

RESUMEN DE DATOS
LOCALIZACIÓN

Fecha y hora	Sábado, 9 de julio de 2005; 18:30 h local
Lugar	Término municipal de Loporzano (Huesca)

AERONAVE

Matrícula	EC-ICP
Tipo y modelo	Velero SCHLEICHER ASW 20
Explotador	Privado

Motores

Tipo y modelo	
Número	

TRIPULACIÓN
Piloto al mando

Edad	67 años
Licencia	Piloto de planeador
Total horas de vuelo	1.500 h
Horas de vuelo en el tipo	35 h

LESIONES

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación		1	
Pasajeros			
Otras personas			

DAÑOS

Aeronave	Importantes
Otros daños	Ninguno

DATOS DEL VUELO

Tipo de operación	Aviación general – No comercial – Placer
Fase del vuelo	Planeo final

INFORME

Fecha de aprobación	22 de febrero de 2006
---------------------	------------------------------

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del vuelo

La aeronave había despegado remolcada por un avión del Aeródromo de Monflorite, Huesca (LEHC), sobre las 15:30 hora local para realizar un vuelo por la zona. Tras soltarse del avión remolcador inició su vuelo libre. Alrededor de las 18:30 h regresaba hacia el punto de partida y estaba aproximadamente a unos 24 km de Monflorite, sobre la sierra de Guara, cuando con altura suficiente inició un planeo final¹ a alta velocidad aporado hacia su base. Cuando se encontraba a unos 10 km de distancia notó una fuerte ráfaga vertical ascendente, turbulencias y vibraciones que le hicieron perder el control de la velocidad del avión, el cual incrementaba su ángulo de picado. Se soltó el arnés para abandonar la aeronave, y su propia inercia le impulsó fuera del planeador rompiendo la cúpula de la cabina con la cabeza. Tiró de la anilla de apertura del paracaídas y descendió hasta un campo de labor segado, por el que fue arrastrado unos 50 m por el viento. Fue inicialmente socorrido por unos ciclistas que circulaban por una carretera aledaña. El golpe en la cabeza al romper la cúpula, el contacto con el suelo y el arrastre por el campo le produjeron la rotura de algunas costillas y otras lesiones que



Figura 1. Fotografía del estado de la aeronave

¹ En la práctica del vuelo sin motor se llama «planeo final» en los vuelos de distancia o campo a través al planeo que se hace en dirección al campo de aterrizaje o meta, cuando se tiene altura suficiente para alcanzarlos sin necesidad de buscar ninguna nueva ascendencia. En los vuelos de competición o de récord, el exceso de altura sobre la necesaria se puede aprovechar para aumentar la velocidad del planeo final y mejorar la velocidad media. En los vuelos de entrenamiento se puede practicar el planeo final a alta velocidad como medio para ganar experiencia.

requirieron la atención de los servicios médicos en el lugar del accidente y la hospitalización durante varios días. El avión cayó más al Este del piloto, aproximadamente a 400 m de distancia, y quedó en posición invertida.

1.2. Información sobre la aeronave

1.2.1. Características técnicas y aerodinámicas

El velero SCHLEICHER ASW 20, fabricado en 1977, con número de serie 20400, tiene 15 m de envergadura, 6,82 m de longitud y 1,42 m de altura. El ala es rectangular en el encastre y trapezoidal en el extremo, con un perfil laminar. El empenaje tiene forma de T. La sección del fuselaje es elíptica. La estructura es de fibra de vidrio y resina epoxy. En este tipo de avión los flaps y los alerones están interconectados. En las posiciones de flap negativo los alerones se deflexan también hacia arriba para reducir la resistencia aerodinámica. En posiciones de flap positivo los alerones se deflexan hacia abajo, pero recobran la posición neutra al seleccionar flap de aterrizaje para mantener el control lateral con grandes ángulos de ataque. Al mover la palanca de mando lateralmente se deflexan tanto los alerones como los flap, pero con distinto ángulo.

A continuación se recogen las limitaciones y procedimientos descritos en el manual de vuelo del avión y en el manual de operación del ASW 20.

1.2.1.1. Velocidades límite

En el manual de vuelo se definen una serie de velocidades límite de uso que vienen expresadas como velocidad indicada (IAS):

- Velocidad de maniobra, a la que se puede deflexar completamente los timones de profundidad $V_A = 175$ km/h.
- Velocidad en aire turbulento $V_B = 180$ km/h.
- Velocidad máxima operativa o Velocidad-nunca-exceder $V_{NE} = 265$ km/h. A la velocidad V_{NE} sólo se permite una deflexión del timón de profundidad de un tercio de su recorrido.

Atendiendo a la posición de flap seleccionada, los límites de velocidades máximas (V_{FE}) son:

Posición de flap	Ángulo de deflexión de flap	Velocidad mínima	Velocidad máxima (V_{FE})
1	-11°	113 km/h	265 km/h
2	-6°	92 km/h	200 km/h
3	0°	92 km/h	200 km/h
4	9°	51 km/h	130 km/h
5	40°	48 km/h	120 km/h
6	55°	48 km/h	120 km/h

- Velocidad máxima de remolque con el aire en calma V_t : 170 km/h.
- Velocidad máxima de ascenso en térmica V_w : 125 km/h.
- Velocidad máxima de maniobra con los aerofrenos V_{bs} : 265 km/h.
- Velocidad máxima de salida y maniobra del tren de aterrizaje V_{le} : 170 km/h.

1.2.1.2. Factores de carga límite de maniobra

A $V_A = 175$ km/h el máximo factor de carga positivo es +5,3 g.

A $V_{NE} = 265$ km/h el máximo factor de carga positivo es +4 g.

1.2.1.3. Valores de ráfaga máxima permisible

A la velocidad $V_B = 180$ km/h la ráfaga máxima de diseño es de 15 m/s.

A la velocidad $V_{NE} = 265$ km/h la ráfaga máxima de diseño es de 7,5 m/s.

1.2.1.4. Otras consideraciones sobre cargas estructurales

El manual de vuelo, en su prefacio, alerta de que los requisitos de aeronavegabilidad de cargas de maniobra y de cargas por ráfagas según las normas se deben cumplir aisladamente, por lo que es posible sobrecargar la estructura del avión si se suman cargas ejecutando maniobras cuando se vuela en aire turbulento.

También expone que una limitación de ráfaga de +7,5 m/s se puede encontrar cuando se pasa de una descendencia de 4,5 m/s a una ascendencia de 3 m/s, por ejemplo.

1.2.1.5. Consideraciones sobre el flameo

El manual de vuelo recomienda la instalación en el avión de amortiguadores de flameo de alerón si se vuela en países cálidos, bajo ciertas condiciones (temperaturas superiores a 35 °C, flap en posición 1, velocidades de vuelo de 230 km/h, etc.).

