Informe técnico
A-004/2021

Accidente ocurrido el día 7 de marzo de 2021, a la aeronave SCHLEICHER modelo ASK 13, matrícula EC-NHC, en el aeródromo de El Tiétar (Toledo)

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 de informe final por el informe maquetado.

MINISTERIO DE TRANSPORTES, MOVILIDAD Y AGENDA URBANA

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

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. 5.5 del Reglamento (UE) n.° 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, 4 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.

INDICE

Advertencia....iii
INDICE iv
ABREVIATURAS v
Sinopsis 6
1. INFORMACION SOBRE LOS HECHOS 7
1.1. Reseña del accidente 7
1.2. Lesiones a personas 10
1.3. Daños sufridos por la aeronave 10
1.4. Otros daños 10
1.5. Información sobre el personal 10
1.6. Información sobre la aeronave 11
1.7. Información meteorológica 15
1.8. Ayudas para la navegación 15
1.9. Comunicaciones 15
1.10. Información de aeródromo 16
1.11. Registradores de vuelo 16
1.12. Información sobre los restos de la aeronave 16
1.13. Información médica y patológica 18
1.14. Incendio 18
1.15. Aspectos relativos a la supervivencia 18
1.16. Ensayos e investigaciones especiales 18
1.17. Información organizativa y de dirección 22
1.18. Información adicional 24
1.19. Técnicas de investigación especiales 24
2. ANALISIS 25
3. CONCLUSIONES 29
3.1. Constataciones 29
3.2. Causas/factores contribuyentes 29
4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL 30

ABREVIATURAS

° ‘ “	Grado, minuto y segundo sexagesimal
°C	Grado centígrado
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
C_{D0}	Coeficiente de resistencia parásita
cm^3	Centímetro cubico
CV	Caballo de vapor
ETSIAE	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio
ft	Pie
h	Hora
K	Coeficiente de resistencia inducida
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
km/h	Kilómetro por hora
kN	Kilonewton
kt	Nudo
LAPL	Licencia de piloto de aeronave ligera
lb	Libra
LETI	Indicador OACI del aeródromo de El Tiétar
m	Metro
mm	Milímetro
m^2	Metro cuadrado
MHz	Megahercio
mph	Milla por hora
N	Newton
N	Norte
NO	Noroeste
OACI	Organización de Aviación Civil Internacional
QFE	Presión atmosférica a la elevación del aeródromo (o en el umbral de la pista)
rpm	Revoluciones por minuto
SAIL	Habilitación de planeador/motovelero
SE	Sureste
SPL	Licencia de piloto de planeador
UTC	Tiempo universal coordinado
VFR	Reglas de vuelo visual
W	Oeste

Sinopsis

Propietario y operador de la aeronave:	Privado
Aeronave:	SCHLEICHER ASK 13, matrícula EC-NHC
Fecha y hora del accidente:	Domingo 7 de marzo de 2021, 12:43 h[1]
Lugar del accidente:	Aeródromo de El Tiétar (LETI, Toledo)
Personas a bordo:	2, fallecidos
Tipo de vuelo:	Aviación general - Privado
Fase de vuelo:	Despegue
Reglas de vuelo:	VFR
Fecha de aprobación:	28 de septiembre de 2022

Resumen:

El domingo 7 de marzo de 2021, a las 12:43 hora local, la aeronave SCHLEICHER ASK 13, con matrícula EC-NHC, se precipitó contra el terreno durante el despegue por la pista 04 del aeródromo de El Tiétar.

El piloto y un acompañante se disponían a realizar un vuelo local de corta duración. Durante la maniobra de despegue, realizado mediante torno ubicado en el umbral opuesto de la pista, y cuando la aeronave se encontraba a poco más de 100 m de altura, se produjo una suelta prematura del cable. A continuación, la aeronave se precipitó contra el terreno en una actitud prácticamente vertical en las proximidades de la pista.

Los dos ocupantes de la aeronave fallecieron y la aeronave resultó destruida.

La investigación ha determinado que la causa del accidente fue la pérdida de control de la aeronave por la no ejecución del procedimiento de emergencia tras la suelta prematura del cable de remolcado.

Se emite una recomendación de seguridad.

[1] Hora local. Para obtener la hora UTC es necesario restar 2 h a la hora local. Salvo indicación en contra, todas las horas del presente informe se expresan en hora local.

1. INFORMACION SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del accidente

El día 7 de marzo de 2021 la aeronave SCHLEICHER ASK 13, con matrícula EC-NHC, despegó de la pista 04 del aeródromo de El Tiétar para realizar un breve vuelo local que debía consistir en un circuito de tráfico a izquierdas para aterrizar por la pista 04. A bordo de la aeronave iban el piloto y un acompañante. El vuelo del accidente era el tercero que realizaba el piloto ese mismo día en la misma aeronave y los tres con idénticas intenciones. Esa misma mañana otro piloto había realizado dos vuelos similares en la misma aeronave.

El remolque de la aeronave para el despegue se realizó mediante un torno, propiedad del Aeroclub del Tiétar, instalado en la zona de hierba a la izquierda de la cabecera 22 de la pista. El procedimiento de remolcado con torno que se empleaba era el mismo que el del Club de vuelo Clavileño[2].

Según declaraciones del jefe de pista[3] del aeródromo de El Tiétar, éste presenció cómo el piloto realizó la inspección prevuelo en la plataforma con resultado satisfactorio. Poco después situaron la aeronave en la cabecera de la pista 04, se hicieron las comprobaciones pertinentes y comenzaron con el remolque. El jefe de pista se aseguró de que la argolla de enganche del cable a la aeronave estuviera correctamente acoplada y previamente realizó una inspección visual de los elementos de la línea de tracción, sin encontrar anomalías.

En su declaración, el jefe de pista calculó que el remolque (hasta la suelta del cable) duró poco más de 10 segundos y que la aeronave hizo un recorrido en tierra normal, realizando una rotación limpia y suave seguida de un ascenso también normal, realizando una trepada[4] conservadora. En su opinión el piloto era prudente y no realizaba trepadas agresivas, innecesarias para realizar este tipo de vuelos en los que no se necesita ganar una gran altura. Durante el ascenso la aeronave se fue desplazando a la izquierda del eje de pista algunos metros (estima unos 40-50 m), pero no le llamó la atención, ya que había viento que incidía en la aeronave por su derecha.

El jefe de pista declaró que cuando la aeronave se encontraba a poco más de 100 m sobre el suelo, según su estimación, vio abrirse el paracaídas del cable, señal inequívoca de que el cable y la aeronave ya no seguían conectados. La maniobra esperable era bajar el morro para aterrizar inmediatamente, sin embargo, la aeronave mantuvo su actitud de morro arriba hasta que, breves instantes después, la aeronave dio un "*campanazo*", es decir, bajó el morro de forma abrupta y simétrica hasta ponerse en una actitud de 45º de morro abajo. En base a cómo fue el "*campanazo*" y al tiempo que transcurrió desde el desenganche, cree que el piloto no bajó el morro, sino que lo hizo la aeronave al entrar en pérdida. A continuación, vio una recuperación de morro arriba hacia una posición de línea de vuelo, e

[2] El Club de vuelo Clavileño es un club de vuelo en planeador con base en el aeródromo de La Mancha (Toledo).

