

# CIAIAC

COMISIÓN DE  
INVESTIGACIÓN  
DE **A**CCIDENTES  
E **I**NCIDENTES DE  
**A**VIACIÓN **C**IVIL

## Informe técnico A-027/2010

Accidente ocurrido el día  
17 de agosto de 2010,  
a la aeronave Zivko Edge  
540, matrícula N-540WC,  
en las proximidades  
del aeródromo de  
Casarrubios (Toledo)



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO



# Informe técnico

## A-027/2010

---

**Accidente ocurrido el día 17 de agosto de 2010,  
a la aeronave Zivko Edge 540, matrícula N-540WC,  
en las proximidades del aeródromo  
de Casarrubios (Toledo)**



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE FOMENTO

SUBSECRETARÍA

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN  
DE ACCIDENTES E INCIDENTES  
DE AVIACIÓN CIVIL

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

NIPO: 161-12-024-5

Diseño y maquetación: Phoenix comunicación gráfica, S. L.

---

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

Tel.: +34 91 597 89 63  
Fax: +34 91 463 55 35

E-mail: [ciaiac@fomento.es](mailto:ciaiac@fomento.es)  
<http://www.ciaiac.es>

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 probables y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional, y según lo dispuesto en el art. 12.2 de la Ley 21/2003, de Seguridad Aérea y en los arts. 1, 4 y 21.2 del R.D. 389/1998, esta investigación tiene carácter exclusivamente técnico y se realiza con la finalidad de prevenir futuros accidentes e incidentes de aviación mediante la formulación, si procede, de recomendaciones que eviten su repetición. No se dirige a la determinación ni al establecimiento de culpa o responsabilidad alguna, sin prejuzgar la decisión que se pueda tomar en el ámbito judicial. Por consiguiente, y de acuerdo con las normas señaladas anteriormente la investigación ha sido efectuada a través de procedimientos que no necesariamente se someten a las garantías y derechos a los que deben someterse las pruebas en un proceso judicial.

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



## Índice

<b>Abreviaturas</b> .....	vi
<b>Sinopsis</b> .....	vii
<b>1. Información factual</b> .....	1
1.1. Antecedentes del vuelo .....	1
1.2. Lesiones de personas .....	1
1.3. Daños a la aeronave .....	1
1.4. Información personal .....	1
1.5. Información de la aeronave .....	3
1.5.1. Información general .....	3
1.5.2. Características principales de una aeronave de carreras y comparación entre los dos modelos utilizados por el piloto .....	3
1.6. Información meteorológica .....	5
1.7. Comunicaciones .....	6
1.8. Información de aeródromo .....	6
1.9. Registradores de vuelo .....	7
1.10. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto .....	7
1.11. Información médica y patológica .....	9
1.12. Incendios .....	10
1.13. Aspectos de supervivencia .....	10
1.14. Ensayos e investigación .....	10
1.15. Información adicional .....	10
1.15.1. Declaraciones de testigos .....	10
1.15.2. Definición y ejecución de la maniobra denominada tonel rápido.....	11
1.15.3. Antecedentes con este modelo de aeronave .....	12
1.15.4. G's durante el vuelo acrobático .....	14
<b>2. Análisis</b> .....	17
2.1. General .....	17
2.2. Hipótesis consideradas .....	17
2.2.1. Primera hipótesis: altitud de referencia del inicio de la maniobra .....	17
2.2.2. Segunda hipótesis: posible pérdida de consciencia .....	18
2.2.3. Tercera hipótesis: restricción en el timón de dirección .....	19
<b>3. Conclusión</b> .....	21
3.1. Conclusiones .....	21
3.2. Causas .....	22
<b>4. Recomendaciones sobre seguridad</b> .....	23
<b>Apéndices</b> .....	25
Apéndice 1. Croquis de distribución de los restos de la aeronave .....	27

### Abreviaturas

00°	Grados
00 °C	Grados centígrados
ADF	«Automatic Directional Finder» (Localizador automático de dirección)
CPL(A)	Licencia de piloto comercial (avión)
EDM	«Engine Data Management» (Sistema de gestión de parámetros del motor)
EFIS	«Electronic Flight Instruments System» (Sistema de instrumentos electrónicos de vuelo)
EM	«Engine Monitoring» (Supervisión de parámetros del motor)
EMS	«Engine Management System» (Sistema de gestión de parámetros del motor)
FAA	Federal Aviation Administration (Autoridad aeronáutica civil de los Estados Unidos de América)
ft	Pie(s)
G-LOC	«Loss of Consciousness due to G's» (Pérdida de consciencia debido a las fuerzas G)
h	Hora(s)
hPa	Hectopascal(es)
HSI	«Horizontal Situation Indicator» (Indicador de situación horizontal)
IFR	Reglas de vuelo instrumental
kg	Kilogramo(s)
kt	Nudo(s)
lb	Libra(s)
LEMT	Indicativo de lugar del Aeródromo de Casarrubios del Monte
m	Metro(s)
N/A	No afecta
NOTAM	Aviso distribuido por medios de telecomunicaciones que contiene información relativa al establecimiento, condición o modificación de cualquier instalación aeronáutica, servicio, procedimiento o peligro, cuyo conocimiento oportuno es esencial para el personal encargado de las operaciones de vuelo
PFD	«Primary Flight Display» (Pantalla principal de vuelo)
QNH	Presión al nivel del mar deducida de la existente en el aeródromo, considerando la atmósfera con unas condiciones estándar
S/N	Número de serie
SE	Sudeste
SEI	Servicio de Extinción de Incendios
TMA	Técnico de mantenimiento de aeronaves
UTC	Tiempo Universal Coordinado

## Sinopsis

Propietario y operador:	Privado
Aeronave:	Zivko Edge 540, s/n 0028; matrícula N-540WC
Fecha y hora del accidente:	17 de agosto de 2010, a las 10:35 h UTC <sup>1</sup>
Lugar del accidente:	Finca «La Solana». Proximidades del aeródromo de Casarrubios (LEMT), en el interior de la caja acrobática <sup>2</sup>
Personas a bordo:	1, fallecido
Tipo de vuelo:	Aviación general – Otros – Festival aéreo – Vuelo de entrenamiento
Fecha de aprobación:	25 de enero de 2012

### Resumen del accidente

El día 17 de agosto de 2010, sobre las 10:35 h (UTC) el piloto de la aeronave Edge 540 de matrícula N540WC se encontraba realizando maniobras de entrenamiento para un festival aéreo que iba a tener lugar un par de semanas más tarde. El piloto había realizado varias maniobras previas. La última de ellas era la denominada tonel rápido<sup>3</sup> («flick/snap/roll»<sup>4</sup>). Normalmente, el piloto realizaba dos o tres vueltas y recuperaba la maniobra pero esta vez continuó girando, por lo que el TMA, que realizaba el mantenimiento de esta aeronave y que estaba contemplando la maniobra desde tierra, intentó avisar inmediatamente al piloto de que tenía que recuperarla. La aeronave continuó realizando toneles hasta que se precipitó contra el suelo.

El piloto falleció como consecuencia del impacto. La aeronave resultó destruida.

El análisis de la información obtenida durante la investigación ha dado como resultado la formulación de tres hipótesis probables como causa del accidente: una de ellas está relacionada con un posible cálculo erróneo de la altitud de inicio de la maniobra y las otras dos referidas a la incapacidad física o fisiológica del piloto para recuperar ésta. Aunque no se ha podido determinar la causa principal del accidente, se considera que éste pudo producirse por:

---

<sup>1</sup> Todas las horas en el presente informe están expresadas en hora UTC. Para obtener las horas locales es necesario sumar dos horas a la hora UTC.

<sup>2</sup> Caja acrobática: caja imaginaria sobre el campo de vuelo dentro de la cual se realizan los ejercicios acrobáticos, en este caso para garantizar la seguridad tanto del tráfico que realiza la acrobacia como el resto de tráficos que utiliza ese campo.