Además, para prevenir el flameo, da directrices sobre el equilibrado másico de los alerones, el sellado de las ranuras de las superficies de control de las alas con cinta de plástico o de acero y hace referencia a distintas directivas e instrucciones de mantenimiento para evitar holguras en los mandos, vibraciones de alerón, etc. (LBA-AD-No. 87-141, LBA-AD-No. 81-54, Maintenance Instruction D).

1.2.1.6. Procedimiento de emergencia de salto en paracaídas

El manual de vuelo establece el siguiente procedimiento:

1. Abrir los pestillos (blancos) de la cúpula.

2. Tirar de la bola roja de apertura en emergencia de la cúpula y empujar hacia fuera.
3. Soltar los atalajes de seguridad.
4. Tratar de salir del planeador. ¡Mirar la cola!

El paracaídas de emergencia proporciona una velocidad de descenso, en función del peso del piloto y de las condiciones ambientales, de 6 a 8 m/s.

1.2.2. *Certificado de aeronavegabilidad*

- Tipo y categoría: Velero. Semiacrobatia.
- Emisión y validez: Emitido el 02-02-2005 y válido hasta el 03-02-2006.

La aeronave tenía cumplimentadas todas las directivas de aeronavegabilidad aplicables.

1.2.3. *Mantenimiento de la aeronave*

- Última revisión de 100 h: 14-05-2005.
- Horas totales: 2.317 h y 8 minutos.

La aeronave había pasado las revisiones de mantenimiento satisfactoriamente.

1.3. **Meteorología**

La información facilitada por el Instituto Nacional de Meteorología es la siguiente:

Situación general

En niveles bajos el anticiclón de las Azores se extendía por el norte peninsular y área mediterránea. La presión se debilitaba por el sur peninsular por la presencia de una potente dorsal térmica.

Provincia de Huesca

La predicción para el día 09-07-2005 fue: «En los Pirineos, intervalos nubosos con probables chubascos y tormentas en los macizos orientales durante la tarde. Poca nubosidad en el resto de la provincia». No se aprecia en las imágenes radar actividad tormentosa alguna a la hora del accidente. En las fotos del satélite se aprecia nubosidad escasa.

Datos de la estación meteorológica automática del Aeródromo de Monflorite.
Altura: 541 m

Hora (UTC)	Viento medio		Viento máximo		Temperatura	Presión
	Dirección	Velocidad	Dirección	Velocidad		
16:20	245°	18 kt	290°	25 kt	28,5 °C	1.016 mb
16:30	236°	17 kt	245°	24 kt	28,3 °C	1.016 mb

Lugar del accidente

Aunque no se llegasen a formar nubes, lo más probable es que las altas temperaturas en superficie hubiesen dado lugar a actividad térmica convectiva que originaba turbulencias moderadas en los niveles bajos de la atmósfera. Estas turbulencias provocarían vientos racheados.

1.4. Declaración del piloto

Volaba a 200 km/h desde la sierra de Guara hacia Monflorite con una altura entre 1.100 y 1.200 m. Llevaba viento en cola de dirección norte y velocidad entre 27 y 37 km/h. Le informaron de que en superficie el viento era de 27 km/h y dirección 278°.

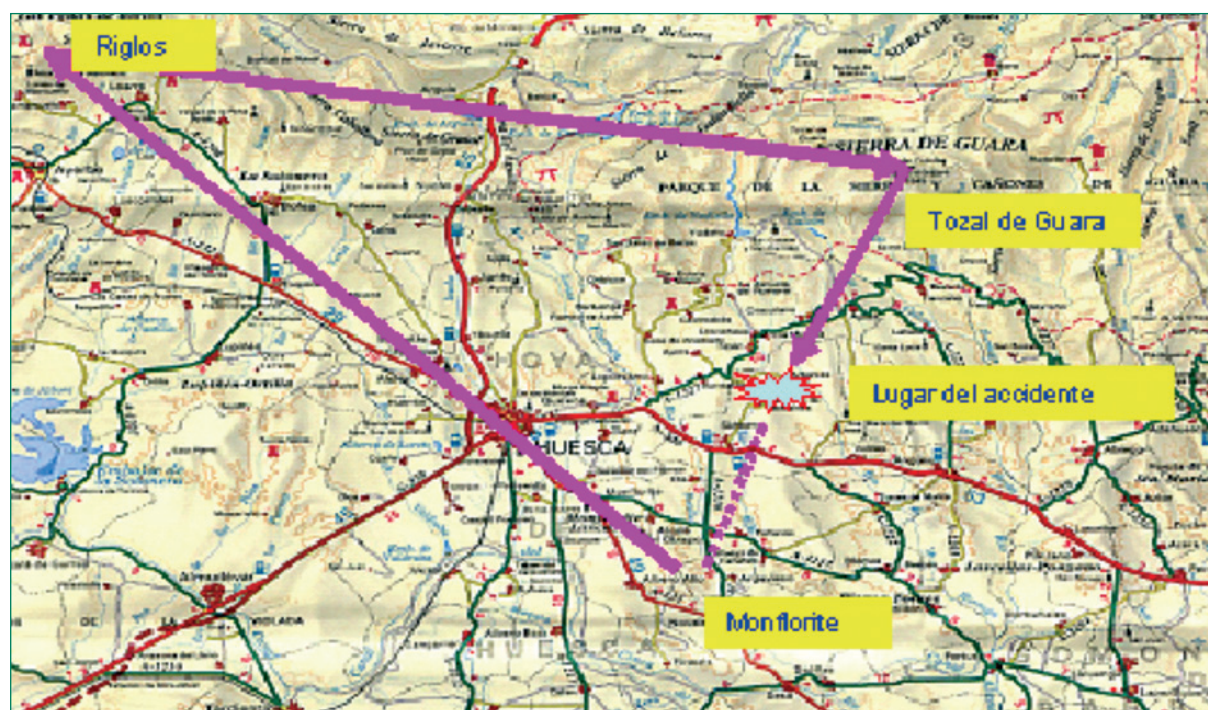


Figura 2. Recorrido realizado por la aeronave

De repente notó un fuerte impacto y empezó a vibrar. Tiró del mando de profundidad y se le escapó la palanca de sus manos. Intentó equilibrar el vuelo del avión, que experimentaba vibraciones y entraba en un picado sin control. Como no paraba de vibrar aflojó la presión sobre el mando y empezó a caer en picado. No llegaba a los pedales debido a la aceleración negativa a la que estaba siendo sometido. Se soltó el arnés y salió despedido rompiendo el techo de la cabina con la cabeza. El paracaídas se abrió completamente en unos 3 s desde que tiró de la anilla. Calcula el piloto que en unos 10 s más alcanzaba el suelo. El viento le desplazó horizontalmente en su descenso en paracaídas y después sobre el suelo lo arrastró unos 50 m más.

