

CIAIAC

Comisión de Investigación
de Accidentes e Incidentes
de Aviación Civil

INFORME TÉCNICO A-010/2003

Accidente ocurrido el
2 de marzo de 2003 a la
aeronave PZL-BIELSKO
SZD-50-3 PUCHACZ,
matrícula EC-FHL, en
el Aeródromo de Lillo
(Toledo)



MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

A-010/2003

**Accidente ocurrido el 2 de marzo de 2003
a la aeronave PZL-BIELSKO SZD-50-3 PUCHACZ,
matrícula EC-FHL, en el Aeródromo de Lillo (Toledo)**

Edita: Centro de Publicaciones
Secretaría General Técnica
Ministerio de Fomento ©

NIPO: 161-03-011-0
Depósito legal: M. 23.129-2003
Imprime: Centro de Publicaciones

Diseño cubierta: Carmen G. Ayala

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 60
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: ciaiac@mfom.es
<http://www.mfom.es/ciaiac>

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

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 y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea y en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, la investigación tienen carácter exclusivamente técnico, sin que se haya dirigido a la determinación ni establecimiento de culpa o responsabilidad alguna. La conducción de la investigación ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que la prevención de los futuros accidentes.

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

Abreviaturas	vi
1. Información sobre los hechos	1
1.1. Reseña del vuelo	1
1.2. Lesiones a personas	3
1.3. Daños sufridos por la aeronave	3
1.4. Otros daños	4
1.5. Información sobre la personal	4
1.6. Información sobre la aeronave	6
1.7. Información meteorológica	8
1.8. Comunicaciones	9
1.9. Información sobre el aeródromo	11
1.10. Registradores de vuelo	14
1.11. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	14
1.12. Supervivencia	17
1.13. Ensayos e investigaciones	18
1.14. Información adicional	19
2. Análisis	23
2.1. Formación del alumno piloto	23
2.2. Condiciones del vuelo efectuado	23
2.3. Características del vuelo del velero SZD-50-3 «PUCHACZ»	24
2.4. Descripción del escenario de entrada en barrena involuntaria	26
2.5. Posibilidades de cambio en la secuencia de acontecimientos	27
3. Conclusiones	29
3.1. Compendio	29
3.2. Causas	29
4. Recomendaciones sobre seguridad	31

Abreviaturas

00 °C	Grados centígrados
00° 00' 00"	Grados, minutos y segundos
D	Resistencia
DGAC	Dirección General de Aviación Civil
g	Aceleración de la gravedad
GPS	Sistema de posicionamiento global
h	Hora
IAS	Velocidad indicada
Km	Kilómetro
L	Sustentación
m	Metros
máx.	Máximo
MHz	Mega Hertzios
N/A	No aplicable
RACT	Real Aero Club de Toledo
s	Segundo
T/A	Tierra/aire
T/T	Tierra/tierra
TSA	Texas Soaring Assotiation
VFR	Reglas de vuelo visual
VMC	Condiciones meteorológicas visuales
w	Vatios

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del vuelo

El domingo día 2 de marzo de 2003, el alumno de la Escuela de Vuelo del Real Aero Club de Toledo llegó al aeródromo de Lillo (Toledo) con objeto de realizar el vuelo de instrucción número 21 como único piloto a bordo dentro de la fase de formación práctica para la obtención del título de Piloto de Planeador.

La aeronave era un velero biplaza PZL Puchacz SZD-50-3 de matrícula EC-FHL. Era el primer vuelo del día de la aeronave y del piloto y la revisión prevuelo fue realizada por el propio alumno piloto sin constatar ni notificar ninguna anomalía.

La actividad del aeródromo comenzó a las 13:00 horas (hora local), siendo el vuelo de la aeronave EC-FHL el cuarto registrado en el crono de vuelos del aeródromo¹.

El despegue se produjo a las 13:30 horas y en el espacio aéreo del aeródromo se encontraban en vuelo otras dos aeronaves, una de las cuales aterrizó 6 minutos después del despegue de la aeronave accidentada. Se desenganchó del remolcador sin ninguna incidencia y el vuelo transcurrió con normalidad durante, aproximadamente 15 minutos.

En los últimos 2 minutos de vuelo las actuaciones y trayectoria de la aeronave se produjeron tal como se describen a continuación y se presentan gráficamente en la Figura 1.

Tramo OA: La aeronave se dirigió hacia la pista desde la zona de La Laguna (punto A situado cerca del borde de pista y a unos 300 m de la cabecera de la pista 12) con rumbo 360° y a unos 250-280 metros de altura.

Tramo AB: Realizó el tramo de alejamiento del circuito de aeródromo prolongándolo hasta pasar la cabecera de la pista 12 con un rumbo de 300° y 250-280 metros de altura.

Tramo BC: Realizó un viraje amplio hacia la izquierda y se alejó hacia el punto C. En este tramo descendió con rapidez quedándose a una altura de unos 150 metros. En la última fase del viraje, la actitud de la aeronave empezó a ser de ángulo de cabeceo positivo (es decir de «morro arriba») y con baja velocidad.

Tramo CD: La aeronave modificó su rumbo para realizar el tramo de viento en cola del circuito de aeródromo. En esta fase de la trayectoria, la velocidad era de alrededor de 70 km/h, persistía la actitud de «morro arriba» y siguió perdiendo altura rápidamente hasta unos 120 m.

¹ El crono de vuelos es el registro de los vuelos que en el aeródromo se realizan en una jornada.

