

CIAIAC

Comisión de Investigación
de Accidentes e Incidentes
de Aviación Civil

INFORME TÉCNICO A-005/2000

Accidente ocurrido
el 10 de marzo de 2000
a la aeronave Yakovlev
YAK 52, matrícula
LY-EST, en El Álamo
(Madrid)



MINISTERIO
DE FOMENTO

Informe técnico

A-005/2000

**Accidente ocurrido el 10 de marzo de 2000
a la aeronave Yakovlev YAK 52, matrícula LY-EST,
en El Álamo (Madrid)**



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

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

Diseño cubierta: Carmen G. Ayala

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES DE AVIACIÓN CIVIL

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

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

C/ Fruela, 6
28011 Madrid (España)

Advertencia

El presente Informe es un documento técnico que refleja el punto de vista de la Comisión de Investigación de Accidentes e Incidentes de Aviación Civil en relación con las circunstancias en que se produjo el evento objeto de la investigación, con sus causas y con sus consecuencias.

De conformidad con lo señalado en el Anexo 13 al Convenio de Aviación Civil Internacional y el Real Decreto 389/1998, de 13 de marzo, por el que se regula la investigación de los accidentes e incidentes de aviación civil, la investigación tiene carácter exclusivamente técnico, sin que se haya dirigido a la declaración o limitación de derechos ni de responsabilidades personales o pecuniarias. La conducción de la investigación ha sido efectuada sin recurrir necesariamente a procedimientos de prueba y sin otro objeto fundamental que la prevención de los futuros accidentes. Los resultados de la investigación no condicionan ni prejuzgan los de cualquier expediente sancionador que, en relación con el evento, pudiera ser incoado con arreglo a lo previsto en la Ley de Navegación Aérea.

Índice

Abreviaturas	vi
1. Información sobre los hechos	1
1.1. Reseña del vuelo	1
1.2. Lesiones a personas	1
1.3. Daños sufridos por la aeronave	1
1.4. Otros daños	2
1.5. Información sobre la tripulación	2
1.5.1. Comandante de la aeronave	2
1.6. Información sobre la aeronave	2
1.6.1. Célula	3
1.6.2. Certificado de aeronavegabilidad	3
1.6.3. Registro de mantenimiento	3
1.6.4. Motor	4
1.7. Información meteorológica	4
1.8. Ayudas a la navegación	5
1.9. Comunicaciones	5
1.10. Información sobre el aeródromo	5
1.11. Registradores de vuelo	5
1.12. Información sobre los restos de la aeronave y el impacto	5
1.13. Información médica y patológica	6
1.14. Incendio	7
1.15. Supervivencia	7
1.16. Ensayos e investigaciones	7
1.16.1. Trayectoria de la aeronave	7
1.16.2. Estudio de los restos	8
1.17. Información orgánica y de la dirección	9
1.18. Información adicional	9
1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces	11
2. Análisis	13
2.1. Desarrollo del vuelo	13
3. Conclusiones	17
3.1. Compendio	17
3.2. Causas	17
4. Recomendaciones sobre seguridad	19
Anexos	21
Anexo A. Fotografías	23
Anexo B. Planos y croquis	29
Anexo C. AIC NACIONAL, de 17 de agosto de 1999	35

Abreviaturas

00 °C	Grados centígrados
00° 00' 00"	Grados, minutos y segundos
Ac	Altocúmulos
ACC	Centro de Control de Area
ADF	Equipo receptor de señal de radiofaros NDB
AIP	Publicaciones aeronáuticas internacionales
APP	Oficina de Control de Aproximación
ATC	Control de Tránsito Aéreo
CAT I	Categoría I OACI
Ci	Cirros
CRM	<i>Crew Resource Management</i> (Gestión de Recursos de Cabina)
CTE	Comandante
CTR	Zona de Control
Cu	Cúmulos
CVFR	Reglas de Vuelo Visual Controlado
CVR	Registrador de Voces en Cabina
DH	Altura de Decisión
DME	Equipo medidor de distancias
E	Este
EPR	Relación de presiones en motor
EM	Emisor/Emisión
ETA	Hora prevista de aterrizaje
FAP	Punto de aproximación final
FDR	Registrador de Datos de Vuelo
ft	Pies
g	Aceleración de la gravedad
GPWS	Sistema de Avisos de Proximidad al Terreno
h. min: seg	Horas, minutos y segundos
hPa	Hectopascal
IAS	Velocidad indicada
IFR	Reglas de Vuelo Instrumental
ILS	Sistema de aterrizaje por instrumentos
IMC	Condiciones meteorológicas instrumentales
INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
Kms	Kilómetros
Kts	Nudos
Kw	Kilowatio
lbs	Libras
m	Metros
MAC	Cuerda media aerodinámica de la aeronave
mb	Milibares
MDA	Altitud mínima de descenso
MDH	Altura mínima de descenso
METAR	Informe meteorológico ordinario
MHz	Megahertzios
MM	Baliza intermedia del ILS
N	Norte
N/A	No afecta
NDB	Radiofaro no direccional
MN	Milla náutica
OM	Baliza exterior del ILS
P/N	Número de la Parte (<i>Part Number</i>)
PF	Piloto a los mandos
PNF	Piloto no a los mandos
QNH	Ajuste de la escala de presión para hacer que el altímetro marque la altura del aeropuerto sobre el nivel del mar en el aterrizaje y en el despegue