1.5. Inspección en el lugar del incidente

1.5.1. Orografía y emplazamiento de toma de tierra del piloto y del planeador

El accidente se produjo entre la sierra de Guara, de 2.000 m de altura, y el campo de Monflorite cuando el planeador estaba volando por encima de los primeros cerros en la ladera sur de la montaña. En la figura 8 se dibuja el perfil del terreno sobrevolado.

El velero cayó en un campo de cereal, ya segado, en el término municipal de Loporzano, cerca del punto kilométrico 6 de la carretera A-1227. El punto en el que se hallaron los restos estaba a 10 km al NE del Aeródromo de Monflorite y sus coordenadas geográficas, WGS-84, eran aproximadamente: N 42° 10' 34" / W 0° 16' 16". El piloto aterrizó con su paracaídas a unos 400 m hacia el oeste respecto del planeador.

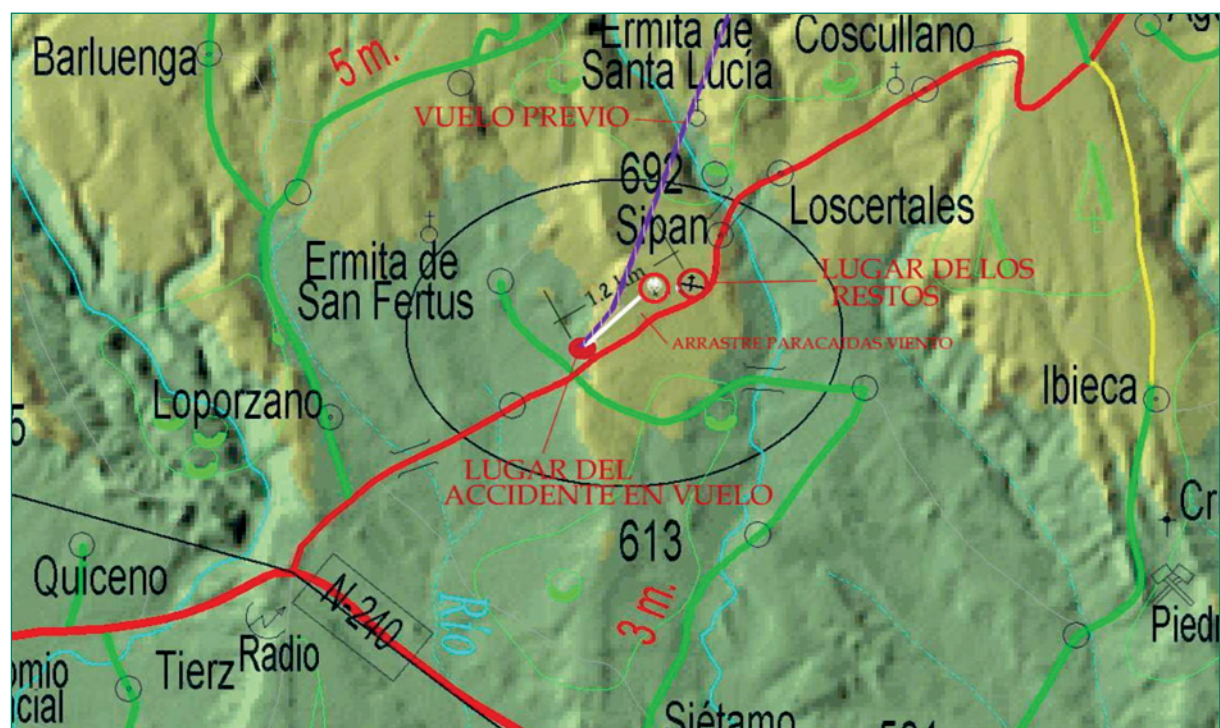


Figura 3. Emplazamiento de los puntos del accidente y aterrizaje de planeador y piloto

En la zona del accidente se suele producir la confluencia de los vientos generales de componente norte que vienen de la cordillera Cantábrica a altitudes superiores a la de las crestas de las montañas, con los vientos del oeste originados a altitudes inferiores en la cordillera Ibérica y encauzados por el valle del Ebro, dando lugar a cizalladuras.

1.5.2. Inspección de la aeronave

Los restos del planeador estaban bastante agrupados (véase figura 4). El fuselaje estaba en posición invertida y orientado al SW. No se encontraron señales de arrastre del planeador sobre el terreno. El tren de aterrizaje estaba recogido.

El ala izquierda estaba partida por una sección irregular, separándose un trozo, de unos 3,5 m de longitud, que comprendía todo el alerón izquierdo y una pequeña parte del flap. Este trozo del ala se encontró a 6,5 m de distancia del plano, en un ángulo de unos 15°, a la derecha respecto de la orientación del fuselaje del avión. En la punta del ala se apreciaron daños de impacto. Un trozo del flap izquierdo y otros tres trozos menores se encontraron a la derecha del avión y a distancias de 3 a 14 m. El borde de ataque del ala izquierda estaba abierto por una gran grieta en el sentido de la envergadura.

El plano derecho estaba completo, pero se descubrieron en su intradós fisuras y grietas en el sentido de la cuerda, en varias secciones del mismo, desde la estación 1,5 m hasta la estación 5 m aproximadamente, de la envergadura. El mismo tipo de grietas eran observables en el plano izquierdo y en el trozo separado de él. Estas grietas se extendían al extradós por el borde de ataque. Se atribuyó el origen de las fisuras y grietas a la flexión extrema del ala.