[3] Se encontraba en la cabecera 04 de la pista y asistió a la aeronave para su despegue.

[4] Trepada es el término que se utiliza en el despegue mediante torno para nombrar el ascenso inicial.

inmediatamente después la aeronave inició un viraje a izquierdas, pues desde su posición en el umbral 04 llegó a ver la parte lateral izquierda de la aeronave. A continuación, la aeronave ejecutó una caída casi vertical en actitud morro abajo girando alrededor de su eje longitudinal dando una vuelta completa a izquierdas antes de impactar contra el terreno en actitud vertical.

En las siguientes figuras el punto 1 representa la posición del jefe de pista del aeródromo de El Tiétar, el 2 la rotación de la aeronave y el 3 la suelta del cable.

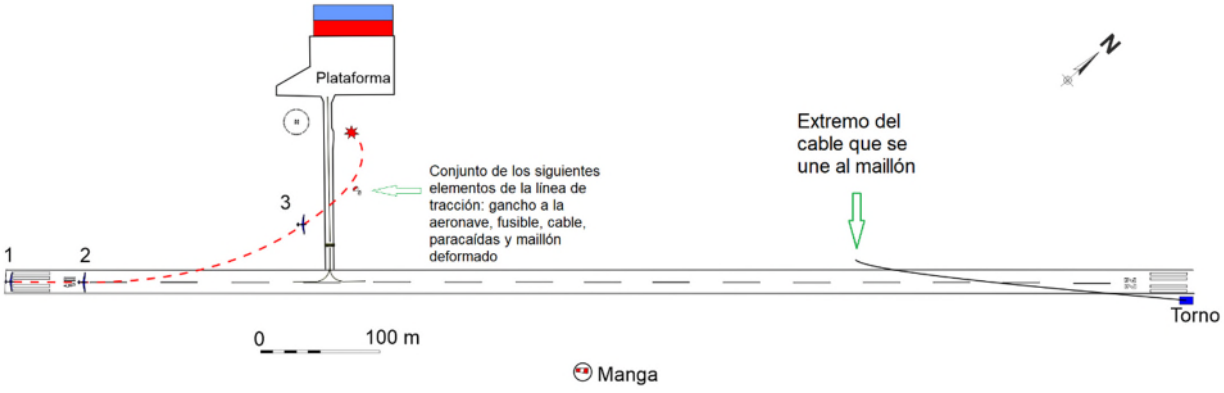

Fig. 1: Croquis general

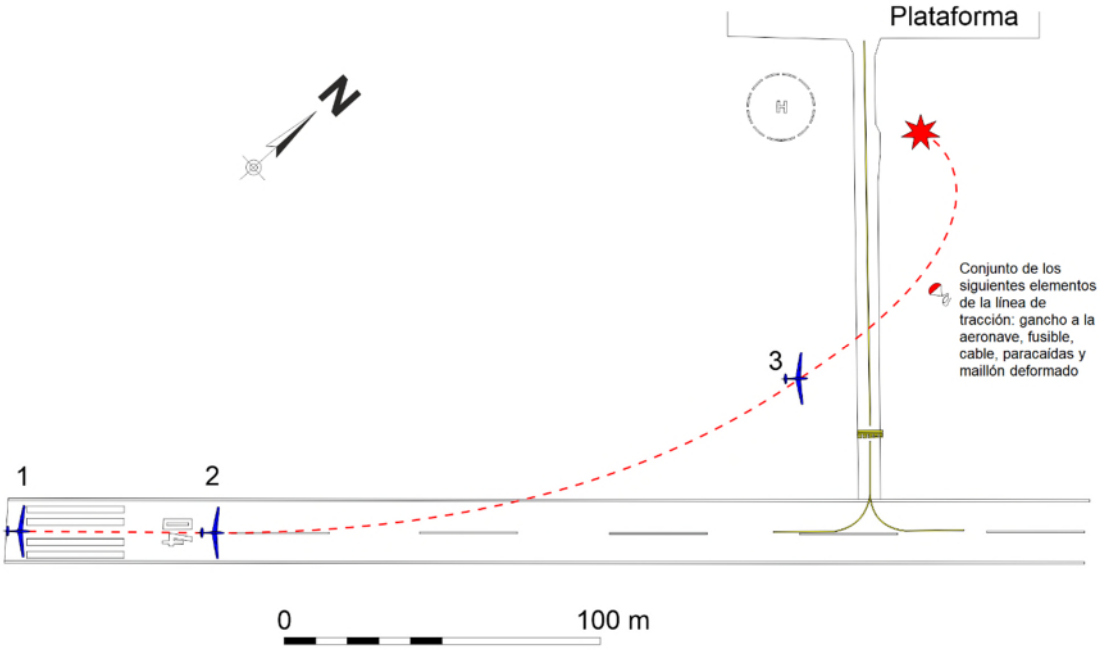

Fig. 2: Croquis en detalle

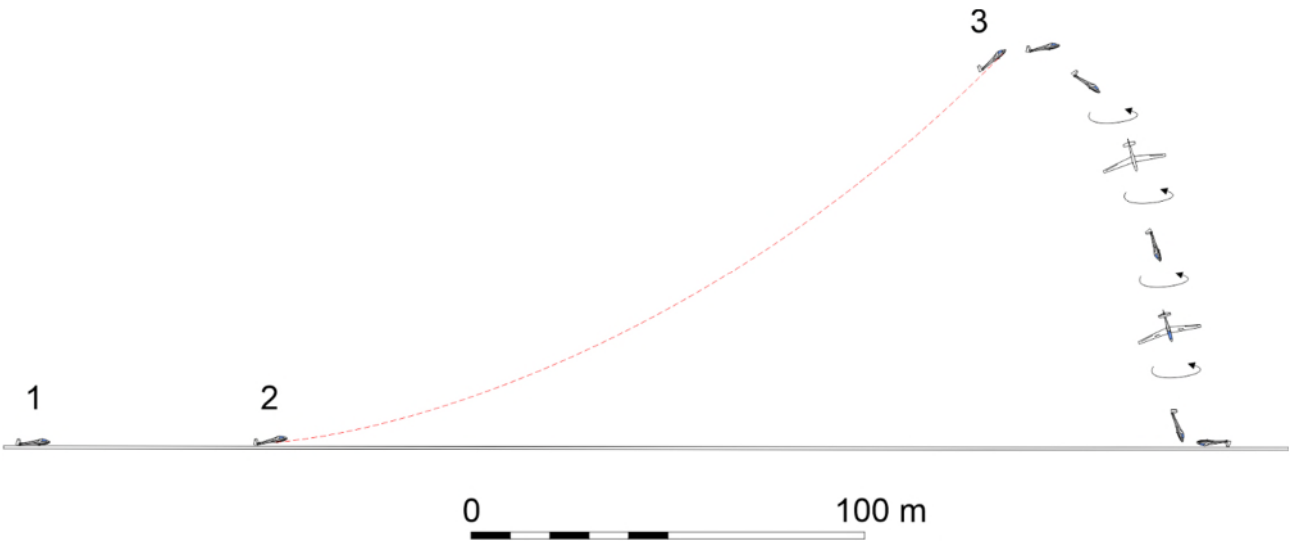

Fig. 3: Vista en alzado del desarrollo del vuelo

Tras el impacto contra el terreno, la aeronave quedó en posición invertida con el morro apuntando en sentido opuesto al de su línea de vuelo.