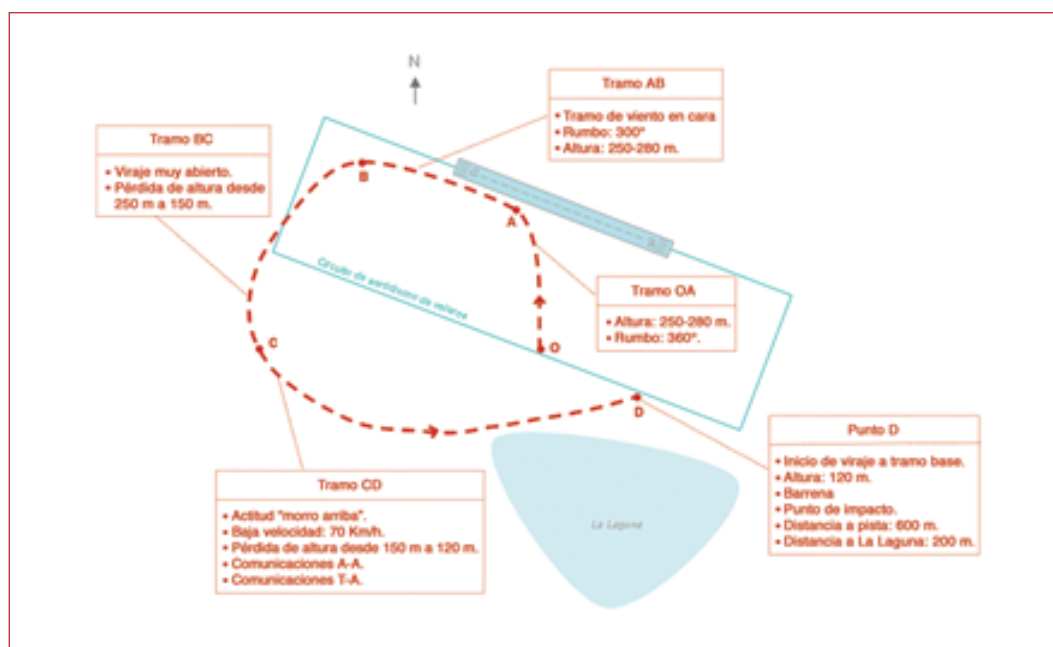


Figura 1. Trayectoria estimada de la aeronave

En este tramo mantuvo comunicación con el otro velero, el cual le preguntó si se «sujeta» o si le «deja pasar» haciendo referencia a una maniobra de acortar el tramo de viento en cola para aterrizar en la pista 30 (debido a su menor altura). El velero accidentado le contesta que «no se sujeta».

Mientras tanto, el Instructor encargado de vigilar el vuelo situado junto al Jefe de Pista² le comunicó por radio que bajara el morro, recortara el tramo de viento en cola y volviera al aeródromo. No obtuvo contestación del velero pero la aeronave no completó el tramo de viento en cola del circuito y comenzó un viraje hacia el tramo base (para tomar por la pista 30).

En la maniobra de viraje hacia el tramo base con velocidad cercana a la pérdida (cerca de los 70 km/h), ángulo de cabeceo positivo o de «morro arriba» y altura cercana a los 120 m, entró en pérdida, desarrolló una vuelta entera de barrena y se precipitó contra el suelo (en el punto marcado como D) a las 13:47 horas, con un ángulo de impacto de unos 45° y con una orientación de 70-80°, es decir, con un rumbo coherente al del tramo base del circuito del aeródromo y a una distancia de la pista de, aproximadamente 600 metros (y unos 200 m respecto al límite de La Laguna).

² El jefe de pista es el responsable de la actividad de vuelo en el aeródromo.

1.2. Lesiones a personas

La única persona a bordo resultó muerta como consecuencia del impacto con el terreno.

Lesiones	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación	1		
Pasajeros			
Otros			

1.3. Daños sufridos por la aeronave

Los daños que presentaba la aeronave se produjeron como consecuencia del impacto con el terreno y se describen a continuación:

- **Cabina:** quedó destruida desde el asiento posterior hacia delante.
- **Fuselaje:** presentaba deformaciones en tres direcciones y roturas en la zona del encastre de los planos.
- **Planos:** presentaban deformaciones por flexión, estaban parcialmente «desencastados», tenían deformaciones en ambos bordes marginales y bordes de ataque, y el alerón derecho estaba desplazado de su posición.
- **Conjunto de cola:** aparentemente no presentaba daños.





1.4. Otros daños

El impacto se produjo a unos 600 metros de la pista de aterrizaje en una zona de campo en la que no había ningún obstáculo (montañas, edificios, etc.) por lo que no existen más daños que los producidos en la propia aeronave accidentada

1.5. Información sobre el personal

Información sobre el piloto

Edad:	34 años
Nacionalidad:	Española
Peso aproximado:	70 kg

Tarjeta de alumno piloto:

- Emisión: 28-02-2002
- Validez: Hasta 28-02-2004

Tarjeta Federación Aeronáutica Española:

- Número: 654
- Validez: Hasta 13-11-2003

Experiencia:

- Número de vuelos con instructor: 49
- Núm. de vuelos solo: 20
- Horas de vuelo solo al mando: 5 horas 29 minutos (hacia 15 días había conseguido estar 47 minutos en vuelo como piloto solo)
- Horas de vuelo con instructor: 16 horas 28 minutos
- Horas de vuelo totales: 21 horas 57 minutos
- En la aeronave: Todos los vuelos de instrucción del alumno se realizaron con los dos veleros biplaza modelo PZL Puchacz SZD-50-3 con que cuenta el Real Aero Club de Toledo
- En la ruta: Toda la formación práctica se había realizado en el aeródromo de Lillo (Toledo)

El Reglamento de Régimen Interno³ del aeródromo de Lillo define 3 «fases» en el proceso de formación práctica para la obtención del título de Piloto de Planeador:

- *Fase de Doble Mando (DM1)*: fase inicial de la formación práctica en la que el vuelo se realiza con el alumno y el instructor a bordo.
- *Fase de Suelta (S1, S2...S20)*: fase de la formación práctica en la que el vuelo se realiza con el alumno solo a bordo y en el que su instructor de vuelo ejerce labores de seguimiento y supervisión en tierra y en permanente contacto radio y visual con el alumno. La fase de suelta comprende 20 vuelos.
- *Fase de Perfeccionamiento (P)*: última fase de la formación práctica en la que el vuelo se realiza con el alumno solo a bordo y no es necesario que su instructor supervise directamente el vuelo.

En este caso, el alumno había pasado las dos primeras fases de la formación práctica y se encontraba en el primer vuelo (el número 21 que realizaba solo) de la fase de per-

³ Esta organización interna es coherente y satisface los requisitos establecidos por la normativa española para la obtención del título de Piloto de Planeador que se definen en la Orden Ministerial del 14 de junio de 1995 sobre «Títulos y licencias aeronáuticas civiles», y según la cual son necesarias: «...como mínimo seis horas de vuelo como piloto de planeador que incluyan dos horas de vuelo solo durante las cuales habrá efectuado no menos de veinte lanzamientos y aterrizajes».

feccionamiento, debido a lo cual su instructor no estaba presente aunque el Jefe de Pista y otro instructor supervisaban el vuelo.

1.6. Información sobre la aeronave

La información referente a la aeronave y sus condiciones operativas en el momento del accidente son las siguientes:

Información básica de la aeronave

Nacionalidad:	Española
Matrícula:	EC-FHL
Constructor:	PZL-BIELSKO
Designación:	SZD-50-3 PUCHACZ
Número de serie:	B-2042
Año de fabricación:	1991
Categoría:	Escuela (3) ⁴
Prestación técnica:	Semiacrobatíco
Horas de vuelo:	1.840 horas 14 minutos

Licencia de Estación

Equipo:	Comunicaciones VHF
Marca y modelo:	Dittel ATR 720A
Potencia:	4 w
Tipo de emisión:	A3E
Banda de frecuencias:	118.00-135.975 MHz
Validez:	Hasta 25-04-2003

Certificado de matrícula

Número:	2946
Propietario:	Real Aero Club de Toledo
Fecha:	31-10-1991

⁴ Aeronaves idóneas sólo para vuelo visual.