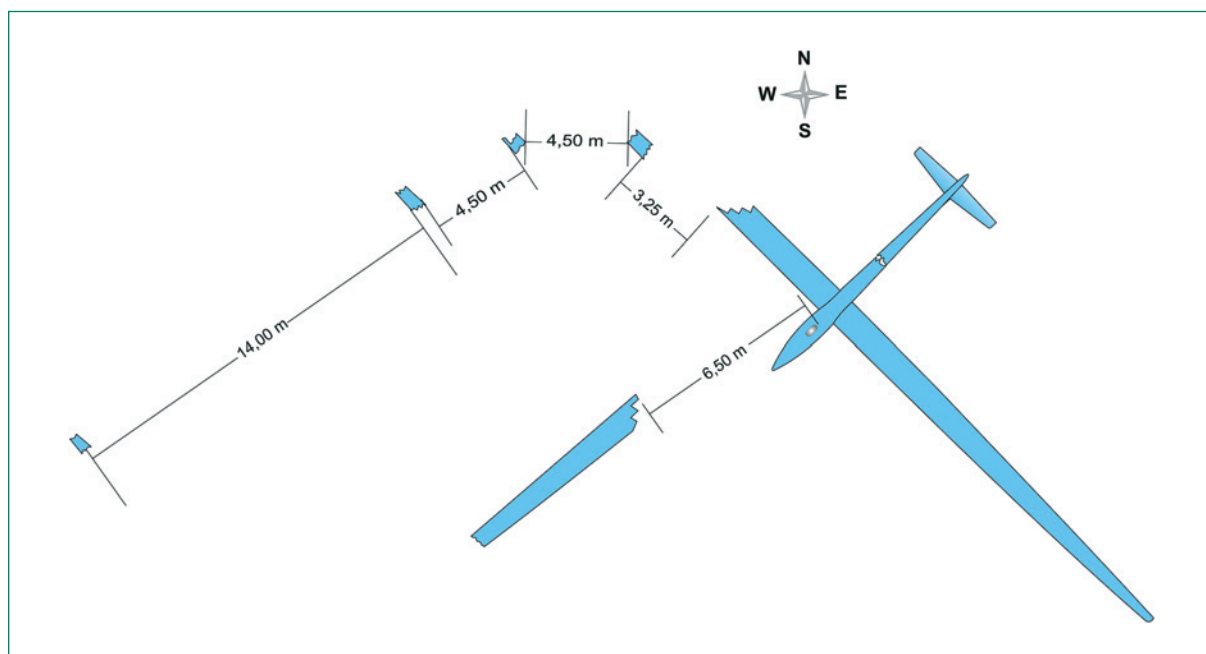


Figura 4. Croquis de la situación de los restos

En el alerón del plano derecho se observó una grieta que arrancaba de una charnela central.

El extradós del estabilizador horizontal y el lomo del avión presentaban daños de impacto vertical. El fuselaje estaba quebrado sin separarse totalmente la cola del fuselaje anterior y alas. El timón de profundidad estaba intacto y su movimiento tenía continuidad con el de la palanca de mando.

El flap estaba en posición positiva y los spoilers deflectados. El cerco de la cúpula permanecía en su posición y apestillado, pero faltaba toda la superficie de metacrilato. No se encontró un GPS portátil que probablemente iría sujeto al parabrisas con una ventosa. Todo el panel de instrumentos estaba vencido hacia fuera y algunos instrumentos separados impulsados por la inercia del golpe vertical.

1.6. Registradores de vuelo

El planeador estaba provisto de un registrador o «logger». Este registrador se usa deportivamente para la homologación de vuelos en competiciones, pruebas y medallas FAI.

Los datos fuente se registran en un fichero informático tipo IGC (International Gliding Commission) en la memoria de estado sólido que lleva. El grabador dispone de un sensor GPS y de un sensor barométrico. Registra parámetros de coordenadas geográficas del punto sobrevolado, altitud barométrica (QNE; 1.013,25 mb) y altitud geométrica GPS, así como un código de error que determina la precisión de los datos grabados. Los datos de altitud que se indican se han corregido por la diferencia de presión barométrica del día del accidente, 1.016 mb, con la estándar. El vuelo del accidente comenzó con el «logger» apagado y no se puso en funcionamiento hasta las 16:52 LT cuando volaba a una altitud de unos 2.600 m. Estaba ajustado para grabar puntos cada 10 segundos. De los datos grabados se pueden deducir velocidades medias, horizontales y verticales, en períodos de 10 segundos.

1.6.1. Trayectorias generales del vuelo según el «logger»

En la figura 5 se puede distinguir la trayectoria definida por los puntos grabados, desde las 16:52 LT, cuando se puso en funcionamiento, hasta el final del vuelo, a las 18:28:17.

El planeador se desplazó por los montes al norte de Monflorite a unas distancias de 25 a 45 km. En las fases de vuelo circular el velero era arrastrado por el viento. Del arrastre del viento se han deducido unas velocidades y orientaciones del mismo que se muestran en la figura 7. Se estima, por los datos del «logger», que a altitudes superiores a 2.000 m el viento era de 310°/10 km, mientras que a altitudes por debajo de 2.000 m era de 220°/20 km/h.

En la figura 6 se representa el barograma del vuelo desde el momento en que se puso en funcionamiento el registrador.