El piloto y el acompañante fallecieron a causa del impacto y la aeronave quedó destruida.

El operador de torno, ubicado en el umbral opuesto de la pista, esto es, el 22, calificó el despegue y trepada como normal, excepto por la suelta prematura del cable. A partir de este momento con el paracaídas visible reteniendo la caída del cable, focalizó su atención en la recuperación rápida del cable para que no estorbase a la aeronave en lo que debía suceder a continuación, que no era otra cosa que aterrizar por derecho. Por este motivo solicitó velocidad máxima al motor del torno para acelerar la recogida.

Sin embargo, de forma prácticamente instantánea, el operador del torno notó que éste comenzó a acelerarse sin carga, pues se había perdido la resistencia que el paracaídas genera. Entendió que algún elemento de la línea de tracción entre el paracaídas y el torno se había roto o soltado. A continuación, detuvo la recogida para evitar la formación de vueltas en el cable suelto.

Preguntado el operador de torno por la evolución del vuelo de la aeronave tras el desenganche del cable, manifestó que centró su atención en la recogida del cable para dejar el espacio lo más libre posible para que la aeronave descendiera y aterrizara, y no en la aeronave. Solamente la vio en los instantes previos al impacto, por lo que no pudo aportar más información.

Tras el accidente, cuando el operador de torno se desplazó hacia los restos de la aeronave, pudo comprobar como el cable de remolcado no estaba sujeto al maillón, y más adelante encontró el conjunto que va desde el maillón hasta el gancho a la aeronave con el maillón abierto y deformado.

1.2. Lesiones a personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Mortales	1	1	2	
Lesionados graves				
Lesionados leves				
Ilesos				
TOTAL	1	1	2	

1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave quedó destruida a causa del impacto.

1.4. Otros daños

No se produjeron daños de otro tipo.

1.5. Información sobre el personal

1.5.1 Información sobre el piloto.

El piloto, de 58 años de edad, tenía licencia de piloto de planeador (SPL) expedida por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) el 8 de abril de 2015, con habilitación de planeador/motovelero (SAIL) con la observación WINCH (remolque por torno) y sin fecha de caducidad. Su reconocimiento médico LAPL[5] estaba en vigor hasta el 11 de febrero de 2022.

Su experiencia total de vuelo era de 173:37 h, de las cuales había volado 56:38 h como piloto privado y 116:59 h como piloto de planeador. En el tipo de la aeronave accidentada el piloto había volado 4:35 h, realizadas entre el 27 de febrero de 2021 y el día del accidente.

[5] Reglamento (UE) 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011 (modificado en 2020) en su apartado MED.A.030:
c) Para el ejercicio de las atribuciones de: 1) una licencia de piloto de aeronave ligera (LAPL), una licencia de piloto de globo (BPL) expedida de conformidad con el anexo III (Parte BFCL) del Reglamento (UE) 2018/395 de la Comisión, o una licencia de piloto de planeador (SPL) expedida de conformidad con el anexo III (Parte SFCL) del Reglamento de Ejecución (UE) 2018/1976 de la Comisión, el piloto deberá estar en posesión, como mínimo, de un certificado médico para licencias LAPL válido.

En cuanto a la experiencia del piloto en despegues con torno, éste había realizado 208 despegues por este método.

1.5.2 Información sobre el operador de torno

El operador de torno, de 67 años de edad, ejercía de operador de torno desde 1995. Según la información proporcionada por el Club de vuelo Clavileño había realizado más de 1500 remolques.

El remolcado del vuelo del accidente era el quinto que realizaba ese día.

También es piloto de planeador con más de 1300 h de vuelo.

1.6. Información sobre la aeronave

La aeronave SCHLEICHER ASK 13, es un planeador de ala baja con capacidad para un piloto y un acompañante. En concreto, la aeronave EC-NHC fue fabricada en el año 1977 con número de serie AB 13433 y tenía un certificado de matrícula provisional expedido por AESA el 15 de febrero de 2021 y válido hasta el 1 de abril de 2021.

Sus características generales son las siguientes:

- Envergadura: 16 m
- Superficie alar: 17,5 m^2
- Longitud: 8,18 m
- Altura: 1,45 m
- Peso en vacío: 296 kg (652 lb)
- Peso máximo al despegue: 480 kg (1060 lb)
- Velocidad máxima de operación con torno: 62 mph (99 km/h)
- Velocidad de pérdida con 840 lb: 35 mph (56 km/h)
- Velocidad de pérdida con 1040 lb: 38 mph (61 km/h)
- Velocidad de aproximación: 50 - 55 mph (80 – 88 km/h)
- Velocidad óptima de planeo: 50 mph (80 km/h)