<sup>3</sup> Véase nota 5 más adelante.

<sup>4</sup> Esta maniobra en inglés «Flick roll» también denominada «Snap roll» en Estados Unidos.

- Una estimación errónea de la altitud de inicio de una maniobra de tonel rápido descendente, por debajo de la necesaria para garantizar el número de giros que el piloto llegó a completar;
- Una pérdida del conocimiento que indispusiera momentáneamente al piloto impidiéndole recuperar la maniobra a tiempo, o por
- La existencia de un obstáculo o impedimento de carácter físico o mecánico asociado posiblemente con el uso de los pedales, que restringiera o imposibilitara el control de la aeronave por parte del piloto.

## 1. INFORMACIÓN FACTUAL

### 1.1. Antecedentes del vuelo

El piloto realizaba entrenamiento de maniobras acrobáticas para un festival aéreo que tendría lugar en las semanas posteriores. Anteriormente había realizado un entrenamiento similar dos días antes del accidente. Este vuelo era el primero del día, normalmente entrenaba unos diez minutos y en el momento del accidente llevaría unos seis o siete, por lo que, según testimonio de su TMA que estaba contemplando el entrenamiento desde tierra, posiblemente ésa no era la última maniobra que el piloto pensaba realizar. El piloto no tenía decidido todavía el programa exacto de maniobras que iba a realizar finalmente en la exhibición. Tras diferentes maniobras realizadas anteriormente el piloto inició un tonel rápido<sup>5</sup>, presumiblemente a derechas, a 45° y en descenso según el testigo que esperaba que realizara dos o tres vueltas, a juzgar por la altura a la que había empezado y por cómo solía hacerlo habitualmente, pero en esta ocasión continuó, realizando unas seis o siete. El TMA alertó por radio al piloto pero no obtuvo respuesta. La aeronave impactó contra el suelo. El piloto falleció como consecuencia del impacto. La aeronave resultó destruida.

### 1.2. Lesiones de personas

Lesiones	Tripulación	Pasajeros	Total en la aeronave	Otros
Muertos	1		1	
Graves				
Leves				No aplicable
Ilesos				No aplicable
<b>TOTAL</b>	<b>1</b>		<b>1</b>	

### 1.3. Daños a la aeronave

La aeronave resultó destruida como consecuencia del impacto. Los daños específicos aparecen reflejados en el apartado 1.10 Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto.

### 1.4. Información personal

El piloto, de 41 años de edad y nacionalidad española, tenía licencia expedida por las autoridades de EE.UU. (FAA<sup>6</sup>) de piloto comercial CPL(A) con habilitación de monomotor

<sup>5</sup> Maniobra consistente en un giro rápido de la aeronave utilizando sólo el timón de dirección y con motor. Pueden haber diferentes combinaciones: verticales, horizontales o a 45°, en ascenso o descenso, desde positivo o negativo y con giro a izquierdas o derechas. Asimismo pueden concatenarse varios toneles/ vueltas en una misma maniobra para hacerla más vistosa. Cuando se utiliza el sistema de humo esta acrobacia se visualiza como si fuera un cordón de teléfono.

<sup>6</sup> FAA (Federal Aviation Administration): Autoridad aeronáutica civil de los Estados Unidos de América.

y multimotor terrestre, así como la habilitación de vuelo instrumental (IFR), en vigor. El certificado médico de clase 2, era válido y estaba en vigor.

El último cuaderno del piloto tenía registros de agosto hasta septiembre de 2006 y a continuación desde abril hasta noviembre de 2009 por lo que no ha sido posible conocer con exactitud las horas de experiencia totales así como aquellas específicas de ese tipo de aeronave. Desde el periodo comprendido entre abril y noviembre de 2009, según los registros asentados en el cuaderno del piloto, éste había realizado unas 100 horas de vuelo totales, 20 de ellas con la aeronave del accidente, aproximadamente (según información obtenida durante la investigación) las que habría realizado en el 2010. De los datos obtenidos en el cuaderno de la aeronave contrastados con los datos disponibles de su cuaderno de piloto, se concluye que el piloto tendría aproximadamente 3.700 h totales de experiencia, 200 de ellas de experiencia en ese tipo.

El piloto tenía gran experiencia en vuelo acrobático habiendo sido dos veces campeón de España, aunque en los últimos años estaba dedicado casi en exclusiva a las carreras de la Red Bull Air Race<sup>7</sup> en las que empezó en el 2003. La aeronave del accidente era la que utilizó el piloto en su participación en las carreras en el periodo comprendido entre los años 2005-2007. Desde finales de 2007 el piloto volaba otra aeronave de carreras, la MXS-R, con la que intentaba ser más competitivo. A diferencia del vuelo acrobático en el que lo fundamental es la precisión, en estas carreras prima mayoritariamente la velocidad y baja altura aparte de la precisión en el paso de unos hitos o puertas («gates») con una determinada actitud de la aeronave. Las G's que se alcanzan en estas carreras son muy altas debido a los giros bruscos y aumentos de velocidad por lo que los pilotos llevan traje y botas especiales antiG's<sup>8</sup>. En vuelo acrobático no se suelen utilizar estos trajes ya que las G's que se alcanzan no son tan elevadas. En el momento del accidente el piloto llevaba ropa deportiva y zapatillas. El número de pie era un 45 (11" y 12") medía 1,80 m y pesaba unos 90 kg. Estaba sujeto al asiento de la aeronave por un cinturón de 5 puntos en el cual llevaba también una mochila con paracaídas. No llevaba casco aunque sí los auriculares para las comunicaciones.

## 1.5. Información de la aeronave

### 1.5.1. Información general

La aeronave siniestrada era un ZIVKO modelo EDGE 540 de matrícula N540WC y con número de serie (S/N) 0028 construida en el año 2001 y, considerando la fecha de

---

<sup>7</sup> Red Bull Air Race (RBAR): competición internacional de aeronaves acrobáticas monoplace en la cual los pilotos deben pasar por varios pilones hinchables colocados de dos en dos denominados puertas («gates») y hacer el recorrido con la mayor precisión y en el menor tiempo posible.

<sup>8</sup> El objetivo del traje antiG's es el de proteger a los pilotos de carreras de las fuerzas debilitadoras que pueden alcanzar los 12 G, cuando están realizando maniobras entre las puertas y particularmente durante las giros a alta velocidad alrededor del circuito.



Figura 1. Vista general de la aeronave del accidente

registro de matrícula, adquirida a finales de 2005. Era una aeronave acrobática, monoplaza, formada por un fuselaje de tubo de acero y las alas, la estructura de cola y los carenados eran de material compuesto. Estaba equipada con un motor experimental Lycoming AEIO-540-EXP con S/N L-50690-01. y con una hélice modelo MTV-9-B-C/203-20d con S/N 090304. El régimen de giro en viraje de este modelo de aeronave equivale a 420 °/sg y es capaz de soportar hasta 12 G's de aceleración vertical.

De la información del cuaderno de la aeronave se extrae que la última revisión anual se realizó en enero de 2010 cuando la aeronave contaba con 548 horas. Desde esta revisión anual, según información proporcionada durante la investigación, la aeronave del accidente se habría volado unas 20 horas más.

La aeronave contaba con el certificado de matrícula emitida en octubre de 2005 y certificado de aeronavegabilidad especial emitido en julio de 2003 y de validez ilimitada, ambos expedidos por las autoridades de EE.UU. (FAA). Asimismo contaba con el certificado de Licencia de estación de aeronave y el certificado del Seguro era válido hasta el 27 de septiembre de 2010.

### 1.5.2. *Características principales de una aeronave de carreras y comparación entre los dos modelos utilizados por el piloto*

Las superficies de control de una aeronave de carreras (alerones/timón de dirección/timón de profundidad) son relativamente grandes, lo que hace que sean más efectivas

y con mejor respuesta, por tanto, también son extremadamente sensibles a la hora de controlarlas. Las «Spades» (pies de pato) se encuentran en los alerones y se utilizan para reducir la fuerza necesaria para desplegar éstos. El timón de profundidad y los alerones están controlados por medio de varillas de empuje, y el timón de dirección por medio de un cable de acero. En esta aeronave en particular este cable de acero estaba duplicado por deseo del piloto a resultas de un accidente<sup>9</sup> que había sufrido por un fallo de éste con otra aeronave.