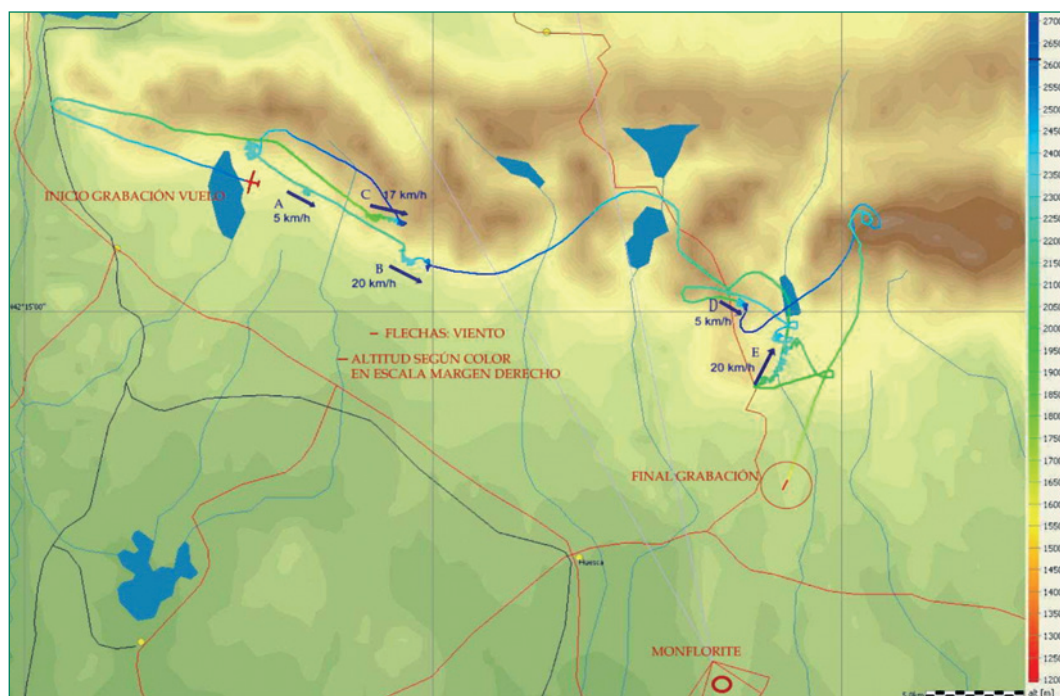


Figura 5. Trazo del vuelo grabada por el logger

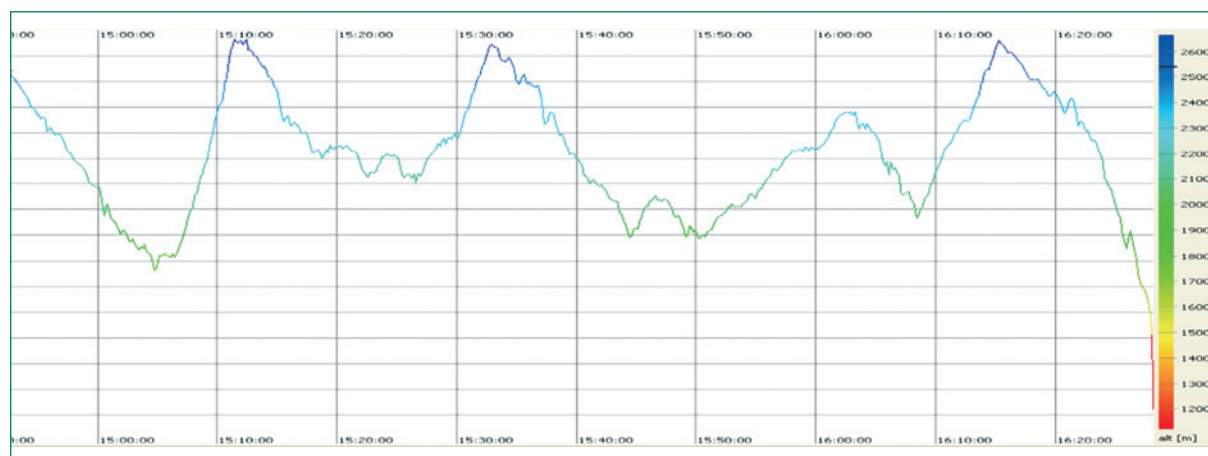


Figura 6. Barograma del vuelo

1.6.2. Últimos minutos del vuelo. Velocidad y rumbo derivados de los datos del «logger»

En los últimos cinco minutos de vuelo la aeronave siguió una trayectoria rectilínea en dirección SSW, picando inicialmente a velocidades del orden de los 200 km/h.

La velocidad horizontal respecto al terreno, deducida de las posiciones GPS, se ha combinado con la velocidad vertical para hallar la velocidad en la trayectoria respecto del suelo; después se ha corregido por los vientos en cara o en cola a cada altitud y luego

se ha convertido, la TAS resultante, en velocidad IAS. Los resultados de IAS y rumbo, juntamente con la evolución de la altitud, se representan en la figura 7. Son los valores medios que tomó la velocidad, velocidad vertical y rumbo deducidos de las posiciones del avión en instantes sucesivos a intervalos de 10 segundos según los cálculos que se muestran en el apéndice A.

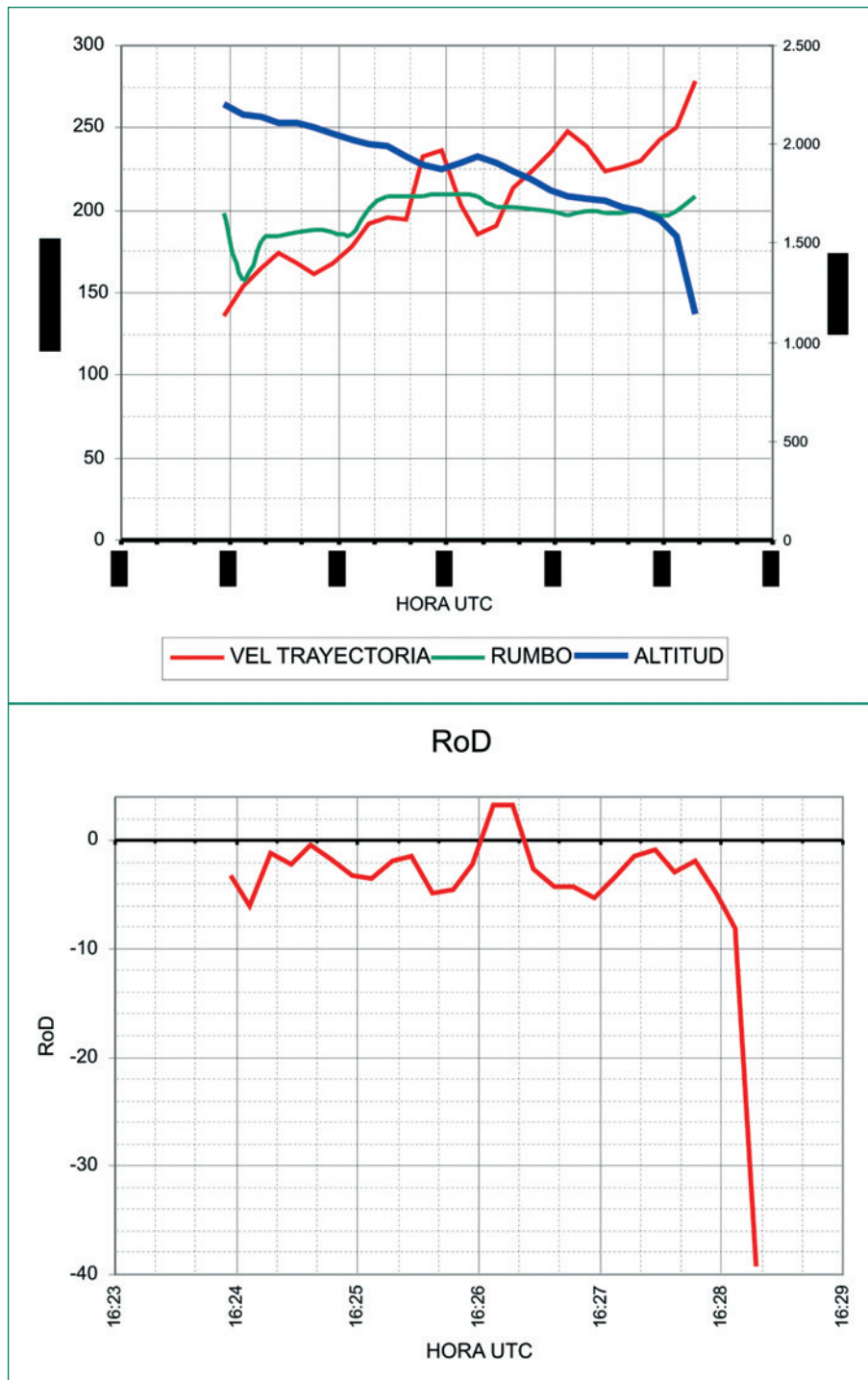


Figura 7. Altitud, velocidad sobre la trayectoria, rumbo y velocidad vertical

Antes de encontrarse con una ráfaga vertical a las 16:26, la velocidad IAS calculada era 230 km/h. En el último instante la velocidad IAS en la trayectoria de picado era superior a 278 km/h.

El último punto se grabó a las 18:28:17 (hora local), cuando la altitud barométrica era de 1.145 m, es decir, unos 525 m sobre el terreno en esos parajes. El ángulo medio de picado, en los 10 últimos segundos, era de 36°. En el penúltimo período de 10 s el ángulo promedio de la trayectoria de picado era de 8°.