Abreviaturas

RVR	Alcance visual en pista
S/N	Número de serie
S	Sur
Sc	Estratocúmulos
Shp	Caballos de vapor al eje
SVFR	Reglas de vuelo visual especial
TWR	Torre de Control
U T C	Tiempo Universal Coordinado
VIP	Pasajero muy importante
VMC	Condiciones meteorológicas visuales
VOR	Radiofaro omnidireccional VHF
W	Oeste

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Reseña del vuelo

Después de comer, sobre las 16:50, hora local¹, del día 10 de marzo de 2000, el piloto, llevando una pasajera a bordo, inició un vuelo local de recreo y placer en el aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo) en una aeronave acrobática YAK – 52, matrícula LY-EST.

Despegaron con normalidad y estuvieron volando en las inmediaciones del aeródromo unos cuarenta minutos. Eran aproximadamente las 17:30 local, cuando el piloto comunicó que iba a realizar una pasada sobre la pista para aterrizar a continuación. Sobrevoló a baja altura la cabecera de la pista 08 e inició inmediatamente un ascenso con ángulo elevado, de unos 45°, hasta alcanzar unos 300 m de altura, (1.000 ft) sobre el nivel del campo, momento en el que pasaron a vuelo horizontal. Ejecutó un medio tonel, de forma que quedó en invertido, posición que mantuvo unos 25 ó 30 segundos, durante los cuales fue perdiendo altura progresivamente, siguiendo una trayectoria alineada con el eje de la pista. Después, con altura de muy pocos metros, completó el tonel para volver a la posición normal de vuelo e inmediatamente impactó contra el terreno, en un punto situado a unos 650 m al Este de la cabecera de la pista 26. La aeronave recorrió unos 125 m por una suave pendiente del monte y se incendió. El lugar del accidente se encuentra a un kilómetro al NE de la localidad de El Álamo (Madrid).

Como consecuencia del impacto fallecieron en el acto los dos ocupantes y la aeronave quedó destruida. El incendio que se declaró fue sofocado por los bomberos de la Comunidad de Madrid.

1.2. Lesiones a personas

Lesiones	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación	1		
Pasajeros	1		
Otros			

1.3. Daños sufridos por la aeronave

La aeronave quedó totalmente destruida, como consecuencia del impacto con el terreno y del subsiguiente incendio de los restos (ver fotos 3 y 4).

¹ Para obtener la hora UTC hay que restar una hora a la hora local.

1.4. Otros daños

No hubo otros daños.

1.5. Información sobre la tripulación

1.5.1. Comandante de la aeronave

Edad:	67 años
Sexo:	Varón
Nacionalidad:	Española
Título:	Piloto privado de avión, expedido por la Autoridad Aero-náutica Española (Dirección General de Aviación Civil). Convalidación de la licencia española concedida por la Inspección de Aviación Civil de la República de Lituania con fecha 27/09/1999.
Número:	2552
Antigüedad:	22/12/1954
Licencia de aptitud de vuelo:	
— Fecha de renovación:	21/09/1999
— Fecha de caducidad:	09/09/2000
Habilitaciones:	Monomotores terrestres/VFR – HJ (visual diurno)
Horas totales de vuelo:	32.000
Horas en el tipo:	Se desconoce
Horas últimas 24 horas:	4

Piloto jubilado de líneas aéreas, había volado desde el DC-3 hasta el A-300 en los años de 1966 a 1993. Anteriormente, como piloto militar, había volado la Bucker, HS 42, T-33 y F-86 Sabre. En la actualidad desempeñaba labores de instrucción de YAK – 52.

1.6. Información sobre la aeronave

El Yakovlev YAK-52 es una aeronave de entrenamiento militar y acrobático de origen ruso, biplaza con límites estructurales de +7 g y de –5 g, con motor alternativo, radial M14P, Vedeneyev, y tren de aterrizaje semirretráctil. Se diseñó para la instrucción primaria de pilotos militares que después pasarían a los aviones reactores, sin embargo, hoy día es popular en todo el mundo occidental, entre los entusiastas de la aviación deportiva (ver foto 1).