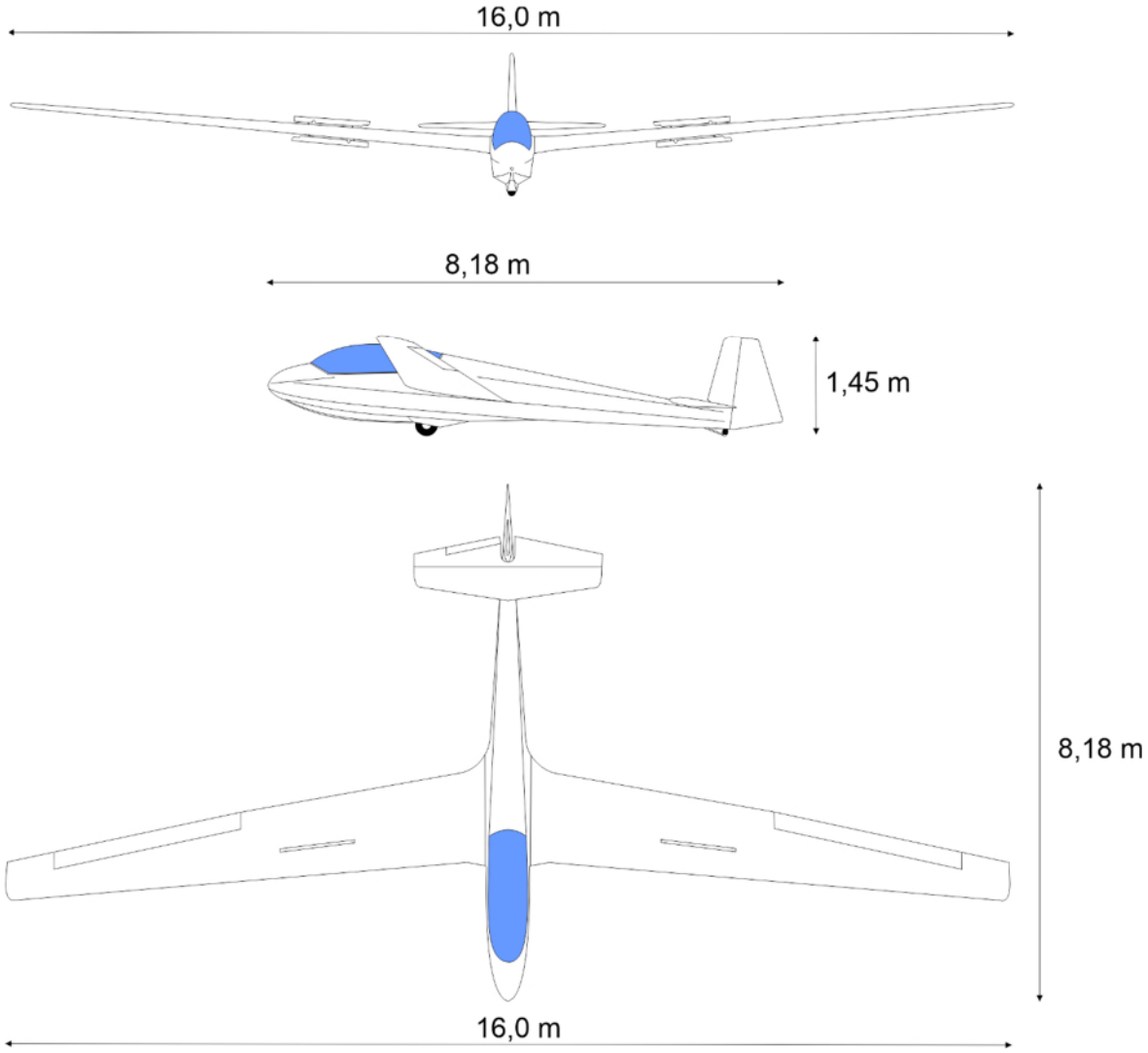

Fig. 4: Vistas y dimensiones de la aeronave.

La confirmación de su peso y centrado en vacío más reciente data de abril de 2009, y en el vuelo del accidente la carga y centrado de la aeronave estaba dentro de los márgenes establecidos por el fabricante.

Tenía un Certificado de Aeronavegabilidad, expedido por AESA el 16 de septiembre de 2020 y un Certificado de Revisión de la Aeronavegabilidad expedido por AESA el 23 de agosto de 2020 y en vigor hasta el 22 de agosto de 2021.

La última revisión de mantenimiento que se le realizó a la aeronave fue el 19 de octubre de 2020 y correspondió a una inspección anual cuando la aeronave contaba con 1953 vuelos y 1955 h de vuelo. La revisión se hizo conforme al programa de mantenimiento aprobado.

En el momento del accidente la aeronave tenía 1958:09 h de vuelo.

1.6.1 Despegue por torno según manual de vuelo

El manual de vuelo de la aeronave, dentro del punto *1 Limitaciones operativas*, estipula que la resistencia del fusible del cable en operaciones de remolque por torno debe estar comprendida entre 1850 y 2350 lb (840 y 1066 kg).

El manual de vuelo de la aeronave, en el punto *2 Instrucciones de operación*, estipula:

Remolque por torno: Velocidad máxima 62 mph (99 km/h).

Atención. En el remolque por torno tirar de la palanca hacia atrás significa incrementar la velocidad. Al despegar, suelte un poco la palanca para superar una ligera tendencia a ir hacia arriba. La mejor actitud de ascenso se consigue con la palanca en posición normal. El remolque por torno se debe hacer solamente con el gancho inferior del fuselaje.

1.6.2 Información sobre el torno de remolque, cable y elementos auxiliares

El torno de remolcado, de la marca LSG Steirfurt, es de doble tambor y con un motor en V de cuatro tiempos con ocho cilindros de 5354 cm^3 de cilindrada. Suministra 230 CV de potencia a 4700 rpm.

Fig. 5: Imagen del torno con el que se hizo el remolque

El torno fue adquirido en diciembre de 2020. Previo a la compra, se le hizo una revisión anual el 8 de mayo de 2020 por parte de la empresa Deutscher Aero-Club Landesverband NRW e.V. El anterior propietario no aportó registro alguno de los remolques realizados. Adicionalmente, el Aeroclub del Tiétar realizó una revisión completa del torno y sustituyó rotables tales como cables, sus líneas de prolongación y fusibles.

El cable con el que se realizó el remolque es de acero trenzado especial anti-torsión de 4.2 mm de diámetro y 1500 m de longitud, con fondo de tambor de 200 m. Entre el gancho que

se acopla con la aeronave y el torno, se encuentran, en este orden, los siguientes elementos (véase la figura a continuación): un fusible (de 850 kg, color marrón), un paracaídas unido a una prolongación del cable mediante un mosquetón. A continuación, el cable se une al paracaídas, y éste se une al maillón mediante 8 tirantes. En un vértice del maillón se acopla el cable que llega hasta el torno. El maillón tiene una resistencia de 30 kN (3060 kg) roscado, se desconoce la resistencia sin roscar, pues el fabricante no contempla su uso sin roscar y no proporciona este dato.

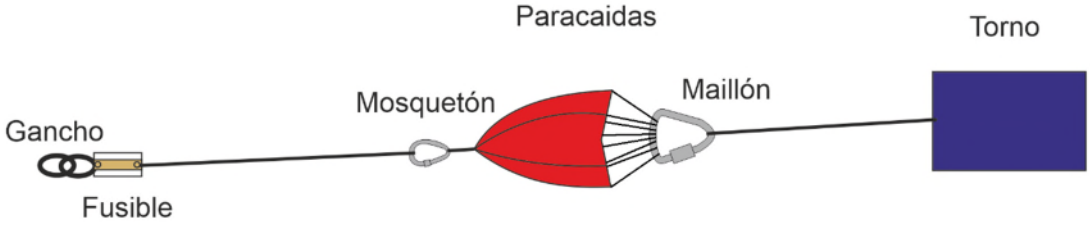

Fig. 6: Representación esquemática (no a escala, ni exhaustiva) de los elementos descritos

Fig. 7: Gancho a la aeronave y fusible marrón de 850 kg

Fig. 8: Unión de cables mediante mosquetón

Figs. 9 y 10: A la izquierda, el maillón utilizado en el remolcado del accidente, tal y como se encontró. A la derecha, otro maillón sin usar

Todo el material de las líneas de tracción era nuevo, adquirido a la empresa Skylaunch Limited en diciembre de 2020.

Mecanismo de suelta del cable en la cabina de la aeronave

Para soltar el cable del gancho que lo une con la aeronave hay sendas palancas con empuñaduras de bola color amarillo ubicadas a la izquierda del puesto del piloto y a la izquierda del puesto del acompañante respectivamente. Tirando de cualquiera de las dos empuñaduras hasta el final se abre el cierre al que está acoplado el gancho del cable, el cable se libera y al caer, siendo tensionado por el torno, se abre el paracaídas.

1.7. Información meteorológica

La Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) no tiene estaciones meteorológicas en el aeródromo de El Tiétar. La estación más cercana se encuentra en Sotillo de la Adrada (Ávila) a aproximadamente 18 km del aeródromo.

En base a las declaraciones efectuadas por los dos testigos (el jefe de pista y el remolcador) el viento en superficie era muy flojo (aunque aumentaba en altura, a tenor de lo experimentado en los despegues), de unos 3 kt proveniente del SE, y la temperatura alrededor de 10ºC.