Este último punto está identificado en el registro del «logger» como no confiable, por lo que todos los valores correspondientes al último período deben tomarse como aproximados.

1.7. Supervivencia

La supervivencia al accidente fue posible por la utilización del paracaídas, porque en la última fase del vuelo el planeador no era aeronavegable. Como la altura a la que volaba no era muy grande y la velocidad de descenso elevada, la rápida evacuación rompiendo la cúpula permitió la apertura a tiempo del paracaídas. Asimismo, la llamada por telefonía móvil del propio piloto y el auxilio de dos ciclistas que circulaban por la zona coadyuvaron a la supervivencia.

No obstante, al no abrir la cúpula se corrieron riesgos elevados de quedarse el piloto atrapado en la cabina cerrada con los atalajes sueltos e incapacitado por golpes en la cabeza para las acciones subsiguientes que oportunamente tomó.

2. ANÁLISIS

2.1. Desarrollo del vuelo

Era un día típico de verano y el sol había calentado mucho. Por ello la capa inferior de la atmósfera se había inestabilizado. En altura, los vientos, de unos 20 km/h, tenían dirección del NW, mientras que en niveles bajos tomaban dirección SW. El arrastre y la deriva al NE del descenso del piloto en paracaídas confirman la condición de viento en cara que tenía el planeador en los niveles bajos.

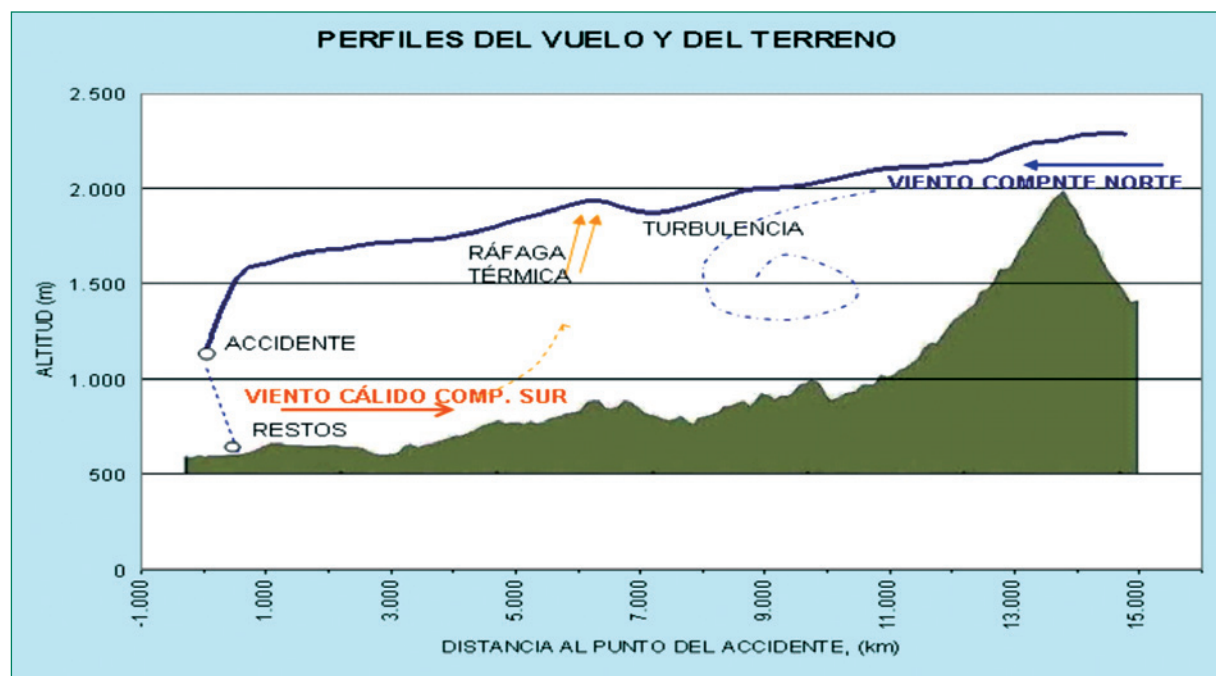
La capa de aire inferior, sobrecalentada e inestable, ascendía por los cerros que preceden a la sierra de Guara tomando el impulso inicial que desencadenaban las térmicas. El aire ascendente entraba en contacto con el aire en altura generándose turbulencia y fuertes ráfagas.

Por otro lado, el piloto del planeador ponía rumbo hacia la base de Monflorite después de tres horas de vuelo. Tenía altura suficiente para hacer el planeo final y eligió hacerlo a alta velocidad. En la sierra de Guara, con 1.800 m sobre el campo de Monflorite, a 24 km de distancia, comenzó a picar a 200 km/h. Respecto al suelo llevaba una velocidad superior, impulsado por una componente de viento en cola. Al descender por debajo de los 1.500 m de altura se encontró repentinamente con viento en cara, aumentando su velocidad IAS, al menos en unos 30 km/h, como se estima en el estudio de los datos GPS del «logger» en el apéndice A.

A esa altura, y con velocidad superior a la limitativa de vuelo en turbulencia, experimentó una ráfaga vertical fuerte que cambió la velocidad de descenso que llevaba por un ascenso, y momentáneamente disminuyó algo su velocidad respecto a tierra.

En estos veleros de gran envergadura, las ráfagas asimétricas en zona de turbulencias pueden inclinar el avión y hacerlo difícil de controlar.

No sabemos si en esos momentos accionó la palanca bruscamente, ni qué posición de flap llevaba. Los restos del avión quedaron con los flaps en posición positiva. Parece que la inercia del impacto tendería a desplazarlos en sentido de flap negativo, pero, por otro lado, la rotura del flap del plano izquierdo pudo moverlos a cualquier posición. En algún momento antes de abandonar el avión es posible que seleccionara una posición de flap positivo para la cual la velocidad máxima es de 130 km/h.



SSW

NNE

Figura 8. Perfiles del terreno y de la trayectoria final del vuelo

2.2. Pérdida de control y salto en paracaídas

Como no consiguió controlar el planeador, el piloto decidió abandonar la aeronave, para lo cual se soltó los atalajes y en ese momento salió despedido a través de la cúpula de metacrilato, la cual rompió con la cabeza. Ante una emergencia como ésta, el manual de vuelo establece que el piloto ha de abrir la cabina antes de saltar afuera. De esa manera se previene que el piloto pueda quedar atrapado al adoptar él mismo una posición inadecuada dentro de la cabina por efecto de las inercias. En este caso, sin embargo, se redujo el tiempo de abandono de la aeronave cuando la altura sobre el terreno se estaba reduciendo deprisa.