Certificado de aeronavegabilidad normal

Número C. Tipo:	N.º 63-I de la DGAC
Número:	3312
Emisión:	29-10-1991
Validez:	Hasta 25-04-2003
Última inspección:	25-04-2002 en Lillo

Dimensiones

Envergadura:	16,67 m
Longitud:	8,38 m
Altura:	2,60 m

Limitaciones de la aeronave

Tripulación mínima:	1 piloto
Pasajeros:	1
Condiciones autorizadas vuelo:	VFR/escuela
Peso máximo de rodaje:	570 kg
Peso máximo de aterrizaje:	570 kg
Peso máximo de despegue:	570 kg

Velocidades:

— IAS máx. en calma:	215 km/h
— IAS máx. con ráfagas:	160 km/h
— IAS en remolque:	150 km/h
— IAS de pérdida:	58-72 km/h
— IAS mín. velocidad vertical:	75 km/h
— IAS de máx. L/D:	75 km/h

Masas:

— Masa máx. en vacío:	370 kg
— Masa máx. asiento delant.:	110 kg
— Masa mín. asiento delant.:	55 kg
— Masa máxima total vuelo normal:	570 kg

Programa de mantenimiento

Número	Potencial (h)		Tiempo calendario	Tipo
1	50	50	N/A	B (50 h)
2	50	100	12 meses	C (100 h)
3	50	150	N/A	B (50 h)
4	50	200	12 meses	C (100 h)
5	50	250	N/A	D (250 h)
20	1.000	1.000	N/A	E (1.000 h)
120	6.000	6.000	N/A	—

Inspecciones realizadas

Fecha	Tipo	Horas	Vuelos
23-03-1997	E (1.000 h)	996	—
28-05-1999	D (250 h)	1.249	—
03-08-2002	D (250 h)	1.757	3.593
29-11-2002	B (50 h)	1.806	3.702

1.7. Información meteorológica

El aeródromo de Lillo dispone de una estación meteorológica emplazada en el propio campo de vuelo que permite obtener información sobre:

- Dirección y velocidad del viento.
- Temperatura.
- Temperatura del punto de rocío.
- Precipitaciones.

Por las características de la estación, la información meteorológica no se registra documentalmente en formato papel o magnético, sino que es de consulta.

El día 2 de marzo de 2003, las condiciones eran las siguientes:

Condiciones el día 02-03-2003	
Luz	Diurna
Visibilidad en tierra	Buena
Techo de nubes	800 m
Cielo	Nubes dispersas: 3/8-5/8 octas
Intensidad del viento	Viento suave: 10 km/h
Ráfagas	No
Dirección del viento	300°

Estas condiciones permitían la operación de vuelo en planeador, ya que ésta (según establece el Reglamento de la Circulación Aérea) se lleva a cabo bajo condiciones meteorológicas visuales (VMC) y de acuerdo a las reglas de vuelo visual (VFR), según las cuales los vuelos VFR dentro de zonas de control se realizarán de forma que la aeronave vuele en condiciones de visibilidad y distancia de las nubes iguales o superiores a las indicadas a continuación:

- Visibilidad de vuelo: 8 km.
- Distancia horizontal de las nubes: 1,5 km.
- Distancia vertical de las nubes: 300 m.

1.8. Comunicaciones

El aeródromo de Lillo y su espacio aéreo asociado disponen para comunicaciones radio de la frecuencia 123.375 MHz mediante la cual el Jefe de Pista ejerce la coordinación y supervisión de todos los aterrizajes, despegues y tránsitos de las aeronaves bajo su responsabilidad. Por lo tanto, todas las aeronaves (remolcadores, planeadores y otras) así como el Jefe de Pista (situado al lado de la pista con un equipo de comunicaciones portátil) mantienen comunicaciones Tierra-Aire (TA) y Aire-Aire (AA) en esta frecuencia.

Las comunicaciones radio que se producen en el vuelo accidentado son las que se presentan en la tabla siguiente.

Comunicaciones TA y AA

Núm.	De	A	Contenido	Cuándo
1	Velero	Remolcador	Nombre del piloto Número de vuelo (sólo en el caso de instrucción) Matrícula Listo para remolque	Cuando el velero está en pista cuando ha comprobado que está preparado para ser remolcado

Núm.	De	A	Contenido	Cuándo
2	Velero	Remolcador	Remolcando	Cuando el velero nota que se empieza a tensar el cable de remolque
3	Velero	Remolcador	Velero libre	A una altura de 500 m. Cuando el velero nota que está suelto del cable de remolque. El remolcador, previamente, también indica la suelta visualmente mediante un alabeo.
4	Otro velero	Velero	«¿Te sujetas o te dejo sitio?»	Cuando el otro velero que se encuentra haciendo el tramo de viento en cola, piensa que el velero accidentado se encuentra debajo de él. El objeto de la pregunta era conocer si tenía intención de aterrizar antes que él. Al comienzo del tramo CD de la figura 1.
5	Velero	Otro velero	«No me sujeto, no me sujeto»	Inmediatamente después de la comunicación 4.
6	Instructor	Velero	«Baja el morro y vente para la pista, que estás algo bajo»	Cuando el instructor y el jefe de pista notan que está con actitud de «morro arriba» y que tiene poca velocidad y altura. En la parte final del tramo CD de la figura 1.
7	Otro velero	Velero	«Baja el morro»	A continuación de la comunicación anterior y al ver la actitud y velocidad del velero.

Dentro de los procedimientos establecidos, existe otra notificación que deben hacer los veleros cuando se encuentran en el tramo de viento en cola del circuito de aeródromo. Esta notificación no se produjo en el vuelo accidentado.

El equipo de comunicaciones está instalado a bordo de la aeronave en el panel delantero. Después del impacto, la frecuencia que estaba sintonizada era distinta a la del aeródromo, concretamente, la 121.225 MHz.



1.9. Información sobre el aeródromo

El aeródromo de Lillo se encuentra ubicado a 1 km al suroeste del pueblo de Lillo, provincia de Toledo.

Las características geográficas más importantes son:

El entorno del campo de vuelo no presenta elevaciones ni obstáculos siendo una zona prácticamente llana.

Existen tres lagunas al sur del aeródromo, constituyendo la mayor de ellas una referencia visual importante puesto que uno de sus márgenes transcurre paralelo a la pista. Tanto en verano como en invierno la referencia es igualmente válida puesto que, aunque no haya agua, persiste una marca blanquecina debido al alto índice de cal de la misma.

En la zona adyacente a la cabecera de la pista 30, existe en la zona norte del aeródromo un silo que sirve igualmente de referencia visual.

Las características operativas más importantes son:

En la zona norte del aeródromo se producen operaciones de salto de paracaidistas por lo que las operaciones del aeródromo se realizan hacia la zona sur del mismo. Con ello se evitan posibles molestias de ruido al pueblo de Lillo.



El aeródromo tiene diferenciadas el circuito de remolque de veleros (dos zonas según la pista que se utilice), el circuito de motor y el de veleros. Esta diferenciación se hace más restrictiva sobre todo cuando se simultanean las actividades de paracaidismo y de vuelo a vela.