Los fuselajes de las aeronaves utilizadas en carreras son estructuras tubulares de acero. En general los carenados están diseñados para pesar lo menor posible.

Estas aeronaves tienen tren de aterrizaje fijo, con discos de frenos accionados por un sistema hidráulico. En general, estas aeronaves son de tipo patín de cola, lo cual les permite girar en el suelo con mayor rapidez.

Disponen de tres depósitos de combustible: dos situados en las alas que no se utilizan en vuelo acrobático y el tanque del fuselaje situado entre la cabina y el motor, utilizado para la realización de vuelo acrobático.

Estas aeronaves tienen sistemas de humo de bajo peso. Los gases del escape, cuando se activan, muestran el recorrido de la aeronave.

Los pilotos llevan cascos especiales con un visor, trajes de vuelo ignífugos (resistentes al fuego), guantes de vuelo, botas y paracaídas.

El arnés de seguridad es de 5 puntos además de un sistema de trinquetes, lo que hace que este sistema de seguridad sea de 7 puntos, consiguiendo que los cinturones se ajusten muchísimo. Estos sistemas tienen una apertura muy rápida que permiten desabrochar los cinturones rápidamente, en caso de necesitar saltar de la aeronave.

En el interior de la cabina, comparando los dos modelos utilizados por el piloto del accidente, se observa una notable diferencia: la estructura tubular es físicamente visible en el modelo Edge 540 mientras que en el modelo MXS-R existe un revestimiento que restringe el acceso directo a la estructura. El diseño de los pedales del timón de dirección también es muy diferente (véase figura 2).

En general, en una aeronave de carreras, el asiento es reclinado, debido a las grandes aceleraciones verticales que sufren los pilotos en competición (del orden de los 11 G positivos y 9 G negativos). Al estar el piloto casi tumbado, se reduce la proporción de sangre que, en posición más erguida, se enviaría hacia las extremidades, impidiendo así

---

<sup>9</sup> Véase: [http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG\\_CASTELLANO/ORGANOS\\_COLEGIADOS/CIAIAC/INVESTIGACION/2001/2001\\_010\\_A-pdf.htm](http://www.fomento.gob.es/MFOM/LANG_CASTELLANO/ORGANOS_COLEGIADOS/CIAIAC/INVESTIGACION/2001/2001_010_A-pdf.htm).



Figura 2. Comparación del interior de las cabinas de dos aeronaves similares a las utilizadas por el piloto (Edge 540 y MXS-R)

que llegara al cerebro, produciendo: primero visión gris, luego pérdida de visión y finalmente pérdida de conciencia o G-LOC<sup>10</sup>.

En general, estas aeronaves están equipadas con un Sistema de Información Electrónico de Vuelo (EFIS<sup>11</sup>). Este sistema muestra varios tipos de información de vuelo al piloto, como la velocidad, las fuerzas G en ese momento, los tiempos por sector y los tiempos de cada vuelta, así como órdenes del Director de Carrera, etc. En condiciones normales se utiliza con las funciones de pantalla de vuelo (PFD), indicador de situación horizontal (HSI) y supervisión del motor (EM). En esta pantalla se muestra la información de altitudes. Al instalar esta pantalla en la aeronave del accidente, se tuvo que prescindir del altímetro barométrico debido a la falta de espacio.

Asimismo la aeronave del accidente contaba con un sistema de gestión de datos del motor (EDM 930<sup>12</sup>) en el cual se almacenaban los datos correspondientes a diferentes parámetros del motor.

Estos datos (EDM) y los correspondientes al EFIS eran extraídos por el piloto *a posteriori* para su realizar la evaluación de los vuelos.

## 1.6. Información meteorológica

Aunque no se tienen datos recopilados del aeródromo dónde ocurrió el accidente, por los datos registrados en los aeródromos de Getafe y Cuatro Vientos, mapas sinópticos, imágenes de satélite, radar y descargas eléctricas, y datos del sondeo de Barajas,

<sup>10</sup> G-LOC: Loss of Consciousness due to G's (pérdida de Consciencia debido a las fuerzas G).

<sup>11</sup> EFIS: «Electronic Flight Instruments System».

<sup>12</sup> EDM: «Engine Data Management».

el tiempo más probable en el lugar del accidente y para el intervalo entre las 08:00 y 12:00 h fue el siguiente:

- Viento en superficie flojo (inferior a 4 kt) con dirección variable. Viento en altura de componente SE, alcanzando los 11 kt a unos 5.000 m de altitud.
- Buena visibilidad en superficie.
- Cielo nuboso con altura de la base de las nubes aproximadamente entre los 3.000 y 4.500 ft.
- Temperatura en superficie entre 20 y 26°.
- No hubo precipitación ni actividad tormentosa en el intervalo considerado.
- QNH entre 1.020 y 1.021 hPa.

Asimismo, los testimonios de los testigos apuntaban a un día de verano despejado sin apenas viento.

### 1.7. Comunicaciones

Al tratarse de un aeródromo no controlado no existieron comunicaciones en relación con autorizaciones a las aeronaves. No obstante, el mecánico y el piloto tenían la posibilidad de comunicarse vía radio (el mecánico contaba con un dispositivo de walkie-talkie). En esta ocasión hubo comunicación entre ellos durante el despegue aunque no existieron comunicaciones por radio durante las maniobras de entrenamiento ni hubo respuesta cuando el mecánico intentó avisar al piloto de que recuperara la maniobra.

### 1.8. Información de aeródromo

El aeródromo de Casarrubios es un aeródromo privado situado en la provincia de Toledo de coordenadas N 40° 14' 06" / W 04° 01' 53" cuya elevación es de 2.050 ft. Posee una pista asfaltada de orientación 08/26 con una longitud de 1.000 m y 26 m de anchura. Este aeródromo contiene en su espacio aéreo una caja acrobática consistente en un área imaginaria en forma de cubo con límites especificados y altura restringida según NOTAM dentro de la cual se realizan los ejercicios acrobáticos y otro área similar, que engloba a esta caja, denominada área de seguridad. Normalmente la caja acrobática se utiliza como referencia para los jueces en las competiciones de acrobacia. En este aeródromo se establece para garantizar la seguridad tanto del tráfico que realiza la acrobacia como el resto de tráficos que utiliza ese campo (véase figura 3). Dentro de los procedimientos de aeródromo viene establecido, para información de los tráficos que van a hacer uso del aeródromo, la forma de realizar aproximaciones, despegues y aterrizajes cuando la caja acrobática se encuentra activa, esto es, cuando alguna aeronave va a realizar maniobras acrobáticas dentro de ésta.



Figura 3. Vista aérea del aeródromo de Casarrubios (LEMT) incluyendo la caja acrobática y el área de seguridad

## 1.9. Registradores de vuelo

No existían registradores de vuelo a bordo y no es preceptivo para este tipo de aeronave.

No obstante, como esa aeronave fue con la que anteriormente el piloto realizaba carreras tenía instalado en la aeronave un sistema EFIS<sup>13</sup> y con el que podía monitorizar y mejorar sus maniobras. Asimismo la aeronave tenía, instalado otro sistema, EDM 930, de monitorización de parámetros de motor. Ambos sistemas disponían de chips de memoria que almacenaban los datos de los diferentes parámetros. Desafortunadamente, aunque las tarjetas fueron recuperadas de entre los restos, no fue posible, a pesar de reiterados intentos, recuperar los chips de memoria de ambos componentes, que habían saltado de sus alojamientos correspondientes. Por este motivo no ha sido posible contar con datos de motor, de altitud y de trayectoria exactos para reconstruir la trayectoria de la aeronave en mayor detalle.