La lectura del reglaje de altímetro (QFE) encontrado en los restos de la aeronave era de 965 mb.

1.8. Ayudas para la navegación

No aplicable. El vuelo se realizaba bajo las reglas de vuelo visual.

1.9. Comunicaciones

No se registraron las comunicaciones mantenidas entre el piloto, el jefe de pista y el operador de torno realizadas en la frecuencia 122.800 MHz. Pero según indicó este último se realizaron las comunicaciones habituales con el piloto durante el remolque. Cuando el piloto terminó la rotación le fue cantando las velocidades y él fue ajustando la velocidad del torno poco a poco. Los cantes de velocidad por parte del piloto indicaban una situación habitual, siendo estos “9, 8, 8”. Estos números equivalían a 90 km/h y 80 km/h (por economía de lenguaje se canta la decena), y fueron las únicas comunicaciones que hizo el piloto durante el despegue. En ningún momento el piloto manifestó por radio que se soltaba o que pensara hacerlo, ni que tuviera ningún tipo de problema.

1.10. Información de aeródromo

El aeródromo de El Tiétar (LETI) se encuentra situado 3,5 km al NO de la población de La Iglesuela del Tiétar, en la provincia de Toledo. Su elevación es 1401 ft y tiene una pista de asfalto designada como 04 – 22, de 985 m de longitud y 20 m de ancho.

Se utiliza la frecuencia aire-aire 129.975 MHz.

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave no estaba equipada con un registrador de datos de vuelo ni con un registrador de voz del puesto de pilotaje, de acuerdo con la reglamentación aeronáutica en vigor que no exige llevar ningún registrador en este tipo de aeronaves.

1.12. Información sobre los restos de la aeronave

La aeronave impactó contra el terreno en el punto de coordenadas 40º 14’ 49,36” N 004º 47’ 31,80” W, entre la pista y la plataforma de aeronaves, quedando en posición invertida.

El impacto de la aeronave fue muy vertical, quedando marcas de impacto en el terreno tanto del morro de la aeronave como de gran parte del borde de ataque del ala, ambos semiplanos estaban rotos desde su mitad, aproximadamente, hacia el borde marginal. No había huellas de arrastre.

Fig. 11: Restos de la aeronave.
En primer término, el semiplano izquierdo con su intradós hacia arriba.

La cabina quedó destrozada a causa del impacto.

La cola estaba rota a 90º por detrás del cajón de torsión del ala girada hacia el semiplano derecho. El cable del timón de dirección estaba bloqueado, por lo que se desmontó el empenaje de cola y se comprobó que el mecanismo interno no tenía daños y había continuidad, el bloqueo se debía al impacto y a la situación en que quedaron los restos de la aeronave. Las superficies de dirección y profundidad no presentaban daños ni bloqueos, tampoco el compensador de profundidad.

El tren principal se mantenía en su posición sin daño alguno al igual que el patín de cola.

El alojamiento de la argolla de enganche del cable de remolcado a la aeronave estaba en buenas condiciones y la argolla y su unión al cable también. La única discontinuidad que se observó en la línea de tracción fue debida a que el maillón se encontró abierto y deformado, habiéndose salido el enganche con el cable que va al torno.

El conjunto de los siguientes elementos de la línea de tracción: gancho a la aeronave, fusible, cable, mosquetón, paracaídas y maillón deformado se encontraron juntos y unidos entre sí a 40,3 m del punto de impacto, entre éste y la pista (véanse las figuras 1 y 2).

En las dos siguientes figuras se puede apreciar el maillón tal y como se encontró, con parte de los 8 tirantes del paracaídas aún unidos al maillón y sin la unión del cable del torno con el maillón.

Figs. 12 y 13: Maillón abierto con parte de los 8 tirantes del paracaídas aún unidos al maillón y sin la unión del cable del torno con el maillón

Los hilos de la rosca del maillón no se encontraron deformados salvo en la zona por la que escapó el enganche del cable.

1.13. Información médica y patológica

La autopsia determinó que el fallecimiento tanto del piloto como del acompañante fue debido al politraumatismo provocado por el impacto.

El análisis químico-toxicológico no detectó la presencia de ninguna sustancia con significación toxicológica en ninguno de los dos ocupantes de la aeronave.

1.14. Incendio

No hubo incendio.

1.15. Aspectos relativos a la supervivencia

El impacto contra el terreno fue muy vertical, resultando totalmente destruida la aeronave durante el choque.

A la vista de las características del accidente y del grado de destrucción que este provocó en la aeronave, se considera que las posibilidades de supervivencia de los ocupantes eran prácticamente nulas.

Los paracaídas que llevaban tanto el piloto como el acompañante estaban sin desplegar. La altura a la que sobrevino la emergencia era insuficiente para haberlos desplegado.

1.16. Ensayos e investigaciones especiales

Con objeto de determinar la posible influencia de la deformación y apertura del maillón sobre el resultado del remolcado de la aeronave y su posible relación con la prematura suelta del gancho del cable de la aeronave se llevó a cabo un ensayo de tracción sobre dos maillones sin roscar, idénticos al del accidente.

La cuestión fundamental por resolver a priori era la tensión máxima del cable durante el remolcado, y la curva tensión frente a tiempo durante la parte del vuelo en la que el cable cumplió con su misión. Conocer estos parámetros era clave para poder realizar el ensayo de tracción de la manera más realista posible.

Para ello, fue necesario plantear un modelo de Mecánica del Vuelo en el que intervinieran todas las fuerzas presentes en un remolcado como el del accidente y que la trayectoria de

la aeronave fuera como la que describió. La incógnita por resolver era la evolución de la tensión del cable con el tiempo.

Como condiciones del modelo en el vuelo del accidente, se hicieron las siguientes estimaciones y cálculos:

- peso total de la aeronave, incluyendo los ocupantes
- densidad atmosférica, calculada en base a las condiciones de temperatura, elevación del aeródromo y QFE
- parámetros K y C_{D0} (coeficientes de resistencia inducida y parásita, respectivamente) de la polar parabólica de coeficientes constantes de la aeronave, calculados a partir de datos de actuaciones de la aeronave publicados por el fabricante[6]

El resultado de tensión máxima se obtuvo tras la rotación, con la aeronave a alto ángulo de asiento, y fue de 3924 N (400,5 kg). La rampa de carga que se estimó fue creciente en los segundos de rodaje y vuelo horizontal, llegándose a alcanzar durante la rotación un primer máximo del orden del 80% del anteriormente citado (el que se alcanzaba tras la rotación).

Bajo esas condiciones de carga se realizaron dos ensayos de tracción sobre sendos maillones en perfecto estado, idénticos al del accidente y sin roscar, en el laboratorio de Metalotecnia de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE) de la Universidad Politécnica de Madrid.