Datos importantes del aeródromo

Pista de vuelo asfaltada:

- Denominación: 12-30
- Longitud: 750 m
- Anchura: 18 m
- Pendiente longitudinal: 0,044%

Franja de pista:

- Longitud: 810 m
- Anchura: 92 m

Coordenadas: 39° 43.03' N
003° 19.27' W

Elevación: 682 m

Indicativo: LELT

Frecuencia radio: 123.375 MHz

La figura siguiente representa la posición relativa del aeródromo respecto al pueblo y a la zona de saltos de paracaidistas así como los circuitos descritos anteriormente.

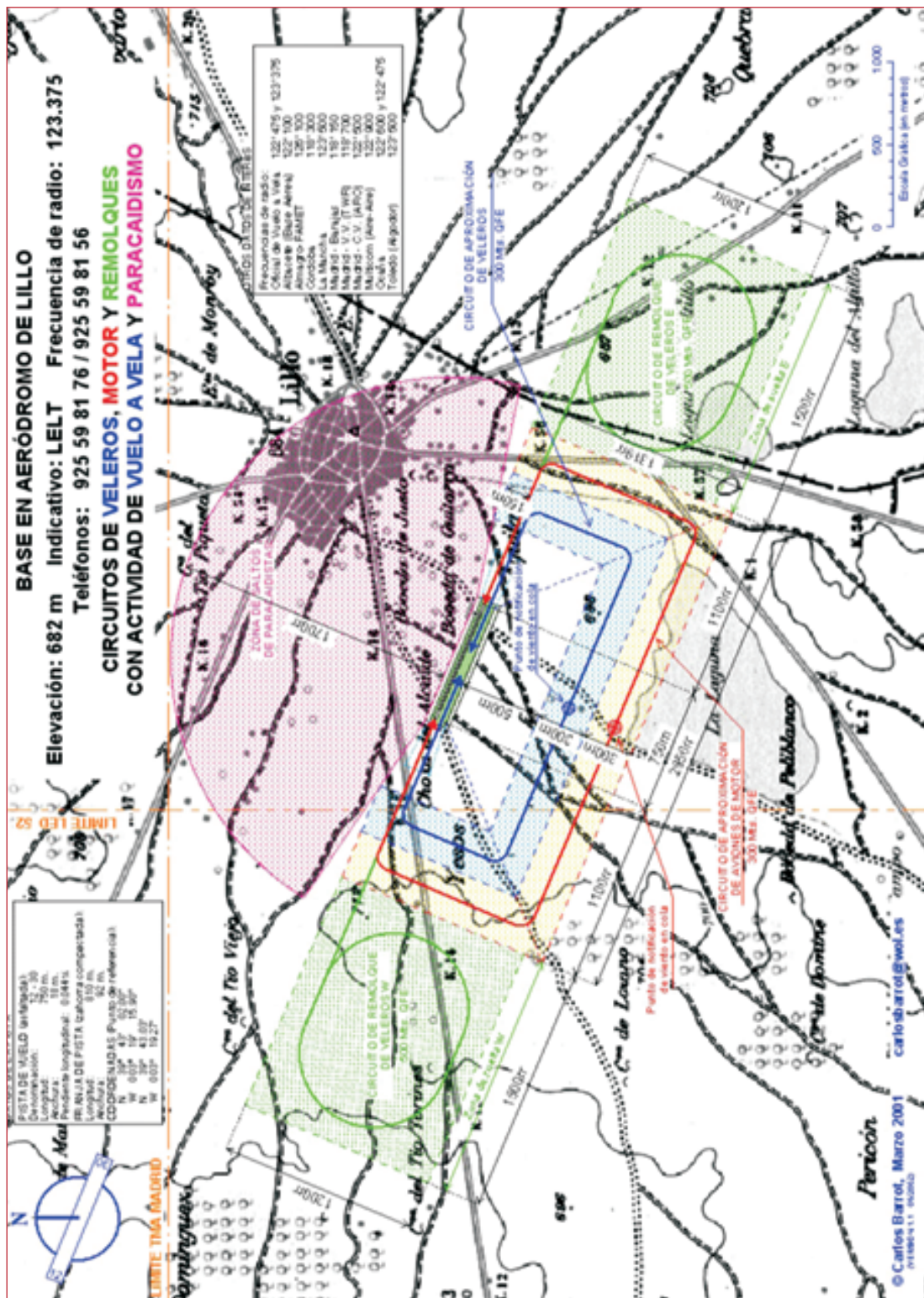


Figura 2.

1.10. Registradores de vuelo

Esta aeronave por tamaño y utilización no estaba equipada con registradores de vuelo, de acuerdo a la normativa aplicable.

En algunas aeronaves de vuelo a vela sus propietarios instalan unos grabadores de datos basados en información GPS (sistema de posicionamiento global), popularmente conocidos como «logger». Estos se usan para confirmar las actuaciones realizadas durante un vuelo y como sustituto de las fotografías en vuelos de competición. Este velero no llevaba instalado «logger».

1.11. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto

El impacto de la aeronave con el terreno se produjo a unos 200 m de La Laguna y a unos 600 m de la cabecera de la pista 30, con un ángulo de, aproximadamente, 45° y una orientación de 70-80° (respecto al Norte Magnético).

Debido a la proximidad con La Laguna y a que había llovido los días anteriores, la zona estaba muy embarrada.

Gran parte de la energía del impacto fue absorbida por la rotura de la cabina, quedando ésta parcialmente enterrada en el barro.

Después del impacto de la cabina con el terreno, el resto de la aeronave tendió a irse hacia delante lo que, junto con una componente de giro hacia la izquierda provocó la disposición de los restos y daños que se describen a continuación.



Figura 3.

Estado del fuselaje

La cabina está destruida casi por completo quedando solamente el asiento trasero.

Debido al estado de la cabina es imposible distinguir la posición de las palancas, mandos y pedales.

Los restos de la cabina están «empotrados» en el terreno y no hay marcas que indiquen desplazamiento con respecto al resto de la aeronave (propiciado por el tipo de terreno húmedo con laguna cerca, nivel freático alto y el ángulo de impacto).

Existen 3 cambios de «dirección» del fuselaje: el primer tramo es el de la cabina, el segundo tramo es el de los planos, y el tercero es el del resto del fuselaje.

Del primer tramo no queda nada puesto que está destruido y empotrado en el terreno. El segundo tramo comprende la zona de encastre de los planos y presenta grietas longitudinales cerca del plano izquierdo. La sección que se encuentra al final del encastre de los planos presenta deformaciones y roturas en un plano inclinado respecto a la sección transversal del fuselaje.

El último tramo comprende el resto del fuselaje desde el final de los planos. Está apoyado en el suelo en el conjunto de cola. El punto de unión con el resto de la aeronave es mediante la sección de rotura del final de los planos, en la que se aprecia un giro hacia la derecha respecto al eje longitudinal y una ligera superposición hacia delante.

Desde el interior del fuselaje se aprecia una grieta en la zona de unión con el plano derecho que no existe en la zona de unión con el plano izquierdo.

Llevaba montados dos pesos de 6,3 kg cada uno, de color rojo delante del puesto delantero y cerca de los pedales, para compensar el centrado del velero.