## 1.10. Información sobre los restos de la aeronave siniestrada y el impacto

Los restos de la aeronave se encontraban en el lado sur de la pista en una finca colindante al aeródromo, en el interior de la caja acrobática (véase figura 3). Había una

<sup>13</sup> Todos los aviones de carreras están equipados con un Sistema de Información Electrónico de Vuelo (EFIS). Este sistema muestra varios tipos de información de vuelo al piloto, como la velocidad, las fuerzas G en ese momento, los tiempos por sector y los tiempos de cada vuelta, así como órdenes del Director de Carrera, etc.

primera huella marcada de impacto, posteriormente restos de componentes y fuselaje de la aeronave y finalmente los restos principales que se encontraban a unos 25 m de distancia de esa primera huella. La huella mostraba una orientación de la trayectoria de unos 60° con respecto al Norte magnético y la orientación del morro de la aeronave era de 150°.

En la zona de impacto se encontró lo siguiente: una pequeña pieza correspondiente a la parte inferior del timón de dirección, marcas en el terreno correspondientes (probablemente a las ruedas de la aeronave), la antena ADF y la barra del pie de pato izquierdo clavada en el terreno. A lo largo de la trayectoria se encontraron los enganches de la barra de control de profundidad y barra de mando con la parte inferior del asiento del piloto así como barras de estructura (probablemente de la parte inferior de la cabina), diferentes fragmentos de carenado, diferentes componentes del motor (motor de arranque, mariposa del carburador con parte de éste), cárter y restos de batería.

La ballesta del tren se encontró entre los restos principales solidaria a ellos y con la parte correspondiente a la conexión a las ruedas tumbada hacia detrás. Las ruedas del tren de aterrizaje se habían desprendido de su unión a éste. La rueda derecha se encontró a unos 70 m a la izquierda de los restos principales y la rueda izquierda permanecía junto a su carena junto a los restos, también a la izquierda. Ambas ruedas presentaban deformaciones a compresión en las llantas, mostrando una ovalización evidente a simple vista, aunque se conservaban presurizadas.

La práctica totalidad de la aeronave se encontraba en la zona de los restos principales.

La hélice, que constaba de tres palas, mostraba signos evidentes de haber colisionado con el terreno con potencia. Se encontraron astillas correspondientes a una de las palas de la hélice y otro trozo mayor situado a unos metros, a la derecha de los restos principales.

El motor permanecía unido a los restos principales aunque se había desplazado hacia atrás, hasta colisionar con el larguero principal, destruyendo el depósito de combustible situado en el fuselaje. Éste quedó destruido y deformado hacia arriba debido a la fuerza de compresión del motor contra la cabina. Los depósitos de combustible situados en el borde de ataque de los planos también resultaron dañados.

El larguero principal del plano estaba completo y existía una gran parte del perfil aerodinámico del plano unido a éste.

En cabina se apreciaba la rotura del panel de instrumentos y el desprendimiento de éstos. El anemómetro se encontró arrancado de su posición y dañado. La aguja indicaba 150 kt. Los elementos que constituían la pantalla EFIS se encontraron a la izquierda de la cabina, así como las placas electrónicas correspondientes al sistema EDM.

Asimismo se observaba la rotura y desprendimiento del tubo de torsión de alabeo, (donde, en su soporte trasero, se ancla un punto de fijación del cinturón de seguridad) y la rotura del cable fijación del cinturón de seguridad en su posición de hombro derecho.

Las barras de conexión a los alerones tenían continuidad desde la conexión principal hacia los alerones.

La estructura trasera del fuselaje hasta la zona de la cola, mostraba una deformación por flexión hacia abajo. Los estabilizadores, tanto vertical como horizontal mantenían en general la integridad estructural. Tan sólo se habían desprendido del estabilizador horizontal los contrapesos alojados en sus puntas, debido a la inercia del impacto.

El timón de dirección quedó arrancado y situado debajo del plano derecho, indicando que estaba sometido a fuertes cargas aerodinámicas cuando se produjo el impacto contra el suelo.

El timón de profundidad estaba intacto aunque las barras de unión desde la sección central a la barra de mando en la zona de cabina fueron encontradas en fragmentos diseminados a lo largo de la trayectoria de impacto.

Posteriormente en un hangar se llevó a cabo una reconstrucción del recorrido del mando de profundidad y se llegó a la conclusión de que las roturas y deformaciones eran consecuencia del impacto contra el terreno.

El pedal derecho estaba unido al timón de dirección por doble cableado. El izquierdo estaba cortado con un corte limpio debido a la actuación del SEI para excarcelar al piloto.

A juzgar por las huellas y restos encontrados, la aeronave habría impactado con una actitud nivelada, con un ligero alabeo a la izquierda, pero con gran velocidad. Probablemente el impacto se produjo con gran energía vertical y con la aeronave prácticamente recuperada de la maniobra, considerando la posición final de la aeronave y el estado de los restos. Debido a esta gran energía, la ballesta del tren probablemente se combó facilitando el golpe con la panza del avión y provocando la deformación a flexión hacia abajo encontrada en la zona posterior del fuselaje hacia la cola, así como el desprendimiento de las ruedas del tren. Después de este primer impacto la aeronave habría salido despedida hacia la posición final de los restos dado que no hay evidencias de arrastre de la estructura.

### **1.11. Información médica y patológica**

El informe de autopsia forense concluyó que la causa fundamental de la muerte del piloto fue el politraumatismo considerando como causa inmediata la destrucción de los centros nerviosos vitales y de los órganos vitales.

El análisis toxicológico realizado al piloto determinó que no había sido detectada ninguna sustancia con significación toxicológica.

### **1.12. Incendios**

No hubo incendio después del impacto.

### **1.13. Aspectos de supervivencia**

Dadas las características del accidente no había posibilidad de supervivencia para el ocupante de la aeronave.

### **1.14. Ensayos e investigación**

Debido a la peculiar estructura interior de cabina con la estructura tubular accesible y a la existencia de casos previos de posibles interferencias de los pies de los pilotos con dicha estructura (véase apartado 1.15.3) se realizó una prueba en el interior de una aeronave similar<sup>14</sup>. Se intentó, mediante esta prueba simular posibles escenarios de interferencia entre la estructura tubular y los pies de un piloto al realizar una maniobra como la ejecutada en el accidente. Los resultados no fueron concluyentes. No era difícil que los pies se alejaran de los pedales pero era complicado determinar en qué lugar podía haber quedado atrapado el pie. Se podía encontrar un hueco dónde meter parte del pie pero no dónde el pie quedara aprisionado, y, al mover el pedal, el cual no quedaba bloqueado, el pie volvía a su posición inicial. Aún así no ha sido posible reproducir el escenario idéntico a aquél del accidente. La complexión particular del piloto (alto, corpulento y con un número de pie grande), el ajuste del asiento a su medida, así como la peculiaridad de que existía duplicidad en los cables de los pedales al timón de dirección, hacen que existan más factores a los contemplados en esta prueba que reproduzcan fielmente la situación antes del accidente.

