

### ***Descripción del accidente:***

La aeronave EC-ZOR, que tenía una envergadura de ala de 11.56 m, despegó del aeródromo de Igualada alrededor de las 11:30 h en un vuelo privado, después de haber realizado el repostado de combustible, chequeo prevuelo y calentamiento de motor durante 15 minutos. A bordo se encontraban el piloto y un pasajero que no tenía conocimientos aeronáuticos. Previa información por radio realizó una pasada lenta por encima de la pista. Procedió de nuevo a alejarse de la pista y del circuito de tráfico. Al cabo de un tiempo, desde la aeronave se transmitió por radio que se encontraba en larga final a unos 2 km. en la vertical de Ódena, para realizar una nueva pasada sobre la pista. En el tramo de corta final, a unos 300 m de cabecera de la pista 17 y a unos 30 m de altura, el ala izquierda se desprendió en vuelo y la aeronave se precipitó al suelo, incendiándose de inmediato. Los dos ocupantes fallecieron a consecuencia del impacto. Un testigo que se encontraba en tierra declaró que había visto a la aeronave realizar una maniobra de resbale para perder altura en su aproximación a la pista y que después se desprendió el ala. Otros testigos no apreciaron velocidades o maniobras anormales en la parte de la aproximación que vieron. Debido al grado de destrucción que presentaba, no fue posible determinar el estado de calibración del anemómetro antes del accidente.

### ***Examen de los restos en laboratorio:***

#### ***General:***

- El revestimiento del ala izquierda, en su zona de unión al fuselaje, presentaba marcas producidas por el agrietamiento de la pintura en la dirección de la fibra del material compuesto, tanto en el intradós como en el extradós. También se pudieron apreciar raspaduras y restos de tierra adherida. El perfil del borde de ataque se encontraba fracturado.
- El flaperón del ala se encontraba desplazado de su posición original, los soportes de unión al ala estaban deformados y de ellos los dos más cercanos al fuselaje rotos.

*Accidentalidad de ULM en España durante el año 2005*

*Ref. CIAIAC-I-ULM 2005*

*A-8*

- Los puntos de unión de la estructura del fuselaje con los largueros del ala desprendida se encontraban doblados del siguiente modo: la unión del larguero delantero con el fuselaje estaba doblada hacia arriba (hacia el extradós del ala) y hacia atrás (es decir, en sentido contrario a la dirección de vuelo). La unión del larguero trasero con el fuselaje estaba doblada hacia arriba y hacia delante (es decir, en el sentido de vuelo).

#### ***Tirante de unión ala-fuselaje:***

- El tirante se compone de un tubo unido con remaches a dos herrajes o piezas de amarre con dos orejetas. Un herraje une el tirante al fuselaje y el otro lo une al intradós del ala.
- El desarrollo de la rotura del tubo que constituye el tirante se ha producido básicamente a lo largo de la fila interior de remaches que unen el tubo a la pieza de amarre con orejetas que une el tirante al fuselaje.
- Las orejetas de la pieza de amarre que unía el tubo al fuselaje presentaban una significativa deformación plástica. Ambas orejetas se encontraban dobladas lateralmente hacia delante, pero una de ellas bastante más que la otra y además notablemente retorcida. En una de las orejetas de la pieza de unión del otro extremo del tubo al intradós del ala se apreció así mismo un notable doblado y retorcimiento. La orejeta de la pieza unida al ala se encontraba igualmente doblada hacia

delante.

- El tubo había perdido su sección circular original, produciéndose una ovalización.