Estado del plano derecho

El plano derecho presenta más daños que el plano izquierdo.

Se ha desplazado hacia arriba, respecto a su posición original, la sección del encastre en el borde de ataque.

En la zona cercana al encastre y en el extradós existe una zona de «aguas» o de pliegues debidos a la flexión de los planos hacia delante.

Está apoyado en el suelo.

Se ha desplazado hacia delante: presenta manchas de barro en el borde de ataque coherentes con las huellas del suelo (situadas detrás de la posición final plano).

El alerón está desplazado hacia la derecha y tiene sueltos todos los puntos de unión a excepción del último, el más cercano al borde marginal del ala. En esta zona, el alerón está ligeramente superpuesto o montado sobre el borde marginal del ala.

El alerón está deflectado hacia arriba.

El aerofreno superior está sacado aunque no presenta deformaciones y se puede meter sin problemas.

Estado del plano izquierdo

La sección del encastre en el borde salida se ha desplazado hacia abajo.

En la zona cercana al encastre y en el extradós existe una zona de «aguas» o de pliegues debidos a la flexión de los planos hacia delante.

El extremo del ala está levantado del suelo.

Se ha desplazado hacia detrás: presenta ligeras manchas de barro en el borde de ataque de la parte más exterior del ala coherentes con las huellas del suelo (situadas delante de la posición final del plano).

El alerón está intacto y deflectado hacia abajo.

El aerofreno (superior e inferior) está metido.

Estado del conjunto de cola

El conjunto de cola no presenta, aparentemente ningún daño.

Las superficies de sustentación están sueltas y libres.

Las superficies horizontales de cola están deflectadas hacia abajo (incluido el compensador) aunque dos testigos del accidente recuerdan «nítidamente» que el timón de profundidad estaba deflectado hacia arriba en vuelo.

La superficie vertical de cola está deflectada hacia la derecha.

Estado de los equipos de a bordo

Panel delantero:

- Anemómetro (el anemómetro instalado en la aeronave es de marca Predkosc y la indicación de 0 km/h se produce en el número 15, es decir, tiene un tramo de doble escala): la aguja estaba en la señal del 17 lo que puede indicar o 170 km/h (poco probable) o 20 km/h.
- Altímetro: presión de referencia (calaje) a 945 y marcaba 850 m.
- Frecuencia: 121.22 MHz.
- Brújula: 30°.

Panel trasero:

- Anemómetro: la aguja estaba en la señal del 18 lo que puede indicar o 180 km/h (poco probable) o 30 km/h.
- Altímetro: presión de referencia (calaje) a 965 y la aguja de los miles marca el 1.000 m y le faltaba la aguja de los cientos.
- Variómetro: indicación de ascenso de 2,5 m/s.

1.12. Supervivencia

El vuelo estaba siendo supervisado por un Instructor y por el Jefe de Pista del aeródromo. Vieron producirse el accidente y dieron aviso a la policía y al personal sanitario.

El punto de impacto de la aeronave se encuentra en el campo a 600 m del aeródromo, no existe una carretera de acceso directo a este punto y las condiciones meteorológicas de los últimos días (había llovido) así como la cercanía a La Laguna no facilitaron el acceso al lugar del accidente.

A pesar de que el personal sanitario tardó 20 minutos en llegar, el personal del aeropuerto, que fue el primero en llegar, se puso en contacto telefónico con el personal médico para aplicarle los primeros auxilios al piloto.

El piloto llevaba todas las cinchas y arneses puestos y en el impacto quedó boca abajo, unido a paracaídas y girado hacia la derecha, es decir, formando un ángulo de aproximadamente 70° con respecto a la dirección de la cabina. Se le retiró el barro de la cara para permitir la respiración y decidieron no moverlo por miedo a posibles fracturas y lesiones.

Cuando llegaron los servicios médicos, cortaron las cinchas del paracaídas y de los arneses de seguridad y procedieron a un primer examen.

1.13. Ensayos e investigaciones

En función de las características del suceso y de la aeronave, las investigaciones que se han realizado son las que se describen a continuación.

Investigaciones relacionadas con los restos:

- Análisis e inspección de la disposición de los restos.
- Análisis de las marcas dejadas en el terreno por la aeronave.
- Análisis de las roturas y deformaciones presentes en la estructura.

Investigaciones relacionadas con la trayectoria del vuelo:

- Estudio de las declaraciones de los distintos testigos del accidente (se cuenta con información de 4 testigos) modulando las mismas en función de su posición relativa (perspectiva) con respecto al vuelo así como según sus conocimientos y relación con el ámbito aeronáutico (perfiles).
- Análisis de la compatibilidad entre las declaraciones de los testigos y el estado final de la aeronave.

Investigaciones relacionadas con el estado de la aeronave en el suceso:

- Estudio de la documentación de la aeronave relacionada con el mantenimiento y la operación de la misma (manual de vuelo, manual de mantenimiento, cuaderno de la aeronave).

Investigaciones relacionadas con las características operativas de la aeronave:

- Estudio de los procedimientos y características operativas de la aeronave.
- Estudio de informes de evaluaciones en vuelo de la aeronave realizados por escuelas americanas.

Investigaciones relacionadas con aspectos reglamentarios de la operación y de la aeronave:

- Estudio de la adecuación con la normativa vigente de las condiciones en las que se desarrollaba el vuelo accidentado.

Investigaciones relacionadas con otros factores:

- Estudio de posibles factores ambientales influyentes en el vuelo (presencia de aves y relacionados con la existencia de La Laguna).
- Estudio de factores humanos presentes en los accidentes.

1.14. Información adicional

Con objeto de facilitar el análisis del accidente, se incluye la siguiente información relacionada con el mismo:

- Características generales de control (capítulo 4 del manual de vuelo).
- Prestaciones de la aeronave (capítulo 3 del manual de vuelo).
- Despegue y vuelo en remolque (capítulo 4 del manual de vuelo).
- Aleta compensadora longitudinal en vuelo libre (capítulo 4 del manual de vuelo).
- Comportamiento en pérdida (capítulo 4 del manual de vuelo).
- Comportamiento en barrena (capítulo 4 del manual de vuelo).
- Formación de piloto de planeador (general y en el Real Aeroclub de Toledo).

Características generales de control

El Manual de Vuelo del velero SZD-50-3 Puchacz describe las características de vuelo siguientes:

- Carrera en tierra corta y con buena absorción de impactos.
- Buen control lateral y direccional.
- Comportamiento seguro en bajas velocidades sin una excesiva tendencia a la barrena.

Prestaciones de la aeronave

La curva polar de velocidades de la aeronave presenta los siguientes puntos importantes:

- Mínima velocidad vertical de descenso de 0,7 m/s a 75 km/h.
- Máximo coeficiente de planeo de 30:1 a 85 km/h.