1.6.1. *Célula*

Marca:	Yakovlev
Modelo:	YAK-52
Núm. de fabricación:	833303
Fecha de entrega en Lituania:	30/09/1999
Matrícula:	LY-EST
M.T.O.W.:	1.200 kg
V_{NE} :	420 km/hr
Propietario:	Tres propietarios privados, entre ellos el piloto

1.6.2. *Certificado de aeronavegabilidad*

Número:	00860
Licencia estación de radio:	5402
Tipo:	Restringido

El Certificado de Aeronavegabilidad expedido por el país de matrícula, no le permitía volar dentro del espacio aéreo español, salvo autorización especial para ello. No disponía de dicha autorización.

1.6.3. *Registro de mantenimiento*

Horas totales de vuelo:	973:20
Horas desde revisión general:	63:34
Horas desde la entrega en Lituania:	23:40
Última revisión de 50 horas:	08/03/2000
Horas desde última revisión 50 horas:	Aproximadamente 3

El avión había realizado varios vuelos desde la salida de la revisión de 50 hr. El día del accidente, por la mañana, fue volado por el mismo piloto quien comunicó que iba perfectamente. Posteriormente, sobre las 14:45 hr, antes de la comida, realizó otro vuelo, en compañía de un trabajador del aeródromo, ejecutando diversas maniobras, sin haberse detectado ningún tipo de problema.

1.6.4. Motor

Marca:	VEDENEYEV
Modelo:	M14P
Potencia:	360 HP
Número de serie:	KR 832053
Horas totales:	381:16
Horas desde última revisión general:	Se desconoce
Última rev. 50 horas:	08/03/2000
Horas desde última revisión 50 horas:	3 (aproximadamente)

1.7. Información meteorológica

La información meteorológica recopilada de los aeropuertos de Madrid y de Cuatro Vientos es la siguiente:

METAR de Madrid de las 15:30 UTC

Viento: 210°, 4 nudos
CAVOK
Temperatura: 21°; punto de rocío -4°
QNH: 1025

METAR de Cuatro Vientos de las 15:00 UTC

Viento: Calma
CAVOK
Temperatura: 23°; Punto de rocío: 1°
QNH: 1025

El tiempo significativo previsto para Toledo por el GPV(Grupo de Previsión y Vigilancia) de Madrid, eran de cielo poco nuboso o despejado. Brumas matinales dispersas y vientos flojos y variables, predominando los del Este.

La predicción realizada por la Oficina de Vigilancia Meteorológica de Madrid para la zona Centro y para vuelos de baja cota, válida para las 12:00 UTC era de visibilidad entre 1.000 y 5.000 metros en los valles; no previéndose otros fenómenos significativos. En el informe válido para las 18:00 UTC no se previeron fenómenos meteorológicos significativos.

Ese día no se emitieron SIGMET para el FIR de Madrid.

1.8. Ayudas a la navegación

No aplicable.

1.9. Comunicaciones

La aeronave disponía de estación de radio y la utilizó el piloto para comunicarse con otros aviones en vuelo. En un momento antes del impacto, mantuvo contacto con otro avión en vuelo, a quien comunicó su intención de dar una pasada y aterrizar.

1.10. Información sobre el aeródromo

El aeródromo es privado, propiedad de Aeromobby Aviación Deportiva, S. A.

El punto de referencia del aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo), (LEMT), tiene las coordenadas 40° 14,167' N, 4° 01,500 W y elevación de 626 m. Se encuentra dentro del TMA de Madrid. El aeródromo dispone de una pista asfaltada de 1.000 m de longitud con orientaciones 08/26 y otra paralela de tierra de 800 m. Está autorizado para tránsitos VFR.

Al Este del aeródromo el terreno desciende abruptamente a partir del límite de la franja de la pista hacia una vaguada. Luego sube suavemente hacia el cerro de la Fría, donde se produjo el impacto, que tiene una elevación similar a la del aeródromo, y está en las inmediaciones de la localidad de El Álamo (Madrid), que se encuentra a un kilómetro más al Sureste (ver mapa de situación y foto 2).

1.11. Registradores de vuelo

La aeronave no llevaba dispositivos registradores de vuelo, los cuales no son preceptivos para los de su tipo.

Se recogieron de los restos del accidente los indicadores de G que mostraban sus pínulas índices de máximas aceleraciones alcanzadas, en posición de +4 g y -4 g. Estos registros de aceleración no permiten conocer ni la duración de la sollicitación ni el momento en el que los máximos valores se alcanzaran (ver foto 8 como información del tipo de instrumento).