Para reproducir la aplicación de cargas sobre el maillón de forma lo más realista y ajustada al día del accidente se tuvieron en cuenta tres factores principalmente:

1) simular el contacto entre los tirantes del paracaídas y el maillón mediante cuerda de escalada (a la que se llevaba primero en una precarga a su límite elástico)
2) reproducir de forma exacta el contacto entre el gancho que se usa para acoplar el cable al maillón y el maillón. Para ello se usó el mismo gancho que el del accidente
3) que la velocidad de aplicación de las cargas fuera la misma que la estimada en el accidente. Esto se consiguió fácilmente, pues la máquina utilizada para el ensayo de tracción se puede programar manualmente para que ejecute la curva tracción frente a tiempo deseada

A continuación, se muestran los resultados:

ENSAYO 1

La rampa de carga se programó para alcanzar 3100 N (316 kg) en el primer escalón y crecer rápidamente hasta los 3900 N (398 kg) y mantenerse.

[6] Al fabricante de la aeronave se le solicitó este grupo de datos en repetidas ocasiones, pero se negó a suministrarlos

El resultado del ensayo fue que el maillón sin roscar comenzó a abrirse y perder su forma en cuanto la aplicación de la carga comenzó a producirse. Alcanzado y mantenido el estado de carga máxima, el enganche del cable quedaba sujeto por el vértice del maillón sin soltarse. Las siguientes imágenes están obtenidas del vídeo realizado:

Fig. 14: Antes de aplicar cargas

Fig. 15: Estado intermedio de carga

Fig. 16: Estado final de carga

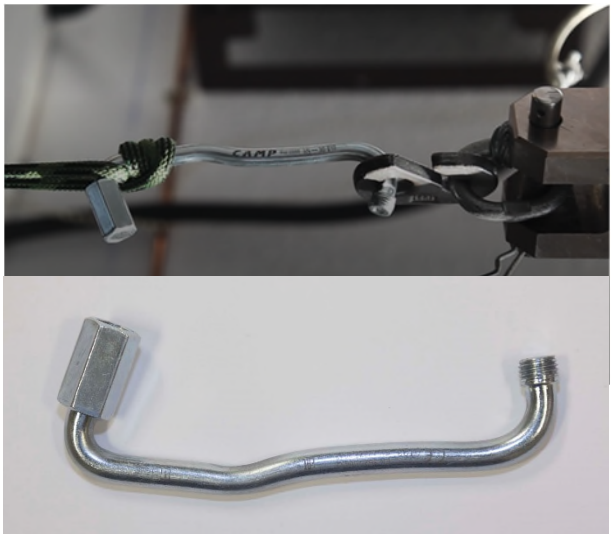

Fig. 17: Resultado final de deformación del maillón ensayado

ENSAYO 2

La rampa de carga se programó para alcanzar 3200 N (326 kg) en el primer escalón y crecer rápidamente hasta los 4000 N (408 kg) y mantenerse.

El resultado del ensayo fue el mismo que el del ensayo 1: el maillón sin roscar comenzó a abrirse y perder su forma en cuanto la aplicación de la carga comenzó a producirse. Alcanzado y mantenido el estado de carga máxima, el enganche del cable quedaba sujeto por el vértice del maillón sin soltarse. Las siguientes imágenes están obtenidas del vídeo realizado:

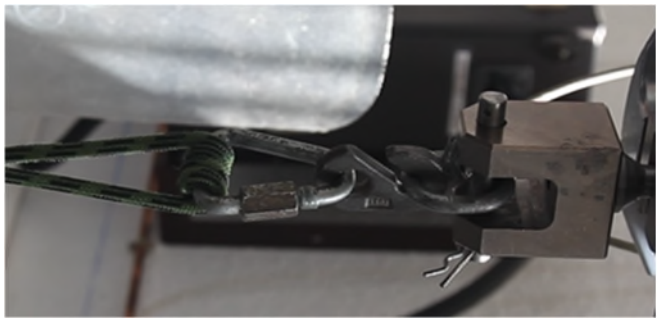

Fig. 18: Antes de aplicar cargas

Fig. 19: Estado intermedio de carga

Fig. 20: Estado final de carga

Fig. 21: Resultado final de deformación del maillón ensayado

Las conclusiones más destacables del ensayo fueron:

- el cable no se soltó del maillón en los especímenes ensayados
- el conjunto maillón y sus acoplamientos al paracaídas y al cable se deformó, pero no perdió la capacidad de transmitir cargas en el sentido de tracción

1.17. Información organizativa y de dirección

1.17.1 Operación de remolque por torno.

En el procedimiento de remoque por torno intervienen un planeador, que es la aeronave que va a comenzar el vuelo, y el torno, que es un mecanismo que permite al planeador el despegue y el inicio del vuelo mediante un cable que se va recogiendo desde el torno. El torno es manejado por un operador con experiencia en este tipo de máquinas.

La operación de remoque por torno se realiza en cinco fases:

1. Rodaje del planeador y despegue. El planeador está en una cabecera de la pista y el torno en la cabecera contraria. Se extiende un cable hasta el velero y se engancha en el gancho que tiene el velero en la parte inferior del fuselaje. Una vez que el cable está enganchado y asegurado el operador del torno acelera el motor del torno hasta la velocidad que necesite el velero para despegar y comienza la recogida del cable
2. Rotación. El velero al ganar velocidad alcanza la velocidad de rotación y se va al aire.
3. Ascenso. El velero va ganando altura mientras el cable del torno se recoge
4. Desenganche. Al alcanzar la altitud máxima se produce el desenganche. Por diseño del sistema, si el piloto no ha soltado el cable, éste se suelta solo cuando alcanza un ángulo cercano a los 90º (en este caso 83º±7º) con el eje longitudinal de la aeronave. El velero continúa con el vuelo y el cable cae desplegando un paracaídas que amortigua su caída y además permite el rebobinado bajo tensión evitando que el cable entre en el tambor suelto propiciando posibles enredos y cocas.
5. Vuelo libre. El velero inicia su vuelo.

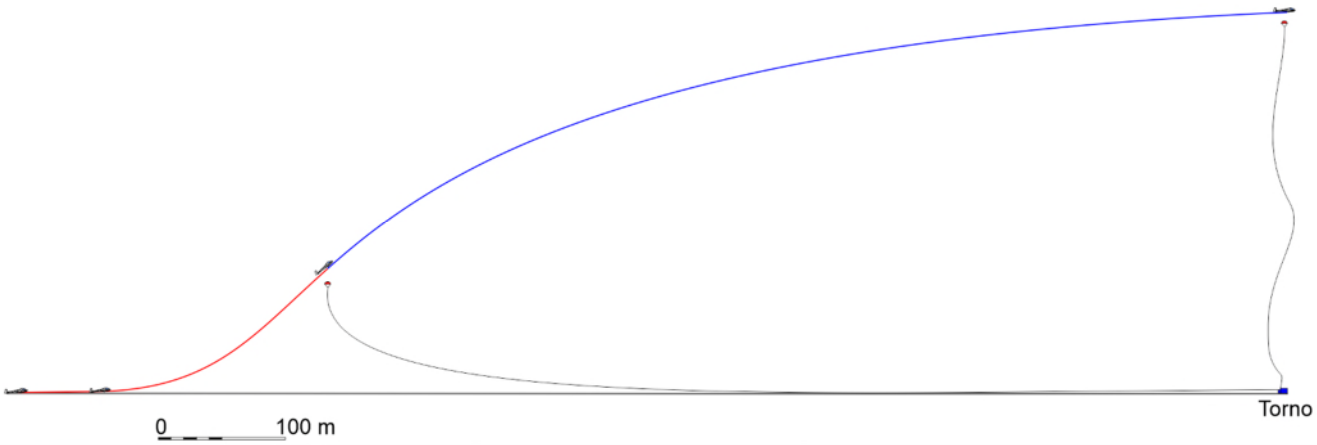

Fig. 22: En rojo se aprecia la parte del despegue hasta la suelta del cable en el vuelo del accidente, y en azul lo que habría sido una ejecución normal de la maniobra de despegue mediante torno

En el torno existen mecanismos que cortan el cable (guillotinas) para liberar rápidamente a la aeronave en caso de emergencia. Por su parte también el piloto puede soltar el cable mediante un mecanismo de apertura, ubicado en la cabina, del gancho que se encuentra en la parte inferior del fuselaje. Además, para mayor seguridad, el cable cuenta con un

fusible que libera la aeronave en el caso de excesivas cargas que podrían llegar a romper el planeador.