#### *Larguero posterior del ala izquierda:*

- El larguero está construido como una estructura sándwich, con dos capas de tejido de fibra de carbono, con impregnación de resina en húmedo. El proceso de fabricación era manual.
- Se apreció escasez de resina en algunas zonas, en particular en las zonas de unión del alma del larguero con los cordones y en los radios de acuerdo.
- Los cordones del larguero tenían, en su cara de unión al revestimiento exterior, zonas en las que se apreciaba la presencia de una gruesa película de adhesivo, de espesor variable según las zonas, junto a otras con carencia total de adhesivo. La película de adhesivo de unión entre larguero y revestimiento ha quedado en unas zonas adheridas a éste y en otras al larguero.
- Aparecían pequeñas áreas locales huecas dentro de la capa de adhesivo, que podían deberse a la presencia de una burbuja de aire (lo que debilita la unión).
- Examinada la superficie de capa adhesiva, no se apreció sobre ella la presencia de cantidades significativas de fibra, arrancadas de la pieza a la que estaba adherida.

#### ***Análisis de las roturas:***

- El desprendimiento en vuelo del ala izquierda posiblemente se ha producido por la rotura sucesiva del montante de unión ala-fuselaje, del larguero trasero y del delantero.
- La rotura del tubo que constituye el montante se ha producido por sobrecarga, sin apreciarse signos de fatiga. Parece consecuencia de la aplicación de cargas conjuntas de tracción y flexión, sin descartar las cargas de torsión.
- El fallo del montante parece haberse originado porque en un determinado momento del vuelo, el extremo que va unido al intradós del ala se ha visto sometido a cargas o desplazamientos que han favorecido la aparición de componentes fuera de su plano de giro que no han podido ser absorbidas o compensadas por las holguras existentes en ellas forzando al tubo a trabajar en su zona de conexión al fuselaje como un empotramiento.
- En el proceso de fabricación y unión del larguero trasero estudiado se ha empleado un proceso manual, tanto para la impregnación y fabricación de las piezas de material compuesto, como para su posterior integración mediante adhesivos, que ha podido acarrear una dispersión de propiedades de la estructura.
- La falta local de resina ha provocado en algunas áreas la delaminación entre las capas de tejido. Si estas zonas estaban presentes en el larguero durante la utilización del ultraligero, habría hecho disminuir la resistencia local del larguero.
- El espesor de la capa de adhesivo existente sobre las alas del larguero es muy superior al óptimo deseable. Ello hace que la resistencia de la unión adhesiva sea inferior a la que podría presentar con un espesor más adecuado, ya que la resistencia a cortadura de la unión va disminuyendo al aumentar el espesor. Por otro lado, si el espesor es variable de unos puntos a otros, también lo será la resistencia de la unión. Sin un adecuado control del proceso y de la calidad de los materiales, el método de fabricación no sería admisible.
- Se aprecian defectos locales significativos (zonas del laminado con deficiencia de resina, sobre

*Accidentalidad de ULM en España durante el año 2005*

*Ref. CIAIAC-I-ULM 2005*

*A-9*

espesores de adhesivo, etc.).

• El proceso de fallo de la unión larguero-revestimiento ha sido básicamente de tipo adhesivo, lo que implica un deficiente comportamiento de la unión. El tipo de rotura ideal es cuando se produce por el interior de la cara de adhesivo y no en la entrecara. Sin embargo, en este caso parece prácticamente arrancada la capa, sin que en su superficie se detecte una cantidad apreciable de fibra procedente del recubrimiento, lo que hubiera significado un mejor comportamiento de la unión.

***Otros accidentes similares:***

El 26-4-2004 se había producido en Polonia el accidente de un Ekolot JK-05 con envergadura de ala de 11.56 m. Este accidente motivó que la Autoridad de Aviación Civil de Polonia emitiera al día siguiente la directiva de aeronavegabilidad (AD) 36-2004 que prohibía en vuelo de todos los JK-05. Después emitieron la AD 37-2004 que permitía de nuevo el vuelo de los JK-05 de 10 m de envergadura pero no el de los de 11.56 m. Más tarde se determinó que el accidente había sido causado por flameo debido a que el avión, que tenía un anemómetro mal calibrado que indicaba una velocidad unos 30 km./h inferior a la real, había superado la velocidad máxima. La Autoridad de Aviación Civil de España (DGAC) desconocía las directivas polacas en el momento del accidente del EC-ZOR. Después del accidente del EC-ZOR en España, la Autoridad polaca volvió a prohibir el vuelo de todos los JK-05 de cualquier envergadura. Finalmente, el 10-2-2006 emitieron la directiva de aeronavegabilidad 01-2006 que permitía de nuevo el vuelo de los JK-05 de envergadura de 10 m, matriculados en Polonia, siempre y cuando realizasen una serie de modificaciones que incluían equilibrado de los flaperones, cambios al manual de vuelo (incluyendo curvas de calibrado del anemómetro), al manual de mantenimiento, e instalación de placas informativas en la cabina.