Otros puntos de la polar	
Airspeed (km/h)	Velocidad vertical (m/s)
80	0,7
100	0,95
120	1,33
140	1,92
160	2,73
180	3,75

Despegue y vuelo en remolque

De acuerdo con la masa de la tripulación, ajustar la aleta compensadora:

- Vuelo solo: morro pesado o abajo.
- Tripulación pesada: posición neutral.

Aleta compensadora longitudinal en vuelo libre

La aleta compensadora permite al planeador ajustar:

- Para vuelo con un tripulante de peso ligero: dentro de un margen de velocidades indicadas de entre 60 a 150 km/h.
- Para tripulación pesada: dentro de un margen de velocidades indicadas de entre 78 a 215 km/h.

Comportamiento en la pérdida

La velocidad de pérdida, dependiendo de la masa total, en vuelo nivelado está entre los 58 km/h para el caso de un solo piloto ligero y los 72 km/h para el caso de tripulación pesada y pesos próximos al máximo de 570 kg.

Los avisos de entrada en pérdida son en forma de vibraciones perceptibles en el fuselaje, oscilaciones en la velocidad indicada y actitud de «morro arriba». Cuando se produce la pérdida, el planeador desciende simétricamente en general y, una vez se ha tirado de la palanca, con tendencia a hundir el ala.

La pérdida en viraje está precedida por una distinta inclinación para cerrar el giro. Después de tirar de la palanca el planeador desciende con tendencia a incrementar la inclinación lateral. Si, aún así, la tendencia a disminuir el radio de giro es corregida con el alerón, el planeador gira en pérdida y con fuertes vibraciones sin descender.

Con los aerofrenos extendidos, la velocidad de pérdida en vuelo nivelado está, dependiendo de la masa del velero, entre 65 y 75 km/h.

En todos los casos de pérdida, el velero permite recobrar el vuelo normal mediante la actuación resolutiva del timón de profundidad y, si es necesario, deflectando otros controles para compensar la inclinación lateral.

Comportamiento en barrena

Cuando se ejecuta una barrena en vuelo nivelado es recomendable, para hacerlo más fácil, tener una pequeña inclinación lateral hacia la dirección de la barrena. También es posible entrar en barrena en el giro.

En ambos casos, es recomendable disminuir la velocidad tirando de la palanca lentamente y, en el momento de iniciar la pérdida, tirar de la palanca hasta el tope.

Deflectar el timón de dirección hacia la barrena buscada. Para el caso de un solo piloto, cuya masa junto con la del paracaídas esté entre 75 y 90 kg, la deflexión recomendada del alerón es opuesta a la rotación. Las características de la barrena que se obtienen son de inclinación longitudinal pequeña, oscilaciones longitudinales suaves y velocidad indicada cercana a 0 km/h.

La deflexión del alerón hacia la barrena favorece la aparición o aumento de las oscilaciones longitudinales, especialmente con un solo piloto de peso ligero, y no está recomendado.

La técnica de recuperación recomendada es la siguiente:

- Deflexión total del timón de dirección opuesta a la rotación (requiere un considerable esfuerzo de pie).
- Esperar durante 1 segundo.
- Empujar la palanca hacia delante más de su posición neutral.
- En el peor de los casos, aplicando esta técnica, la recuperación se produce en menos de un giro.

Formación de piloto de planeador (general y en el RACT)

La OM del 14 de junio de 1995 sobre «Títulos y licencias aeronáuticos civiles» establece los requisitos para obtener el título y licencia de piloto de planeador, entre los cuales (apartado 2.12.1.3.2.f) establece:

«El solicitante habrá adquirido, bajo la supervisión apropiada, experiencia operacional en planeadores, como mínimo en los siguientes aspectos:

- f) Reconocimiento y recuperación en situaciones de proximidad a la pérdida y de pérdida así como de picados en espiral.»

En relación con este requisito establecido por la DGAC, el Real Aero Club de Toledo ejecuta, cuando el alumno ha alcanzado el nivel adecuado, las maniobras de pérdida y barrena con objeto de que se familiaricen, sepan identificar los síntomas de la aeronave en tales situaciones y automaticen las actuaciones adecuadas en cada una de ellas.

2. ANÁLISIS

2.1. Formación del alumno piloto

Durante la investigación se ha podido comprobar que este aeroclub tiene establecido un programa de formación de alumnos-pilotos de velero que sobrepasa los mínimos establecidos para número y horas de vuelo en doble mando y alumno solo, con el fin de obtener una formación tutelada, progresiva y de buenos resultados en los exámenes para la obtención de la licencia de piloto de velero.

Dentro de esta instrucción se incluía el conocimiento de las prestaciones de la aeronave y de todo su Manual de Vuelo.

También se comprobó que en la fase de doble mando, el instructor había practicado con el alumno, entre otras cosas, la entrada y recuperación de pérdidas niveladas y barrenas.

La formación del alumno-piloto se considera por tanto adecuada.

Por otra parte, los testimonios recogidos indican que el alumno piloto era una persona madura y equilibrada, que había demostrado interés en la formación de piloto recibida y había obtenido un buen aprovechamiento de la misma.

2.2. Condiciones del vuelo efectuado

El vuelo de la mañana del domingo 2 de marzo reunía todas las características de normalidad posibles y no se ha encontrado ninguna circunstancia del entorno del mismo que pudiese haber alterado su desarrollo:

- Inicio de la actividad de vuelo sin prisa y relativamente tarde, hacia las 13.00 horas, como suele ser normal en las épocas no estivales.
- Condiciones meteorológicas normales para esta época del año con vientos estables, suaves y moderados, cielo cubierto por encima de la altura de remolque, 500 metros, y buena visibilidad horizontal.
- Estado de la pista en buenas condiciones.
- Comprobación pre-vuelo efectuada por el piloto y sin encontrar anomalías en la misma.
- Presencia de pilotos expertos en el campo y con acceso a la radio para apoyo de los alumnos y de la actividad del aeródromo.
- Escasa actividad simultánea en el campo de vuelos. Se efectuaron cinco vuelos de veleros desde las 13.00 hasta 13.45 horas, y durante este vuelo había un máximo de tres veleros en el aire.

El remolque se realizó sin incidencias y el velero se soltó a los 500 metros de altura. Después de la suelta el piloto evolucionó en el entorno del aeródromo, preferentemente al suroeste de la pista y sin alejarse a más de 1500 metros de ésta.