1.17.2 Manual de operación torno del club Clavileño

Del manual de operación que utilizan como referencia en el Club de vuelo Clavileño y en el Aeroclub del Tiétar se ha extraído la siguiente información:

Del apartado *8 - TRABAJOS EN EQUIPO PARA EL DESPEGUE*:

La unión del cable al planeador se hará por la anilla redonda comprobándose que se dota al sistema del fusible adecuado al tipo de velero. A la voz de "cerrar el gancho", el piloto lo hará soltando el tirador bruscamente asegurando así un completo cierre del mecanismo, lo cual será comprobado por el ayudante dando varios tirones del cable hacia adelante. Si fuese el primer vuelo del día de ese velero, se comprobará la apertura del gancho, volviendo a repetir la operación.

Del apartado *9 - TÉCNICA DE REMOLQUE*:

C.- VUELO ASCENDENTE

En esta fase la palanca estará en posición neutra o ligeramente retrasada, buscando la posición crítica de mayor ganancia de altura. Debido a la posición del gancho de remolque torno, el velero es estable en el vuelo ascendente, por lo que se debe actuar poco sobre los mandos de alabeo y dirección, salvo en el caso de fuerte perturbación.

Se deberá consultar continuamente el anemómetro, indicándole, tranquila y claramente, la lectura por radio al tornero, (¡ocho...nueve...ocho!), para su propia información si es normal, o para corregir la velocidad si es inadecuada.

Normalmente el torno es de suficiente potencia respecto al peso y envergadura del velero que remolca, por lo que, dentro de unos límites, se tiende a aumentar la velocidad con un mayor encabritado y se disminuye picando, sin bajar tanto el morro que el velero alcance la línea de vuelo, en cuyo caso aumentaría la velocidad terminando por soltarse el cable.

La regla de oro es: bajar el morro cuando el velero tenga un comportamiento extraño, sin usar inicialmente los mandos de alabeo o dirección que podrían empeorar la situación.

D.- FASE PREVIA AL VUELO NORMAL (DESENGANCHE)

Una vez libre, el piloto deberá nivelar el horizonte como primera medida.

Del apartado *11 - COORDINACION Y EMERGENCIAS:*

A.- Rotura del cable

En el momento de rotura, el piloto notará claramente un cese brusco de la tracción, y procederá a bajar el morro por debajo de la línea de vuelo, para alcanzar la velocidad de planeo si la hubiese perdido.

Cuando por causa de una emergencia el velero quede bajo de altura, y una vez nivelado y recuperada la velocidad de vuelo, procederá como sigue:

- *Si está por debajo de 150 m de altura se sacarán los frenos aerodinámicos y se aterrizará en línea recta, en la pista o si esta es muy corta en un espacio asequible en su prolongación.*
- *Si está por encima de 150 m se podrá hacer un tráfico corto y aterrizar en la pista o en otro campo con el viento de través.*

1.18. Información adicional

1.18.1 Cálculo de la geometría aeronave-cable en el momento de la suelta

Teniendo en cuenta el punto estimado en el que se produjo la suelta del cable de tracción a la aeronave y su posición relativa al torno, se ha calculado el ángulo entre el eje longitudinal de la aeronave y el cable.

Se realizaron varios cálculos para contemplar diferentes actitudes posibles de la aeronave y, en todos ellos, hay una cota de 60º, que no se llega a alcanzar, entre el eje longitudinal de la aeronave y el cable.

1.18.2 Comportamiento de esta aeronave ante la entrada en pérdida

Entrevistado un piloto de veleros de gran experiencia en esta misma aeronave, y preguntado sobre el comportamiento de la misma cuando entra en pérdida manifestó que la había practicado en numerosas ocasiones y que la respuesta era siempre la misma: la aeronave baja el morro bruscamente de forma simétrica (en caso de que el piloto no lo haga antes).

Preguntado por la posibilidad de que tras bajar el morro la aeronave se enrosque hacia un lado, contestó que nunca le había pasado, y que no lo veía factible a no ser que se tratase de una maniobra comandada; de no ser así, la aeronave gana velocidad con el picado simétrico y es fácilmente recuperable después.

1.19. Técnicas de investigación especiales

No aplicable.

2. ANALISIS

Consideraciones generales

La aeronave iba a realizar su quinto vuelo del día con 2 personas a bordo. Los cuatro previos habían transcurrido sin incidencias y todos ellos habían consistido en un despegue mediante remolque con torno por la cabecera 04, con suelta del gancho en las cercanías de la vertical del torno en la cabecera opuesta, a una altura sobre el terreno de unos 300 m y un circuito a izquierdas para aterrizar por la pista 04. El quinto vuelo, el del accidente, era el tercero del piloto accidentado y el objetivo del vuelo era el mismo que el de los 4 anteriores. El operador del torno en los 5 vuelos fue la misma persona.

Las condiciones meteorológicas no eran limitativas para el vuelo. Asimismo, se ha descartado ningún tipo de fallo de la aeronave ni del conjunto del cable durante el vuelo remolcado.

El análisis forense y toxicológico del piloto no reveló ninguna incapacitación o indisposición del piloto previa al impacto contra el terreno.

Desarrollo del vuelo hasta el desenganche del cable

De acuerdo a las declaraciones de los dos testigos (el operador del torno y el del jefe de pista del aeródromo de El Tiétar), la fase de preparación en tierra, enganche del cable, tensado e inicio del remolcado fueron completamente normales y los chequeos habituales fueron satisfactorios. La rotación también lo fue, así como el comienzo de la fase de ascenso.

Sin embargo, la primera anomalía del vuelo sucedió cuando a los pocos segundos de iniciado el ascenso se produjo la suelta del cable, a una altura baja, de poco más de 100 m.

Por otra parte, la aeronave comenzó a desviar su trayectoria hacia la izquierda desde el momento en que despegó de la pista. Si bien, le incidía viento por su derecha, la intensidad del mismo no justifica la magnitud del desplazamiento respecto del eje de pista en tan poca distancia recorrida.

El desvío a izquierdas debe ser explicado como un viraje, con su componente de alabeo y de pie izquierdo en su correspondiente medida. Esta situación no es recomendable, las maniobras de alabeo se deben evitar y se deben mantener las alas a nivel durante el remolcado en la medida de lo posible.