### **1.15. Información adicional**

#### **1.15.1. Declaraciones de testigos**

Uno de los testigos presenciales del accidente fue el técnico de mantenimiento de aeronave (TMA) encargado de esa aeronave en cuestión y miembro del equipo de la Red Bull AirRace junto con el piloto. El TMA se encontraba en el exterior del hangar

---

<sup>14</sup> Al no poder disponer de una aeronave similar en España esta prueba fue realizada, a petición de la CIAIAC, por un investigador del NTSB en las instalaciones del fabricante.

situado paralelo a la pista en el lado sur. Según su testimonio, el piloto no tenía entrenador, puesto que apenas hacía acrobacias y estaba dedicado a las carreras del campeonato de Red Bull más orientadas a ejercicios de velocidad y precisión que en la realización de maniobras acrobáticas. El TMA llevaba un walkie-talkie para permanecer en contacto con el piloto por si había algún problema o necesitaba algo concreto, pero normalmente el TMA estaba dentro del hangar. Sin embargo, el día del accidente estaba fuera del hangar, observando el entrenamiento. Llevaría unos 6 o 7 minutos y había hecho varias maniobras aunque la del accidente no parecía que fuera a ser la última. En sus entrenamientos empleaba unos diez minutos aproximadamente. Habían hablado de que había que bajar algo (hacer a menor altura) las maniobras. Todavía no tenía ningún programa preparado con las maniobras que pensaba hacer y ese día habría hecho un «tumble», un «looping», un «tonel de cuatro tiempos», una «caída de ala» y un «ocho cubano». Fue al salir de esta maniobra cuando se situó a 45 grados desde la horizontal y comenzó a realizar una cadena de toneles rápidos. El TMA pensaba que con la altura a la que había comenzado la maniobra realizaría unos dos o tres toneles, pero cuando el piloto prosiguió con el cuarto se levantó rápidamente y alertó por radio a éste para que recuperara la maniobra. Ese día no había hecho la misma maniobra y anteriormente había entrenado dos días antes del accidente. Según el testigo no se apreció ninguna discontinuidad en la realización de la maniobra ni en el ruido del motor.

Otro testigo directo del accidente contempló la última parte de la maniobra desde un lugar cercano al del primer testigo, según se iba acercando a él. Tampoco apreció anomalías o discontinuidades en la trayectoria o en el sonido del motor hasta que la aeronave se precipitó contra el suelo escuchando finalmente dos «golpes secos».

#### **1.15.2. Definición y ejecución de la maniobra denominada tonel rápido**

Esta maniobra se inicia por movimientos rápidos de cabeceo y guiñada que causan que un plano entre parcialmente en pérdida mientras que el otro todavía tiene sustentación. La maniobra se realiza con motor. Pueden haber diferentes tipos de tonel según varias combinaciones: verticales, horizontales o a 45°, en ascenso o descenso, desde positivo o negativo y con giro a izquierdas o derechas. Asimismo pueden concatenarse varios toneles/vueltas en una misma maniobra para hacerla más vistosa. En este caso particular la maniobra habría sido a 45° en descenso y con giro a derechas. Para ello se debe proceder de la siguiente forma: se tira del mando para provocar la pérdida y se pone a 45° de cabeceo. Normalmente se inicia a unos 3.000 ft y se pretende acabar a unos 1.000 ft dependiendo de los giros que quieras realizar y se pierden aproximadamente unos 150 ft por vuelta. Esta maniobra se hace principalmente con el timón de dirección, aplicando totalmente el pedal del lado hacia el que quieres comenzar el giro. La recuperación se realizaría aplicando el pedal contrario y controlando el mando para mantener el ángulo de ataque. Esta maniobra, utilizando el sistema de humo, se aprecia desde fuera como si fuera un cordón de teléfono (véase figura 4). La trayectoria del

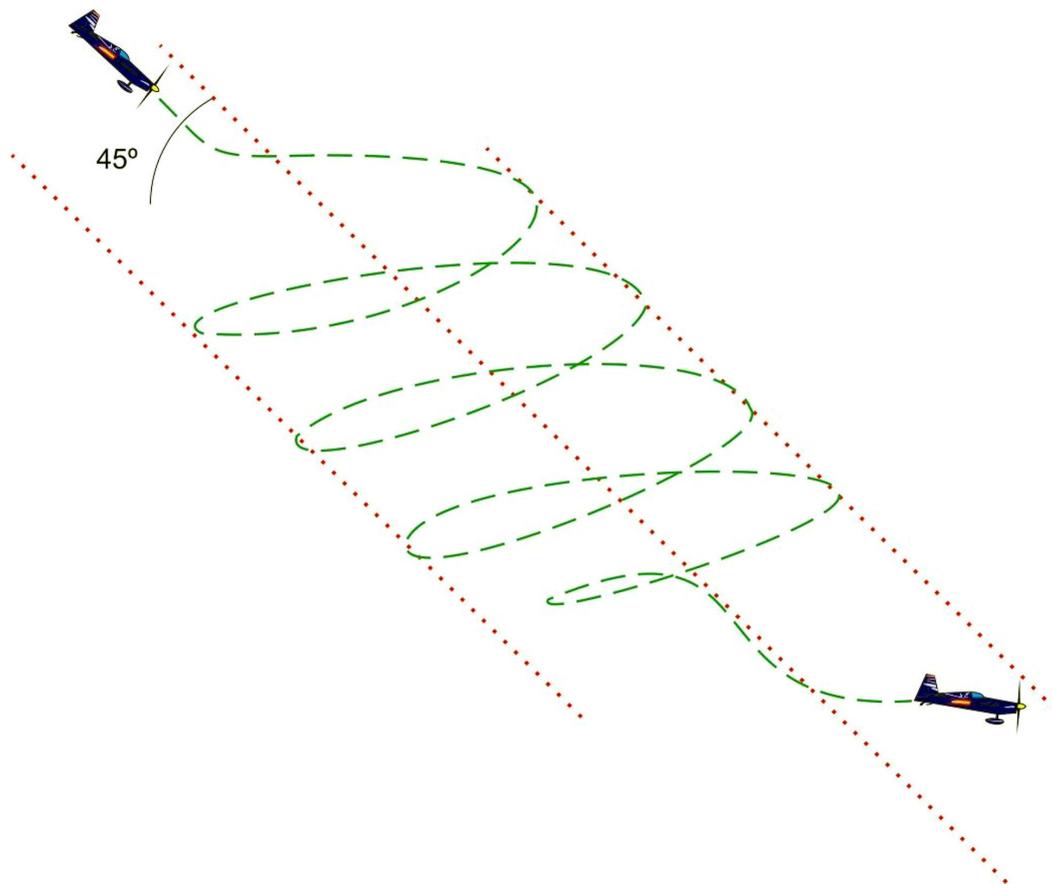


Figura 4. Maniobra de tonel rápido con 4 vueltas encadenadas, a 45° en descenso y positiva

morro de la aeronave sigue una misma línea. Esta maniobra se realiza muy deprisa, y la cantidad de inercia acumulada en la aeronave a causa del giro puede provocar que la aeronave siga rotando 1/4 de tonel aproximadamente.

### 1.15.3. *Antecedentes con este modelo de aeronave*

En agosto del año 2009, durante una competición aérea, una aeronave similar se precipitó contra el suelo realizando un tonel rápido<sup>15</sup>. La piloto falleció como consecuencia del impacto. Durante la investigación se descubrió que, debido a su pequeña estatura, la piloto utilizaba un mecanismo de extensión para alcanzar a los pedales de dirección y que su diseño y montaje pudo convertirse en un impedimento para realizar el movimiento de los pedales a la hora de recuperar la maniobra.

De la información proporcionada a raíz de la investigación de este accidente, se tuvo conocimiento de 3 testimonios en los cuales se había producido un enganche de los

---

<sup>15</sup> Véase: [http://www.aair.gov.uk/publications/bulletins/september\\_2010/zivko\\_aeronautics\\_inc\\_edge\\_540\\_\\_n540bw.cfm](http://www.aair.gov.uk/publications/bulletins/september_2010/zivko_aeronautics_inc_edge_540__n540bw.cfm)

pies de los pilotos en las proximidades de la posición de los pedales al realizar esta maniobra:

Uno de los pilotos que tuvo esa experiencia, también hacía uso de extensiones añadidas a los pedales. Al principio, cuando la aeronave era nueva para él y durante su primer vuelo con las extensiones colocadas, al realizar una aplicación a fondo del pedal izquierdo, el talón del pie derecho se movió hacia atrás (bajo la pletina de apoyo del pie). El piloto no pudo parar la rotación del tonel hasta que no subió el pie de nuevo y aplicó pedal derecho, ya que su talón estaba atrapado en la estructura tubular y la planta del pie solo apoyaba contra la pletina de apoyo impidiéndole aplicar pedal. Una vez que subió el pie y aplicó pedal, la rotación paró inmediatamente y pudo recuperar la maniobra. No obstante durante esos segundos involuntariamente realizó una o dos vueltas más de las que había decidido realizar en un principio.

