras cosas, consumiría más combustible del habitual y generaría también más carbonilla de la habitual (una mayor presencia de combustible no quemado en el interior del cilindro por combustión incompleta implicaría la generación de más carbonilla).

Se considera que, en un momento dado, los segmentos de los pistones fueron perdiendo su funcionalidad al quedarse pegados en mayor o menor medida en el interior de sus respectivas ranuras impidiendo su libre movimiento, debido a los depósitos de carbonilla existentes en dichas ranuras, probablemente excesivos para 55 horas funcionamiento, debido a una mezcla rica en el interior del cilindro.

Esta pérdida de funcionalidad de los segmentos provocaron una pérdida de la efectividad en la evacuación del calor desde los pistones hacia los cilindros, con la consiguiente dilatación excesiva de los pistones, y el consecuente contacto directo entre los pistones y su respectivo cilindro, provocando un aumento de la temperatura en el interior del cilindro.

En este escenario, el pistón MAG acabó agarrotándose en el interior del cilindro, provocando una parada repentina del motor, lo cual es compatible con la información proporcionada por el piloto de que el motor se paró súbitamente.

Por último, si el mantenimiento del motor hubiera estado al día, cinco horas antes del accidente se habrían revisado, entre otras cosas, el correcto estado de los segmentos y el correcto funcionamiento de los carburadores. Por lo tanto, se considera que, si se hubiera hecho el mantenimiento correspondiente cinco horas antes del accidente, probablemente se hubieran encontrado indicios de un incorrecto funcionamiento de estos elementos, habiendo hecho las reparaciones necesarias que habrían evitado la parada del motor.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Constataciones

- El motor no estaba al día en cuanto al mantenimiento programado.
- Los segmentos de ambos pistones no podían moverse libremente.
- Se observó carbonilla en el interior de las ranuras de los segmentos.
- Las válvulas de paso de combustible a las cubetas de ambos carburadores no cerraban correctamente.
- El pistón MAG presentaba síntomas de agarrotamiento en el interior del cilindro.

3.2. Causas / Factores contribuyentes

La investigación ha determinado que la causa probable del accidente fue el aterrizaje en emergencia, en terreno no preparado debido a la parada del motor durante el ascenso inicial en el despegue debido a la pérdida de funcionalidad de los segmentos en ambos pistones, lo cual generó un agarrotamiento del pistón MAG en el interior de su cilindro.

Se considera como factores contribuyentes:

- El hecho de que el motor no estaba al día en cuanto al mantenimiento prescrito por el fabricante del motor.
- El hecho de que el motor trabajara con mezcla demasiado rica desde, al menos, la última revisión de motor por un incorrecto cierre de las válvulas de paso de combustible a las cubetas de los carburadores, lo cual provocó que el motor no operara adecuadamente y que se generase un exceso de carbonilla.

4. RECOMENDACIONES

No se emiten recomendaciones de seguridad.