Los últimos tramos del vuelo y las informaciones recopiladas de las comunicaciones radio del piloto, pueden aportar alguna información a la situación del velero y piloto:

- El piloto parece buscar con interés la presencia de térmicas, tratando de alargar el tiempo de vuelo al máximo posible.
- Es en esos momentos cuando la aeronave se aleja más en relación con la cabecera de la pista que debe usar para la toma.
- La altura del velero sobre el campo empieza a ser comprometida, es decir, está en el margen inferior para iniciar la aproximación a la cabecera, tramo de viento en cola, de acuerdo con las normas de operación del aeroclub.
- Incluso parece posible que el piloto perdiese las referencias de situación en estos momentos ya que el tramo de alejamiento BC carece de sentido en las condiciones descritas.
- En este recorrido más alejado de la pista pudo aumentar la pérdida de altura por la presencia de descendencias, ya que parece agravarse su preocupación por sujetarse arriba y su precariedad de margen de altura.
- A pesar de esta situación no toma medidas drásticas para aproximarse por derecho a la cabecera de toma, ya que parece dirigirse más bien al tramo final de viento en cola con intención de hacer el circuito completo.
- En el último tramo, CD, se pudo agravar aún más su pérdida de altura por la presencia de descendencias.
- Aunque no quedó constancia de lo ocurrido a bordo, ni existen indicios que lo confirmen, la actuación del piloto en la última parte del vuelo pudo estar condicionada por alguna tarea menor en cabina que mermó la capacidad de decisión del piloto.
- En el último tramo de aproximación a la pista el velero llevaba una actitud de morro arriba pronunciada, perdiendo velocidad paulatinamente.
- Se desconoce la razón por la que la frecuencia sintonizada en el equipo de abordó es distinta de la del aeródromo.

2.3. Características de vuelo del velero SZD-50-3 «PUCHACZ»

El velero fabricado de materiales compuestos, llamados plásticos en el argot del vuelo a vela, es de entrenamiento avanzado y semi-acrobático sin limitaciones especiales. Su construcción es de ala alta con flecha ligeramente negativa y sin torsión de ala a lo largo de su envergadura.

De acuerdo con documentación de vuelos de evaluación de este velero consultada (efectuados por pilotos de TSA-Texas Soaring Association), es agradablemente estable en todos los ejes. Es fácil en el remolque por avión «quizá muy fácil para un buen entre-

namiento». Tiene dos compensadores en el timón de profundidad que permiten una precisa compensación en el ángulo de pitch ó cabeceo. En la entrada en barrena provocada cae un ala y se inicia ésta de modo similar a otros veleros de altas prestaciones; ésta era una de las principales razones para que muchos instructores recomendaran su utilización para entrenamiento avanzado, (esta misma razón en sentido opuesto podría esgrimirse para desaconsejar su utilización en entrenamiento básico e inicial).

Se hicieron pruebas de barrenas con inicio de recuperación después de un giro de 180° para simular la recuperación después de una entrada en barrena no intencionada. El resultado fue que el giro continuaba hasta 115° más (295° = 300° en total) y la altitud perdida era de 425 pies (130 metros) desde el punto de inicio de barrena; las recuperaciones se limitaron a un máximo de 2 g.

En las conclusiones del ensayo se menciona que dentro del grupo de instructores de varios clubs comentan que «les gusta» y que «vuela como un avión auténtico», que ejemplifican las principales cualidades del velero como una herramienta de enseñanza. Es muy agradable de volar con unos controles muy equilibrados y unas características de vuelo por encima de la media. No obstante, como no se debe olvidar que ocurría, mencionan ellos, con el tradicional Schweizer 2-33, el alumno debe alcanzar un alto nivel en sus habilidades antes de soltarle para vuelo solo. Durante las pérdidas el ala izquierda tiene tendencia a caer; este es el caso incluso en la pérdida en un giro suave a la derecha. La caída es bastante brusca y requiere mover la palanca hacia adelante para la recuperación. Esta misma tendencia hace al Puchacz un fantástico velero para barrenas. También entra fácilmente en barrena por cruce de mandos. Para la recuperación se requiere primero aplicación positiva del timón de dirección y luego palanca para recuperar. No parece que se recupere una barrena del velero por si mismo.

En otro ensayo adicional de barrenas con este velero se menciona que el Puchacz entra en barrena con el morro muy bajo y da relativamente pocos avisos, menos que otros modelos de veleros, la recuperación es directa y no dilatada o dudosa. Centrándose en la suelta de pilotos nuevos en el velero, se necesita prestar atención al manejo a baja velocidad y las características de entrada en pérdida/barrena, más que a la recuperación de éstas en si mismo. Este velero tiene unas características de pérdida/barrena más cercana a muchos (plásticos) veleros de altas prestaciones monoplazas que a la mayoría de veleros biplazas en uso.

Durante la investigación se ha contado con la colaboración de instructores del Aeroclub de Toledo, con gran experiencia en vuelo a vela, y que han hecho pruebas de entrada en barrena con otro velero Puchacz, anteriores y posteriores al evento. Como resultado de éstas, se ha comprobado que desde vuelo lento simétrico si se inicia un viraje con mucho pie y pobre inclinación, se produce la entrada en barrena sin solución de continuidad y a una velocidad indicada que puede no alertar al piloto poco avezado. La entrada en barrena desde el viraje se producía a izquierdas a una velocidad poco superior a 60 km/h y a derechas a 70 km/h; esta asimetría de velocidades indica asimetrías

en la eficiencia de las tomas de presión estática y total, así como, poca fiabilidad de la indicación de velocidad en viraje a baja velocidad. También se comprobó la menor estabilidad del Puchacz, con relación a otros veleros biplazas de instrucción como el Blanik y el PW-6, ya que el primero no sale por sí mismo de la barrena y los otros dos mencionados sí lo hacen por sí mismos y al soltar el piloto los mandos.

2.4. Descripción del escenario de entrada en barrena involuntaria

Intentamos aquí describir las condiciones, que acumuladas en alguna fase de un vuelo local, originan generalmente una situación de riesgo mortal en el desenlace y final del vuelo. En estas situaciones de difícil gestión puede incurrir inadvertidamente un piloto con poca experiencia, e incluso es extensible a pilotos veteranos que hagan rutinario el poco rigor en la observancia de los parámetros mínimos de seguridad (del Manual de Vuelo de la aeronave, procedimientos en Aeródromo, o reglas de navegación aérea en general).

Todo ello con la intención de que una situación similar de vuelo pueda ser identificada lo antes posible y se rompa la cadena de acontecimientos que lleva a la entrada en barrena involuntaria a baja altura.

Situación de partida

La búsqueda infructuosa de una ascendencia térmica en una posición relativamente alejada de la cabecera de toma y con altura cercana o inferior a los límites de altura prescritos para el circuito de aeródromo o incluso insuficiente para alcanzar la pista en condiciones de tomar. O bien el encontrarse encima de pista con baja altura y sin pista remanente, después de una suelta no deseada o forzada.

Toma de una decisión de riesgo

El piloto decide entrar en pista, ya que no se plantea alternativas dada la situación apurada de partida y el nerviosismo consiguiente que le deja bloqueado para pensar otra alternativa, o estima erróneamente que es la única decisión posible, dada la proximidad de la pista para la toma, o incluso desestima la posibilidad de toma fuera de campo ya que es sinónimo de «deshonra» y «afeamiento». El piloto experimentado en cambio, estaría en guardia sobre la posibilidad incluso de encontrarse descendencias fuertes.

Resultado de la decisión

En consecuencia con la decisión adoptada, o incluso ante una situación agravada por la presencia de descendencias, y para salvar la situación el piloto se siente impulsado a dis-

minuir la velocidad en un intento instintivo de no perder más altura, acercando la velocidad de vuelo a la velocidad de pérdida. La intención instintiva es dilatar la altura y el tiempo disponible para alcanzar la pista.