El salto se tuvo que producir pocos segundos antes del último punto grabado por el «logger», o escasos segundos después, a una altura sobre el terreno de unos 600 m ó menos. Efectivamente, en el penúltimo punto grabado por el «logger», 10 s antes, el avión sólo picaba débilmente, unos 8°. En el último período de 10 s el valor del picado medio era de unos 36° y la velocidad de 275 km/h, para terminar en invertido al llegar al suelo.

El «logger» dejaría de grabar, o bien porque el piloto arrancara la antena en su salida, o bien porque la posición del avión impidiera la recepción GPS. Sin embargo, se estima que las coordenadas de la última posición grabada en altura son correctas y que sólo pueden adolecer del error acumulado en los dos o tres últimos segundos de vuelo; el sensor barométrico funcionaría normalmente hasta el último punto grabado.

Después, durante el descenso en paracaídas, el piloto fue desviado en dirección NE durante unos centenares de metros, confirmando la fuerza y dirección del viento del SW.

Aterrizó en un campo de labor, en un punto próximo al de aterrizaje incontrolado del velero, y sufrió heridas de diversa consideración por el arrastre del paracaídas sobre el terreno, impulsado por el viento, además de las producidas por el primer contacto con tierra y el golpe de cabeza en el que rompió la cúpula de la cabina.

2.3. Caída del planeador sin control

Se puede imaginar que, cuando el piloto fue expelido de la cabina, el planeador rotaba negativamente en fuerte picado o en invertido. Como después se habría de ver, aun con daños estructurales, el avión no había perdido su integridad en el sentido de que no le faltaba ningún trozo del ala o de las superficies de mando, pues todos los restos de la aeronave se encontraron agrupados en el lugar del impacto con el terreno.

Al verse liberado del peso del piloto, el planeador, con el centro de gravedad muy retrasado, encabritaría hasta la pérdida. Si estaba en invertido, la caída de ala y el resbale siguiente recuperarían una actitud normal de vuelo, desde la cual planearía picando y encabritando varias veces hasta llegar al suelo. En el último instante caería el ala izquierda, que tocando el suelo se partió, al tiempo que frenaba la escasa velocidad horizon-

tal que llevaba el planeador. Efectivamente, la velocidad en el impacto era escasa como se deduce de los pocos daños y de la leve diseminación de los restos. Al impactar la punta del ala izquierda con el suelo, el avión volteó sobre ella y cayó a plomo sobre el estabilizador horizontal y el lomo del fuselaje, sin dañar apenas el ala derecha y los timones de dirección y profundidad. Como consecuencia del golpe de cola, se partió el fuselaje a media distancia entre la deriva vertical y el borde de salida del ala.

Los daños y fracturas debidas al impacto con el terreno se distinguen perfectamente de las grietas y fisuras, paralelas a la cuerda, encontradas en las alas. Se estima que éstas se debieron a cargas aerodinámicas durante el vuelo.

2.4. Respuesta del planeador a las condiciones de vuelo

La velocidad limitativa de vuelo en turbulencia es de 180 km/h. A esa velocidad el avión debe resistir una racha vertical de 15 m/s, de acuerdo con las normas de diseño. A la velocidad operativa máxima de picado, V_{NE} , la racha instantánea que el planeador debe resistir por diseño es de 7,5 m/s.

En este caso, de acuerdo con el análisis que se hace, el planeador entró en una zona de turbulencia con velocidad del orden de 230 km/h y encontró una ráfaga que pudo ser de 7,9 m/s, como se deduce del diagrama de velocidad vertical (véase figura 7), al pasar de descender a 4,6 m/s a subir a 3,3 m/s. Sin embargo, éstos son sólo valores medios que se han deducido de las posiciones sucesivas en períodos de 10 s. Aunque la racha pudo ser de intensidad aún superior, los tiempos de entrada en la ráfaga fueron de 10 ó 20 segundos en vez de ser instantánea. Por todo ello no se puede asegurar que se excedieran las condiciones de diseño en cuanto a ráfagas, aunque sí se puede suponer razonablemente que la racha fue violenta.

En los segundos posteriores —si se accionó bruscamente el mando de profundidad con amplitudes mayores de un tercio de su recorrido— pudieron alcanzarse en esta ocasión los límites de diseño por cargas de maniobra, que se adicionarían a los de las ráfagas y turbulencias. También se superaría la velocidad límite con flap positivo de 130 km/h si se llegó a accionar éste. No se ha podido determinar si en la fase de alta velocidad se entró con posición distinta de flap 1, en cuyo caso se habría excedido también el límite de velocidad de 200 km/h para flap 2.

El vuelo, en condiciones próximas a los límites de diseño, según este análisis, pudo producir deformaciones grandes e incipientes fisuras y grietas como las observadas en distintas estaciones de las dos alas y que son diferentes de los daños producidos por el impacto con tierra.

Se estima que, al mismo tiempo, la turbulencia inició y sostuvo unas vibraciones, que sintió el piloto, y que condujeron a un fenómeno de flameo de las alas («flutter»), aun-

que no se hubiera alcanzado la velocidad V_{NE} de la placa de limitaciones. (El valor limitativo de V_{NE} es de 265 km/h, pero ese valor corresponde a una posición de flap 1; no se sabe si el avión estaba configurado con distinta selección de flap.) Las oscilaciones del flameo pudieron cargar la estructura a flexión positiva y negativa, hasta su límite elástico, muchas veces en los cuatro minutos que duró el vuelo a alta velocidad.

Distintas directivas de aeronavegabilidad (AD) y boletines de servicio (SB), así como el mismo manual de vuelo, previenen del fenómeno de flameo en este tipo de velero. No se ha podido determinar, por el estado de los restos, ninguna evidencia de la posible contribución del estado de los mandos en este accidente. En otros accidentes e incidentes la falta de equilibrado másico de los alerones y la holgura de los mandos fue la causa del flameo de alerones. En este caso, tras el accidente solamente se pudo observar una grieta en el flap derecho, que arrancaba de una de las charnelas, cuyo origen es incierto.

Aún más, si en aquellos momentos de vuelo a altas velocidades se seleccionó flap positivo, pudo producirse el fenómeno de «inversión de mandos». Como se describió en el punto 1.4, este planeador está dotado de «flaperones». Mediante este sistema los alerones acompañan el movimiento de los flaps en ciertas posiciones, aumentando la curvatura de los perfiles del ala a lo largo de toda la envergadura. La pérdida de rigidez a torsión del ala por las grietas y fisuras que se han encontrado anularía el incremento de sustentación que el flap debiera proporcionar, y que hubiera podido servir para controlar la actitud longitudinal del avión.

2.5. Consideraciones sobre las técnicas de pilotaje

Cada planeador tiene una placa de limitaciones que el piloto de veleros tiene que conocer. Las limitaciones se refieren al peso, posición del centro de gravedad y a las limitaciones de velocidad. Dos de las limitaciones son aplicables a este caso: la limitación de velocidad de entrada en turbulencia, V_B , y la velocidad máxima de operación que nunca se debe exceder, V_{NE} .