Otro de los pilotos, que no utilizaba las extensiones, comentaba que realizando maniobras acrobáticas negativas podía ocurrir que el pie se enganchara, ya que el pie se deslizaba hacia arriba siguiendo la fuerza G negativa, por lo que la puntera del pie se podía enganchar bajo el larguero principal o otros obstáculos en la estructura tubular de la cabina (véase figura 5).

No obstante, este piloto opinaba que se podía llegar a liberar el pie si esto ocurría, aunque se necesitaba tiempo para ello. También consideraba que eran situaciones normales y conocidas en acrobacia y que muchos pilotos optaban por poner correas de fijación de los pedales a los pies para evitar estas situaciones. Asimismo afirmaba que el régimen de giro en un tonel podía ser muy alto (más de 400 °/sg), lo que significa que el piloto ya no podría ver bien fuera, que la referencia al terreno se volvería difícil de evaluar y que realizando toneles hacia abajo el régimen de descenso sería muy alto y un tonel más podría significar no tener espacio suficiente para recuperar la maniobra.



Figura 5. Áreas posibles de interferencia de los pies con la zona anexa a los pedales.

En el último testimonio, el piloto, que tampoco utilizaba extensiones, explicaba que se encontraba en un vuelo de entrenamiento realizando un tonel rápido vertical en descenso a izquierdas e iba a realizar dos vueltas. Comenzó colocando la aeronave en descenso vertical. Después de un segundo (a unos 120 kt) aplicó pedal izquierdo y timón de profundidad a fondo para comenzar el tonel negativo. Después de 1 vuelta y media, al intentar comenzar la recuperación de la maniobra (pedal contrario a fondo y dirección según se requiera), el pie derecho del piloto se deslizó entre los pedales y el hueco de éstos. El pie se quedó atrapado en esa área tan pequeña y tuvo que rasgar el zapato hasta poder liberar el pie. Una vez hecho esto pudo recuperar la maniobra y salir del descenso sólo 30 m (100 ft) antes del impacto. Normalmente esa maniobra se recupera a 300 m (1.000 ft).

Tras una consulta al fabricante de la aeronave por conocimiento de antecedentes en incidentes de este tipo aseguró que desde que comenzó la producción del Edge 540 en el año 1993 no se había tenido conocimiento de que algún pie hubiera quedado atrapado entre los pedales y el larguero principal.

### 1.15.4. *G's durante el vuelo acrobático*<sup>16</sup>

Durante las maniobras acrobáticas el cuerpo humano está expuesto a efectos fisiológicos asociados con las altas fuerzas de aceleración (fuerzas G). Las fuerzas soportadas con una rápida maniobra de caída dará como resultado un desplazamiento de la sangre y de los órganos hacia la cabeza (fuerza G negativa). Dependiendo de las fuerzas implicadas y la tolerancia individual, un piloto puede experimentar malestar, dolor de cabeza, «visión roja» («red-out») y hasta pérdida del conocimiento.

Las fuerzas soportadas con una rápida maniobra de ascenso darán como resultado un desplazamiento de la sangre y de los órganos hacia la parte baja del cuerpo alejados de la cabeza (fuerza G positiva). Dado que el cerebro requiere de la circulación sanguínea continua para un adecuado suministro de oxígeno, hay un límite fisiológico en el que el piloto puede tolerar mayores fuerzas antes de perder la conciencia. A medida que la circulación de la sangre al cerebro disminuye como resultado de las fuerzas involucradas, un piloto experimentará «estrechamiento» de los campos visuales, «visión gris» («grey-out»), «visión negra» («black-out»), y pérdida del conocimiento (G-LOC). Incluso una breve pérdida de la conciencia en una maniobra puede conducir a un movimiento de control inadecuado causando una falla estructural de la aeronave o colisión con otro objeto o el terreno.

En los giros cerrados, las fuerzas centrífugas tienden a empujar al piloto en el asiento, lo que resulta en el desplazamiento de la sangre y de órganos del cuerpo hacia la parte

---

<sup>16</sup> «G Effects on the Pilot During Aerobatics», FAA-AM-72-28, y «G Incapacitation in Aerobatic Pilots: A Flight Hazard», FAA-AM-82-13.

inferior del cuerpo como en las maniobras rápidas de ascenso con los mismos efectos fisiológicos y los mismos síntomas.

Fisiológicamente, los seres humanos progresivamente se adaptan a las presiones y el estrés impuestos, y con la práctica, cualquier maniobra tendrá efecto menor. La tolerancia a las fuerzas G depende de la fisiología humana y del piloto en particular. Estos factores incluyen la anatomía del esqueleto, la estructura cardiovascular, el sistema nervioso, la calidad de la sangre, el estado físico general, y la experiencia y el tiempo desde la última exposición.

Según las conclusiones del estudio<sup>17</sup> realizado por la FAA sobre las perspectivas históricas y los efectos fisiológicos de las aceleraciones G's en acrobacias (especialmente aquellas relativas a la pérdida de consciencia (LOC) del piloto durante el vuelo) las evidencias históricas sugieren que el ser humano tiene una tolerancia variable pero limitada a las G's y si esa tolerancia se excede el individuo puede experimentar pérdida de consciencia. Si el piloto sufre el G-LOC durante el vuelo, éste puede durar un tiempo medio de 15 segundos seguido de otros 5 a 15 segundos de confusión y desorientación. Las G's experimentadas en acrobacias están en general en el rango de aquellas que causan LOC en los estudios sobre fuerza centrífuga en seres humanos.

Las maniobras acrobáticas como el ocho cubano vertical exterior-interior someten al piloto a marcados cambios de G's negativas a positivas y esta transición parece ser la más difícil de compensar por la respuesta cardiovascular del piloto. El piloto está probablemente más expuesto a sufrir G-LOC en esta maniobra.

En el caso del accidente de este informe la maniobra inmediatamente anterior a la maniobra del accidente consistió en un ocho cubano horizontal, que, aunque en menor medida que en el vertical, está sometido también a grandes cambios de aceleraciones negativas y positivas.

---

<sup>17</sup> FAA-AM-82-13 «G Incapacitation in aerobatic pilots: a flight hazard».



## 2. ANÁLISIS

### 2.1. General

El piloto tenía amplia experiencia en la realización de maniobras acrobáticas. No obstante, en los últimos años estaba dedicado a participar en las carreras de aeronaves de la Red Bull Air Race aunque de vez en cuando continuaba realizando entrenamientos en acrobacias y espectáculos aéreos. La realización de un tipo de vuelo u otro (carreras frente a acrobacias) supone una serie de diferencias: en carreras predominan la velocidad, el vuelo a baja altura y la ejecución de maniobras estándar y más repetitivas; en acrobacia existen maniobras más diversas y éstas se realizan a una altura de seguridad más elevada aunque para la realización de un espectáculo aéreo se tiende a hacerlas más vistosas ejecutándolas a una altura menor. Con este hecho se quiere resaltar que las referencias relacionadas con alturas no eran las habituales para el piloto acostumbrado a la realización de vuelos a baja altura.

También supone ciertas diferencias la utilización de las aeronaves de las que disponía el piloto y con qué propósito final (acrobacias o carreras) se iban a utilizar éstas. La diferencia en cuanto a diseño de cabina se refiere pudo suponer cierto obstáculo. La utilización habitual de la aeronave del accidente cuando el piloto realizaba carreras, esto es, utilizando la equipación apropiada, incluidas las botas (calzado más rígido), y el cambio de esta aeronave para su utilización en entrenamiento de acrobacias con otra indumentaria diferente pudo suponer que el piloto se encontrara en condiciones ligeramente distintas a los mandos de la aeronave en la realización de esta actividad.