Incapacidad para cambiar de decisión

En esa situación de vuelo, el reflejo irracional o instintivo domina sobre el conocimiento teórico de que el planeo, la velocidad de descenso, la respuesta de los mandos y la controlabilidad general empeoran notablemente a baja velocidad. Por ello, el piloto queda sin capacidad para darse cuenta de lo equivocado de su decisión y, si además, no tiene experiencia, directa y volando solo, de las consecuencias posteriores, no cambia de intenciones y continúa entrando en una situación de mayor riesgo.

El viraje último

En alguna fase de este acercamiento apurado a la pista o de orientación para la cabecera de toma, se hace necesario efectuar un viraje. En un viraje la velocidad de pérdida se puede incrementar hasta más de un 30%, y esto se acentúa en los virajes descoordinados con mucho pedal y poco alabeo a los que tiende el piloto debido a la aprensión a bajar el plano volando tan bajo. Es entonces cuando la aeronave reúne las condiciones para la entrada en barrena de manera inadvertida y sin solución de continuidad desde lo que parecía un viraje inocuo. La aeronave se «enrosca» en el viraje, y ante la sorpresa del piloto, con la atención más puesta en el terreno que en el avión, y la muy baja altura sobre el suelo, el desenlace es casi siempre fatal. No quedan posibilidades de reacción, ya que no hay altura suficiente, para llegar al suelo en condiciones de toma o con impacto suave.

2.5. Posibilidades de cambio en la secuencia de acontecimientos

Hay un primer indicio de que el alumno piloto se ha salido de la secuencia de procedimientos establecidos, y es que cuando se encontraba a una altura aproximada de entre 250 y 200 metros, de acuerdo con las estimaciones de los pilotos en el aeródromo, no comunicó por radio que iniciaba «viento en cola izquierda», para indicar que iniciaba la aproximación a la cabecera 30.

Otro indicio de que el piloto estaba fuera de una situación normal para la aproximación final y la toma fue la respuesta dada por radio a una pregunta de otro instructor volando con alumno, y originada por la sensación de que éste se encontraba bajo y fuera del circuito, en el sentido de si se sujetaba ó le dejaba sitio para entrar delante de él. La respuesta dada con un tono de nerviosismo y muy rápida fue en el sentido de que no se sujetaba.

La mejor posibilidad que hubo para cambiar el desarrollo del vuelo, se produjo cuando desde tierra y por radio se le indicó al piloto por dos veces que bajara el morro y luego que recortara el tramo de viento en cola. Sin embargo no se obtuvo respuesta rápida del piloto a bajar el morro y casi a continuación se inició la caída del plano izquierdo para viraje a izquierdas y entrada en barrena. Este viraje podría ser tanto intencionado del piloto para recortar o el inicio de barrena ya que, como se ha mencionado anteriormente, este velero tiende a caer hacia este lado.

Por otra parte el velero por sí mismo ofrece poco margen a la equivocación de un piloto inexperto debido a su comportamiento similar a otros veleros de altas prestaciones, y a que da pocos avisos antes de entrar en pérdida. Un velero más estable y que dé avisos importantes como vibraciones y balanceo extraños antes de la entrada en pérdida, permite más posibilidades al piloto ante un exceso de reducción de velocidad para corregir la situación de riesgo de pérdida de control del velero en que está incurriendo.

3. CONCLUSIONES

3.1. Compendio

- El alumno piloto había recibido una formación apropiada para la obtención del título de piloto de velero hasta la fecha del evento.
- La aeronave se encontraba en condiciones de aeronavegabilidad y no se halló ningún indicio de fallo anterior al impacto con el terreno. Todos los daños sufridos por ésta fueron consecuencia del impacto contra el suelo.
- En los últimos tramos del vuelo el piloto apuró las alturas, descendiendo por debajo de las de referencia para iniciar el tramo de viento en cola para la aproximación a la cabecera de pista en servicio.
- El último tramo del vuelo lo efectuó la aeronave con una actitud de morro arriba y perdiendo velocidad.
- Al inicio de un ligero viraje a la izquierda para acortar la aproximación a la cabecera 30 de la pista, la aeronave entró en barrena a izquierdas, posiblemente con un ligero balanceo de aviso antes de iniciarse.
- Por la dirección del impacto contra el suelo, parece que el velero dio prácticamente un giro de 360° de barrena hasta llegar al impacto contra el terreno.
- El impacto se produjo con una actitud de cabeceo del orden de 45° morro abajo y sin alabeo apreciable, es decir del orden de 0°.
- No se encontraron indicios de giro apreciables en el impacto, por lo que el piloto había logrado detener ya el giro de barrena, pero no la recuperación de altura.
- La mayor parte de la energía del impacto contra el suelo fue absorbida por la rotura y deformación de la cabina delantera ocupada por el piloto.

3.2. Causas

Se considera que el accidente se produjo debido a la pérdida de control del velero y entrada en barrena a izquierdas, a baja altura, que hacía prácticamente imposible su recuperación antes del impacto contra el suelo. La pérdida de control se debió a una velocidad baja del velero en un intento del piloto por alcanzar la pista desde una posición relativamente baja y alejada de ésta.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Debido a la elevada cantidad de accidentes relacionados con la pérdida de control a baja altura y el altísimo porcentaje de fatalidad de estos eventos, tanto en aeronaves ligeras de motor como en veleros, se emiten las siguientes Recomendaciones de Seguridad:

REC 28/03. Se recomienda a las escuelas y a los instructores de pilotos que hagan hincapié, durante los vuelos de entrenamiento en doble mando, del riesgo mortal de entrada en barrena irrecuperable que supone el vuelo a baja velocidad y a baja altura en sí mismo y en mayor medida cuando se asocia a cualquier ligero viraje. Para ello, podría ser aconsejable practicar la entrada y recuperación de barrenas, no solo mandadas, sino también las involuntarias iniciadas desde virajes a baja velocidad.

REC 29/03. Se recomienda a las escuelas y a los instructores de pilotos que desarrollen en sus alumnos habilidades para reconocer a tiempo que se está generando en el vuelo una situación de riesgo mortal inminente, como es el vuelo a baja velocidad y baja altura.

Se trataría con ello de prever las emergencias posibles de cada situación para evitar el confiarlo todo posteriormente a los reflejos, buscando alternativas ante una situación de vuelo apurada, dando prioridad a la seguridad personal sobre la integridad del velero.

REC 30/03. Se recomienda a las escuelas de pilotos de velero y aeroclubes que ofrecen formación inicial de pilotos de velero que reevalúen la idoneidad de los veleros biplazas utilizados en instrucción básica, dando prioridad a la mayor estabilidad del vuelo frente a la maniobrabilidad, ya que los que presentan mejores características de estabilidad ofrecen un mayor margen ante desviaciones de las prácticas normales de pilotaje y mayores avisos para corregir una decisión incorrecta.