Es posible afirmar que en el momento de la suelta del cable la aeronave no tenía las alas a nivel, pues venía realizando un desvío de su trayectoria hacia la izquierda.

Desenganche del cable de remolcado

No se ha encontrado una razón determinante que justifique el desenganche.

Por una parte, el piloto no comunicó en frecuencia ninguna anomalía, sus últimas comunicaciones hicieron alusión a la velocidad que leía en su anemómetro, la cual estaba dentro de lo normal (normal para la aeronave y para el operario de torno, pues con esas lecturas no era necesario variar el régimen del motor). En definitiva, no comunicó que se fuera a desenganchar ni que tuviese ningún tipo de problema.

Por otra parte, según los testigos, la actitud de la aeronave con respecto al cable no parecía la suficiente como para acercarse a los 90º de suelta automática. Según los dos testigos, la geometría del conjunto aeronave-cable fue la habitual, sin nada que reseñar. Los cálculos efectuados en la investigación, teniendo en cuenta la posición de la aeronave en el momento de la suelta del cable en relación al torno, muestran que no se llegaron a alcanzar 60º entre el eje longitudinal de la aeronave y el cable, con lo que se descarta que la suelta se realizara por geometría.

Y por último, un posible desenganche provocado por un mal enganche es poco probable, pues las comprobaciones en tierra fueron realizadas de forma satisfactoria.

Por todo lo anterior, la explicación más probable para la suelta es que ésta fuera comandada desde la cabina.

Vuelo sin cable

Una vez que la argolla de sujeción del cable a la aeronave se soltó, por la razón que fuere, en cabina se tuvo que sentir la falta de tracción y la pérdida de velocidad sobrevenida. En esta situación, con la aeronave a gran ángulo de asiento el vuelo no puede ser mantenido, y lo que hay que hacer de forma inmediata es comandar una bajada de morro para impedir una entrada en pérdida de la aeronave y después buscar la línea de vuelo[7]. Sin embargo, según la manifestación del jefe de pista, la aeronave se mantuvo en posición de morro arriba hasta que le sobrevino una bajada brusca y simétrica del morro ("*campanazo*"). Este hecho se explica por una entrada en pérdida de la aeronave y no por una acción comandada por parte del piloto.

Lo que debía suceder a continuación, a menos de 150 m sobre el terreno, era no intentar realizar ninguna maniobra diferente a aterrizar en el campo que había por delante. Sin embargo, no fue así. El jefe de pista manifestó haber visto que la aeronave iniciaba un viraje a izquierdas tras recuperar el campanazo como si la intención fuera regresar a la cabecera 04 haciendo un circuito corto para aterrizar.

[7] Tal y como se expone en el manual de operación, para el caso de rotura de cable: "*En el momento de rotura, el piloto notará claramente un cese brusco de la tracción, y procederá a bajar el morro por debajo de la línea de vuelo, para alcanzar la velocidad de planeo si la hubiese perdido*".

Tanto si la intención era esta, como si no lo era, el viraje a baja velocidad y baja altura era una maniobra que no se debía realizar al suponer un serio peligro para la controlabilidad de la aeronave.

A partir de ahí la aeronave inició una caída casi vertical en actitud morro abajo girando alrededor de su eje longitudinal dando una vuelta completa a izquierdas hasta impactar verticalmente contra el terreno.

Comportamiento del maillón en el remolcado

En base a los ensayos se ha descartado que la realización del remolcado con el maillón sin roscar haya tenido influencia directa sobre el accidente.

El maillón abrió la línea de tracción tras el desenganche del cable a la aeronave debido a que nada más producirse la suelta del gancho a la aeronave el cable quedó sin tensión, con lo que el extremo del cable que unía precariamente el vértice del maillón deformado se soltó. Por si eso no hubiera sido suficiente, la subsiguiente apertura del paracaídas, y las vibraciones inducidas en la línea de tracción habrían hecho que esa precaria unión (en caso de seguir existiendo) se hubiera soltado.

Una vez desenganchado el conjunto que va desde el maillón hasta la argolla, este conjunto cayó sin amortiguación al quedarse el paracaídas sin tracción, mientras que el extremo libre del cable siguió siendo recogido por el torno sin tampoco ser amortiguada su caída.

Si el maillón hubiera abierto la línea de tracción antes del desenganche del cable a la aeronave habrían sucedido dos cosas:

1) El paracaídas no se habría desplegado (cosa que no sucedió, pues los dos testigos lo vieron abrirse)
2) La argolla habría quedado inicialmente sujeta a la aeronave con el trozo de cable que contiene el fusible y el paracaídas (cosa que tampoco sucedió).

Por lo anterior, se puede concluir que el maillón no roscado abrió la línea de tracción tras el desenganche del cable a la aeronave.

Se descarta que el maillón se encontrase ya deformado por el vuelo anterior, pues se habría soltado en ese vuelo anterior, y, desde luego, en el muy poco probable caso de que siguiera enganchado antes del quinto vuelo del día, su forma no habría sido triangular, y en la revisión visual se habría visto fácilmente.

La revisión visual de la línea de tracción realizada antes del despegue del accidente no se puede asegurar que fuera incorrecta, pues si el maillón estaba ya sin roscar, o a punto de soltarse la rosca, es muy difícil de ser detectado si seguía manteniendo su forma característica triangular (salvo que la revisión fuera más allá de una comprobación visual y se hiciera una comprobación del apriete de la rosca del maillón). Por este motivo, para que la inspección prevuelo vaya más allá de una revisión visual, se emite una recomendación

de seguridad que incluye la verificación manual del correcto estado de todos los elementos de la línea de tracción.

3. CONCLUSIONES

3.1. Constataciones

- El vuelo del accidente era el tercero del día para el piloto accidentado.
- La suelta prematura del cable a la aeronave no fue anunciada por radio por el piloto, ni tampoco comunicó ningún tipo de problema.
- Tras la suelta del cable a la aeronave no se comandó una bajada del morro de la aeronave para buscar velocidad adecuada y línea de vuelo.
- Tras la suelta del cable a la aeronave no se siguió el procedimiento establecido en el Manual de operación torno del club Clavileño para resolver la emergencia sobrevenida.
- La aeronave inició un viraje a izquierdas que devino en una caída casi vertical en actitud morro abajo girando alrededor de su eje longitudinal dando una vuelta completa a izquierdas antes de impactar contra el terreno en actitud vertical.
- La rosca del maillón que unía el cable del torno con el conjunto que va hasta la argolla de sujeción a la aeronave no estaba correctamente cerrada en el vuelo del accidente.
- El citado maillón abrió la continuidad de la línea de tracción tras el desenganche del cable a la aeronave, y no antes.

3.2. Causas/factores contribuyentes

La investigación ha determinado que la causa del accidente fue la pérdida de control de la aeronave por la no ejecución del procedimiento de emergencia tras la suelta prematura del cable de remolcado.

4. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD OPERACIONAL

REC 40/22: Se recomienda al Club de vuelo Clavileño, cuyo manual de operación del torno de remolcado de la aeronave se utilizaba como referencia, que la línea de tracción sea inspeccionada no solo visualmente antes del vuelo, sino que se haga una comprobación de manera que se asegure que todos los elementos de la línea de tracción estén convenientemente cerrados o asegurados.