### 2.2. Hipótesis consideradas

A tenor de toda la información recopilada y de su análisis y estudio durante la investigación se han tenido en consideración tres hipótesis que puedan tratar de explicar la causa del accidente:

#### 2.2.1. *Primera hipótesis: altitud de referencia del inicio de la maniobra*

La primera hipótesis contempla la posibilidad de que el piloto no se hubiera percatado de la altitud de referencia de comienzo de la maniobra en relación con el número de giros/toneles que iba a realizar o por otra parte, que pretendiera realizarlas a baja altura pensando en el espectáculo aéreo como tal. Por un lado, hay que considerar que el aeródromo dónde ocurrió el accidente era el utilizado por el piloto habitualmente, por lo que las referencias de altitudes con respecto al terreno, además de haberlas comprobado en el altímetro (información contenida en el EFIS) eran bien conocidas.

Existe, por otro lado, una desventaja inherente al conocimiento del campo de vuelo, consistente en que esto también puede desembocar en un exceso de confianza del piloto en la apreciación de esas altitudes y la no comprobación de la altitud de referencia en la pantalla EFIS. La última maniobra realizada no era la primera que hacía, según el testigo, después de realizar varias maniobras, el piloto acababa de ejecutar un ocho cubano horizontal y seguidamente encadenó la maniobra del accidente por lo que pudo haber cierta pérdida de altura previa al inicio del tonel no advertida por el piloto. Considerando que la aeronave realizó unas 6-7 vueltas se podría estimar la altura a la que se inició la maniobra (unos 1.000-1.200 ft), haciendo un cálculo orientativo con los parámetros establecidos (que también son orientativos) sobre cómo se ejecuta la maniobra. A pesar de esto hay que considerar que la maniobra se va acelerando según aumentan los giros y no es posible determinar la altitud perdida en cada uno de ellos así como el número de vueltas exactas que realizó la aeronave ni, lo más importante, las que pretendía realizar realmente el piloto. La información almacenada en los chips de memoria del EFIS habría podido arrojar luz sobre la altitud de referencia a la que el piloto inició la maniobra aunque se seguiría sin conocer cuántas vueltas tenía pensadas realizar.

El piloto había volado dos días antes realizando maniobras acrobáticas y a fecha del accidente todavía no tenía decidido exactamente qué figuras acrobáticas iba a realizar. Tenía pensado hacerlas un poco más bajas pero teniendo en cuenta que no tenía definido el programa que iba a presentar no parece lógico que comenzara en ese vuelo a hacerlas a menor altura.

Según la información facilitada por el TMA, acostumbrado a observar las maniobras del piloto, éste solía hacer 3 o 4 vueltas/toneles, como mucho, a juzgar por la altura a la que había comenzado. Al continuar en ese momento con la maniobra, el TMA se percató de que algo iba mal y alertó por radio al piloto de que la recuperara, sin éxito. No parece lógico por tanto que el piloto ignorara esta advertencia de su TMA, aunque no se ha podido descartar que el piloto estimara erróneamente la altitud de referencia de inicio de la maniobra.

### 2.2.2. *Segunda hipótesis: posible pérdida de consciencia*

La siguiente hipótesis contempla la posibilidad de que el piloto sufriera algún tipo de indisposición. La pérdida de consciencia, aunque de segundos se tratara, daría como resultado la realización de varios giros más y el impacto contra el terreno. Las fuerzas G,s negativas en la realización de la maniobra hubieran podido resultar en una pérdida de conocimiento o en una incapacidad instantánea para razonar adecuadamente y perder la referencia de en qué momento habría que recuperar la maniobra. El piloto estaba acostumbrado a la utilización del traje y las botas antiG para ayudarse a soportar las elevadas aceleraciones experimentadas durante las carreras y en este caso no lo llevaba, pero también hay que tener en cuenta que en la realización de acrobacias las

fuerzas G soportadas no son tan extremas como en las carreras (debido a altas velocidades y giros bruscos y pronunciados) y el piloto tenía experiencia en este tipo de maniobras. Otro dato a considerar es que los dos testigos que presenciaron el accidente desde prácticamente el mismo punto no observaron discontinuidades en la trayectoria en sí. Si el piloto hubiera perdido momentáneamente el conocimiento, la falta de sujeción firme de la palanca de control de mando (profundidad y alerones) hubiera resultado en una ejecución de la maniobra extraña y llamativa para los observadores en tierra.

Aún así, el piloto acababa de realizar varias maniobras previas, entre ellas un ocho cubano horizontal, sometido a grandes cambios de aceleraciones negativas y positivas (véase apartado 1.15.4), lo que, añadido a la escasa actividad del piloto en la realización de maniobras sin el uso de traje antiG's, pudo suponer una mayor sensibilidad y menor tolerancia a estos cambios.

Por este motivo no se ha podido descartar una posible pérdida de consciencia transitoria durante la ejecución de la maniobra acrobática.

### 2.2.3. *Tercera hipótesis: restricción en el timón de dirección*

La tercera hipótesis considera la posibilidad de que existiera algún impedimento físico/mecánico que evitara que el piloto recuperara la maniobra a tiempo. Esta maniobra se realiza y se recupera con la actuación casi exclusiva sobre los pedales de dirección. Los testimonios obtenidos sobre la posibilidad de que la estructura tubular, accesible desde el interior de cabina, hubieran supuesto trabas en los pies de los pilotos, evidencian que esta posibilidad es factible. El piloto era un hombre corpulento y alto y calzaba un número grande de pie. Las fuerzas G's negativas habrían podido provocar que el pie se alejara sensiblemente del apoyo en los pedales provocando que alguna zona quedara atrapada entre la estructura tubular o la estructura del pedal. En este sentido se ha considerado la posible utilización de correas de sujeción de los pies a los pedales para así evitar la posibilidad de que los pies se separen de la superficie del pedal, pero considerando que, ante una situación de emergencia, el arnés de sujeción tiene un sistema de una apertura rápida para facilitar la salida del piloto de la aeronave, las correas de sujeción supondrían un obstáculo para lograr esta salida. La aeronave a la que estaba habituado el piloto en los últimos años presentaba una apariencia significativamente diferente a la utilizada en el vuelo del accidente. El revestimiento interior de la cabina de la primera aeronave evita cualquier interferencia con los pies e incluso los pedales presentan un diseño diferente que también evita este hecho. El cambio de aeronave, a la cual estaba más acostumbrado el piloto, unido al hecho de que el calzado utilizado en el vuelo del accidente (zapatillas deportivas, más flexibles) en lugar del utilizado con la otra aeronave o con la misma aeronave del accidente cuando la utilizaba para carreras (botas más rígidas), pudo dar cabida a esta situación de interferencia y restricción en el movimiento de

los pedales para realizar la recuperación de la maniobra. Los restos de la aeronave así como su distribución evidencian que la maniobra acababa de ser recuperada, que ya no existía giro en la aeronave y que la aeronave impactó con una gran energía vertical. El hecho de que uno de los pies quedara trabado y que no se pudiera aplicar pedal contrario para recuperar la maniobra daría como resultado que la aeronave siguiera ejecutando la maniobra (con pedal a fondo) y se fuera ganando velocidad a medida que se alargaba ésta, es decir, un observador en tierra podría ver una trayectoria continua y limpia, por lo que ésta también se presenta como una hipótesis factible.