La V_B protege de que se puedan generar factores de carga superiores a los de diseño si se encuentran ráfagas fuertes. En la práctica del vuelo sin motor en España es frecuente encontrarse con ascendencias y descendencias de ± 5 m/s. Muchas veces se piensa que las limitaciones de velocidad en turbulencia son aplicables solamente en los casos de vuelo cerca de cumulonimbos, tormentas y en rotores de onda de montaña. No es así, como este caso ilustra: en condiciones de vuelo térmico es muy posible pasar de ráfagas descendentes a ráfagas verticales ascendentes rápidamente, y sólo se estará a salvo de sus nocivos efectos si se respeta el límite de velocidad de vuelo en turbulencia y se controlan las cargas de maniobra.

La limitación V_{NE} expresa que nunca jamás se debe volar a una velocidad superior a ella.

La certificación de los planeadores implica que se han calculado las fuerzas aerodinámicas y la resistencia de la estructura para soportar las cargas de vuelo a esa velocidad, pero eso sólo se ha demostrado normalmente en las pruebas para la certificación, durante escasos segundos, en condiciones de vuelo ideales: ausencia de turbulencia, mínimas cargas de maniobra, ajuste óptimo de los mandos, perfecto equilibrado másico de superficies de mando, entrenamiento de piloto para no inducir oscilaciones que perturben el vuelo, etc. La velocidad normal de utilización de un planeador debe ser siempre conservativamente más baja. La V_{NE} protege al avión y al piloto cuando inadvertidamente se puedan ver inmersos en vuelo a alta velocidad, como pueden ser los casos de salidas de barrena o picados incontrolados. Especial consideración merece el vuelo sobre áreas montañosas, en las que las ráfagas suelen ser más violentas. La elección de la velocidad de vuelo responde, en cuanto a seguridad de vuelo, a dos criterios: las velocidades bajas pueden inducir a una pérdida si se encuentra una racha de viento en cola, muy peligrosa sobre todo volando a baja altura. Las velocidades altas pueden ocasionar que inadvertidamente se exceda las V_B , o la V_{NE} , si se encuentra una racha de viento en cara.

En vuelo a alta velocidad se debe sujetar firmemente la palanca de mando. Los movimientos de palanca deben ser oportunos pero suaves para evitar sumar, a las cargas aerodinámicas de las ráfagas, las de maniobra. El máximo accionamiento permitido de la palanca en esas condiciones es de un tercio de su recorrido, lo cual puede no ser respetado en situación de pánico cuando se trata «por todos los medios» de recuperar el control perdido de la aeronave. Además, en una aeronave ligera como el planeador, las fuerzas en la palanca no son muy grandes, incluso a alta velocidad, por lo que es relativamente sencillo sobremandar en la maniobra de recogida si no se tiene una sensibilidad y entrenamiento adecuado.

3. CONCLUSIÓN

3.1. Conclusiones

- El planeador tenía certificado de aeronavegabilidad en vigor y había pasado la inspección reglamentaria de 100 h de vuelo.
- El manual de vuelo previene de la posibilidad y riesgo de flameo a alta velocidad, en condiciones de turbulencia y del riesgo de adicionar cargas de maniobra cuando se presentan cargas de ráfagas.
- El piloto tenía su licencia en vigor.
- Las condiciones de vuelo eran visuales con posibilidad de cúmulos de desarrollo. A media tarde había actividad térmica de intensidad moderada.
- El avión volaba en el planeo final a 200 km/h, velocidad superior a la limitativa para aire turbulento, que era de 180 km/h.
- El planeador, volando por debajo de la base de posibles nubes, encontró una ráfaga vertical fuerte y turbulencia.

- Además de la ráfaga vertical, se produjo un cambio en la dirección del viento que soplaba del NW en altura y del SW a ras del suelo.
- El piloto sintió vibraciones y que la aeronave entraba en un picado.
- Posiblemente se sumaron las cargas aerodinámicas debidas a la ráfaga con las cargas aerodinámicas de maniobra producidas por el accionamiento de la palanca para el encabritado del avión.
- El piloto no pudo controlar la trayectoria descendente y decidió saltar en paracaídas.
- Se soltó los arneses sin antes haber abierto la carlinga, y salió despedido fuera de la cabina.
- Descendió suspendido del paracaídas hasta llegar a tierra,
- El piloto sufrió la rotura de varias costillas y lesiones de diversa consideración al contacto con tierra, por arrastre y por el golpe en la cabeza contra la carlinga.
- La aeronave siguió volando sin control hasta impactar, a poca velocidad, con el terreno.
- En la aeronave se apreciaron daños de flexión de las alas producidos durante el vuelo, además de los daños debidos al impacto contra el suelo.
- Se estima que la aeronave experimentó fenómenos aeroelásticos de flameo e inversión de mandos.

3.2. Causas

El avión entró en un área de turbulencias, de moderadas a fuertes, con una velocidad superior a la limitativa para condiciones de turbulencia fuerte. Esa velocidad se incrementó por efecto de un cambio en la dirección del viento, que pasó de ser en cola a viento en cara.

Es probable que el accionamiento brusco de la palanca en maniobra de encabritamiento contribuyera a que se alcanzasen los esfuerzos límite que la estructura no era capaz de resistir.

Sobrepasado el nivel de deformaciones elásticas, se produjeron grietas y fisuras en las alas que disminuyeron la rigidez de la estructura y se propició que se generaran y se mantuvieran fenómenos de flameo e inversión de mandos.

APÉNDICE A

Resumen del vuelo

- Al sorprenderle la ráfaga su velocidad era de 230 km/h IAS y su altura de unos 1.300 m sobre el terreno.
- Con la ráfaga pasó de descender a $-4,8$ m/s a subir a $3,3$ m/s (variación de $8,1$ m/s en un período de unos 30 s).
- El piloto saltó o fue despedido pocos segundos antes o después de las 16:28:17.
- Estuvo volando a unos 200 km/h IAS desde un minuto antes de la ráfaga y después dos hasta el accidente.
- Alcanzó velocidades de 270 km/h IAS en el picado incontrolado.
- Salió del avión en picado fuerte o en vuelo invertido,
- La altura sobre el terreno sobrevolado era de unos 525 m cuando abandonó el planeador.
- El rumbo se mantuvo entre los 185° y los 209° sin grandes variaciones en los cuatro últimos minutos.
- El ángulo medio de picado en los últimos 10 s es de -36 grados.
- El ángulo medio de picado en los 10 s precedentes es de -8 grados.

Parámetros de vuelo

Viento de $315^\circ/20$ km/h a altitudes superiores a 1.900 m.

Viento de $240^\circ/20$ km/h a altitudes inferiores a 1.900 m.

QNH: 1.016 mb.