***Análisis de la secuencia del accidente del EC-ZOR:***

• No hubo uniformidad en las declaraciones de los testigos en lo referente a las maniobras realizadas durante la aproximación. Al no conocerse con exactitud la velocidad que llevaba la aeronave ni el detalle de las maniobras que realizó para alinearse con la pista para realizar la pasada, no es posible estimar el factor de carga que soportó el ala en esos momentos. El viento estimado no incluía grandes ráfagas, por lo que se considera que la meteorología no influyó en las cargas aplicadas a la aeronave.

• Los daños en el ala desprendida y en su unión al fuselaje podían ser compatibles con la aparición de flameo en vuelo en el ala desprendida. La resistencia del ala podía ser menor que la de diseño debido a algunos defectos en su fabricación. Se encontraron similitudes en las deformaciones de la unión ala fuselaje con las producidas en el accidente de Polonia que fue atribuido a la aparición de flameo por superación inconsciente (al estar mal calibrado el anemómetro) de la velocidad máxima de operación.

**Conclusiones:**

- El avión se disponía a realizar una pasada sobre la pista.
- Se desconocen las maniobras que realizó la aeronave cuando se alejó del campo de vuelos tras la primera pasada sobre la pista. Un testigo declaró que durante la aproximación el piloto realizó una maniobra de resbale.
- No se ha podido estimar la velocidad que llevaba la aeronave en el momento del desprendimiento del ala. Su altura era de unos 30 m sobre el terreno.
- No pudo determinarse el estado de calibración del anemómetro de la aeronave.
- Los daños mostraban que podría haberse producido flameo ("flutter") en el ala.
- Se produjo un descolado parcial de las uniones del larguero posterior del ala con el recubrimiento superior e inferior del ala, con la consiguiente pérdida de rigidez torsional por pasar de sección cerrada a abierta.

*Accidentalidad de ULM en España durante el año 2005*

*Ref. CIAIAC-I-ULM 2005*

*A-10*

- Este descolado pudo producirse por cualquier vibración localmente en las zonas donde el adhesivo estaba deficientemente aplicado.
- El descolado disminuyó la resistencia estructural del ala.
- Se considera que el viento en la zona no incrementó apreciablemente las cargas sobre la aeronave.
- La rotura del montante del ala izquierda probablemente fue anterior a la rotura de los largueros trasero y delantero de esa ala.
- No se apreciaron signos de fatiga en el montante del ala izquierda.

**Causas probables:**

Se considera que la causa del accidente pudo ser el descolado parcial de las uniones del larguero posterior con el recubrimiento del ala izquierda, lo que disminuyó su rigidez, y pudo provocar la aparición de elevados esfuerzos en el montante de unión ala-fuselaje. No ha sido posible estimar la magnitud de esa disminución de rigidez. Se desconocen las cargas a las que pudo estar sometida la aeronave durante el último vuelo.

**Recomendaciones de seguridad:**

**REC ULM01/07:** Se recomienda a la Autoridad de Aviación Civil de Polonia que revise la idoneidad de los procesos de fabricación utilizados por el fabricante del ULM modelo Ekoflyer 05 en las partes diseñadas con materiales compuestos con el fin de poder garantizar la fiabilidad del producto.