### 3. CONCLUSIÓN

#### 3.1. Conclusiones

Considerando la información disponible así como el análisis de ésta se han establecido las siguientes conclusiones:

- El piloto estaba habilitado y tenía amplia experiencia en la realización de vuelo acrobático y en ese tipo de maniobras.
- La aeronave era apta para la realización de vuelo acrobático y había pasado su revisión de mantenimiento.
- El piloto realizaba un entrenamiento de maniobras acrobáticas para su participación en un espectáculo aéreo que se iba a realizar.
- El piloto estaba dedicado en los últimos años a otra disciplina sensiblemente diferente (competición) aunque seguía realizando vuelos puramente acrobáticos.
- El piloto había realizado un vuelo similar de acrobacia dos días antes del accidente.
- La indumentaria del piloto no era la más adecuada, diferente a la habitualmente utilizada en las carreras y a la que había estado acostumbrado con esa aeronave.
- La aeronave del accidente había sido la utilizada por el piloto en años anteriores en sus participaciones en las carreras, utilizando el traje antiG's.
- Actualmente utilizaba otra aeronave para realizar las carreras y era a la que estaba más acostumbrado.
- Ambas aeronaves era diferentes considerando el interior de cabina, la aeronave accidentada con estructura tubular vista y accesible y la utilizada para las carreras con revestimiento que impedía el acceso a la estructura tubular.
- El piloto tenía pensado hacer las maniobras a menor altura para hacerlas más vistosas en el espectáculo aéreo en el que iba a participar.
- El piloto no había definido aún el programa específico que iba a presentar.
- El aeródromo era bien conocido por el piloto.
- La maniobra realizada consistía en una cadena de toneles rápidos.
- Esta maniobra se ejecuta haciendo uso casi exclusivamente del timón de dirección, esto es, con el pedal de dirección del lado del giro que se quiere realizar aplicado totalmente.
- La recuperación de la maniobra se realiza aplicando a fondo pedal contrario al del inicio del giro.
- El TMA estaba acostumbrado a observar las maniobras del piloto.
- El TMA alertó al piloto de que recuperara la maniobra al comenzar la 4.<sup>a</sup> vuelta.
- La aeronave continuó realizando giros y finalmente impactó contra el terreno.
- El examen de los restos indica que la aeronave estaba en posición de maniobra recuperada, sin giro durante el impacto.
- No se han encontrado evidencias de fallo mecánico, estructural o de motor en los restos de la aeronave.
- Existen testimonios de casos en los que el pie de un piloto interfiere con alguna parte de la estructura del pedal o estructura tubular circundante en cabina del mismo tipo de aeronave.

- La trayectoria observada por los testigos y especialmente el TMA, habituado a contemplar ese tipo de maniobras, no presentaba discontinuidades.

### 3.2. Causas

Se considera que el accidente pudo producirse por:

- Una estimación errónea de la altitud de inicio de una maniobra de tonel rápido descendente, por debajo de la necesaria para garantizar el número de giros que el piloto llegó a completar;
- Una pérdida del conocimiento que indispusiera momentáneamente al piloto impidiéndole recuperar la maniobra a tiempo, o por
- La existencia de un obstáculo o impedimento de carácter físico o mecánico asociado posiblemente con el uso de los pedales, que restringiera o imposibilitara el control de la aeronave por parte del piloto.

#### **4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD**

No se emiten recomendaciones.

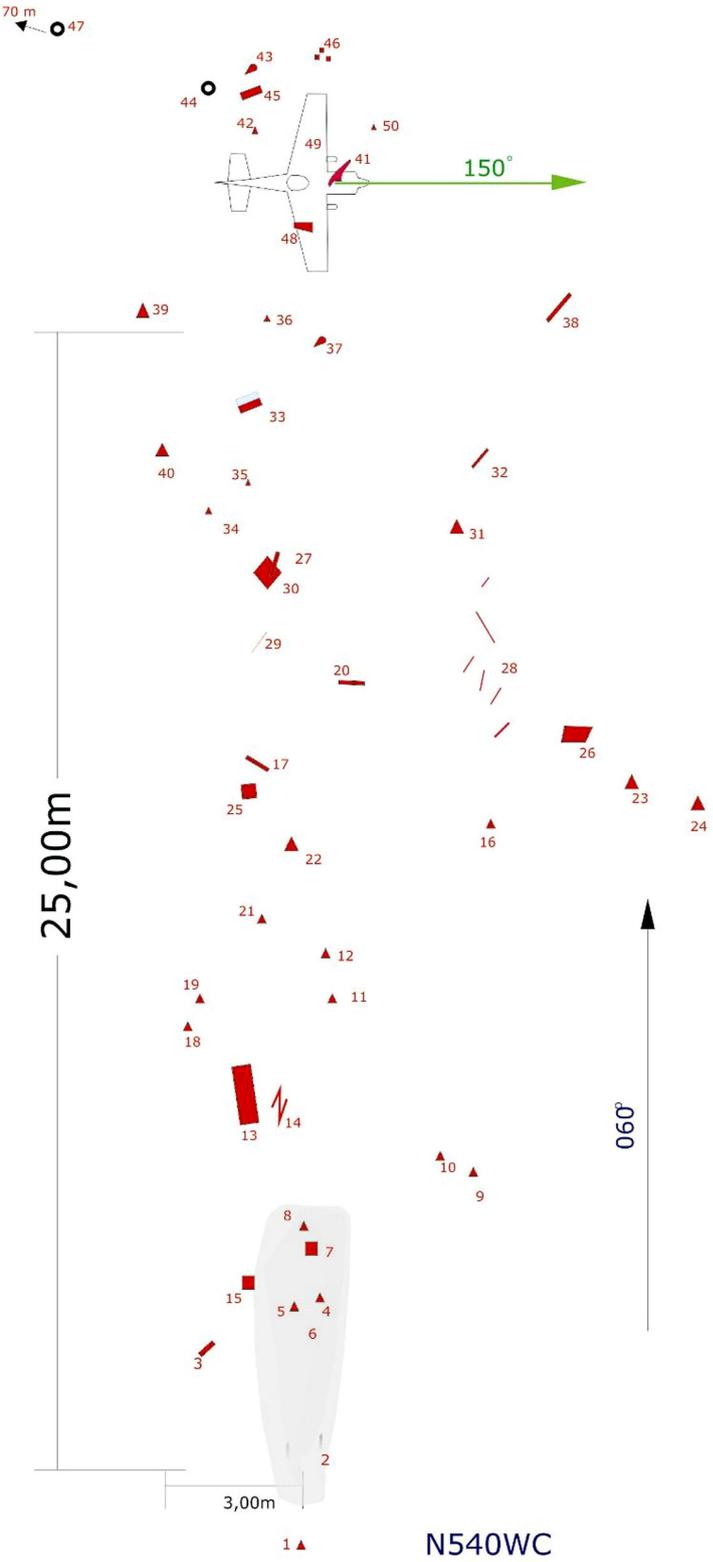


# APÉNDICES



**APÉNDICE 1**  
**Croquis de distribución**  
**de los restos de la aeronave**





1. Parte baja del Timón de Dirección
2. Huella de las Ruedas
3. Barra de soporte Pie de Pato clavada
4. Antena ADF
5. Contrapesos estabilizador horizontal
6. Impacto. socavón 6m
7. Parte inferior cabina (fragmentos de metacrilato)
8. Fragmento de cárter de motor
9. Fragmento de borde de ataque inferior plano derecho
10. Medidor ángulo de ataque
11. Pie de pato derecho
12. Inyector de combustible
13. Ventana lateral inferior izquierda
14. Estructura tubular
15. Pie de Pato izquierdo
16. Motor de arranque
17. Unión a palanca de mando
- 18 y 19. Fragmentos de metacrilato de cabina
20. Palanca de mando
21. Parte Corona Hélice
22. Mariposa Carburador
- 23 y 24. Fragmentos de carenados
25. Soporte del asiento
26. Capo motor
27. Barra intermedia de barra de mando
- 28 y 29. Astillas palas de hélice
30. Almohadilla de asiento
31. Gascolator
32. Barra de ángulo de plano
33. Fragmento cabina
- 34 y 35. Fragmentos batería
36. Relé puesta en marcha
37. Carenado rueda derecha
38. Pala de hélice y fragmento del cono
39. Fragmento cabina
40. Extremo superior timón de dirección
41. Depósito principal de combustible
42. Pitot
43. Carenado rueda izquierda
44. Rueda izquierda
45. Revestimiento fuselaje trasero
46. EFIS y EDM
47. Rueda derecha (a 70m)
48. Timón de dirección
49. Restos principales fuselaje
50. Magneto