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

La aeronave impactó en lo alto del cerro de la Fría, en terreno duro y pedregoso con escasa vegetación, después de sobrevolar una cerca de alambre de dos metros de

altura, a unos 650 m de la cabecera 26 de la pista del aeródromo de Casarrubios del Monte. La hora local era, alrededor de, las 17:30. El rumbo aproximado era de 110°, y la actitud de vuelo normal. Los restos arrastraron unos 125 m, curvándose la trayectoria hacia la derecha, en el suelo en el sentido de la pendiente descendente del terreno.

Antes del impacto el avión rompió algunas puntas de unos arbustos de retamas que había en la zona. La inclinación de la trayectoria de descenso de la aeronave medida por la altura de las ramas tronchadas y la distancia a la primera huella del impacto era de unos 15° respecto al terreno y la pendiente del terreno era de unos 10°. La trayectoria del avión respecto de la horizontal era pues de unos 25° (ver foto 2).

El primer impacto es duro, sobre un terreno con ligera pendiente hacia la derecha, dejando una huella de dos metros de longitud por uno de ancho y veinte centímetros de profundidad. Se distinguió la señal perpendicular del ala en toda su envergadura, a pesar de la inclinación del terreno a la derecha, y distintas marcas de las tres ruedas semiescamoteadas del tren de aterrizaje (ver foto 3).

El orden en el que se fueron esparciendo los restos en la carrera de 200 m, fue el que sigue:

- Pata de morro en el centro a la derecha.
- Trozo de alerón derecho, a la derecha.
- Trozos de las palas de la hélice, a la izquierda, a unos 25 m.
- Conjunto principal de los restos con una estela final de marcas de fuego y restos quemados de unos cuatro metros. Reposan finalmente estos restos a 125 m del primer impacto con una orientación Sur.
- Eje de rueda principal, a la derecha por delante del avión
- Accesorios y buje de la hélice a la izquierda por delante del avión
- Motor y cilindro del motor por delante del avión. Paron finalmente unos cien metros por delante de los restos principales.

El cuerpo del pasajero quedó atrapado en el interior del avión parcialmente calcinado.

El cuerpo del piloto se arrastró junto con los restos del avión los últimos cincuenta metros y quedó finalmente fuera del avión, debajo del ala derecha (ver fotos 1 a 6 y croquis 1).

1.13. Información médica y patológica

Los dos ocupantes de la aeronave fallecieron como consecuencia de los politraumatismos sufridos en el impacto con el terreno.

Algunos testimonios indican que padecía diabetes. Los resultados del último reconocimiento médico practicado al piloto para la renovación de la licencia, de fecha 9-9-1999, fueron que el piloto tenía 118 mg/dl de glucosa (los valores de referencia o «normales» son 74-110).

Otras informaciones dicen que el piloto comió copiosamente esa tarde, unos 40 minutos antes del vuelo.

1.14. Incendio

De acuerdo con las declaraciones de los testigos, cuando impactó con el suelo se incendió, y al parar el avión, se produjo una explosión.

Los primeros auxilios que llegaron desde el aeródromo con extintores de fuego no pudieron dominar las llamas. Acudieron dos dotaciones de bomberos de la comunidad de Madrid quienes finalmente sofocaron el incendio.

1.15. Supervivencia

Por la violencia del impacto el accidente no ofrecía posibilidades de supervivencia.

1.16. Ensayos e investigaciones

1.16.1. Trayectoria de la aeronave

El testimonio de un piloto en vuelo y de varios testigos en el aeropuerto y en los alrededores del punto de impacto indican que la aeronave dio una pasada a baja altura por la cabecera de la pista 08 para iniciar inmediatamente un ascenso con ángulo elevado, de unos 45°, hasta alcanzar unos 300 m de altura, (1.000 ft) sobre el campo, momento en el que pasó a vuelo horizontal. Ejecutó un medio tonel, de forma que quedó en invertido, posición que mantuvo unos 25 ó 30 segundos, durante los cuales fue perdiendo altura, siguiendo una trayectoria alineada con el eje de la pista. Posteriormente, con altura de muy pocos metros, completó el tonel para volver a la posición normal de vuelo. Inmediatamente después impactó contra el terreno en un punto situado a unos 650 m al Este de la cabecera de la pista 26. La aeronave recorrió aún, unos 125 m por una suave pendiente del monte y se incendió antes de parar.

Un pastor que presenció el accidente declaró que llevaba tiempo dando pasadas y que no vio hacer ninguna maniobra extraña cuando observó como iba directo contra el terreno (ver foto 2 y croquis 2).

1.16.2. Estudio de los restos

1.16.2.1. Estudio de los atalajes

Los dos puestos de piloto y pasajero disponen de atalajes de cinco puntos de fijación similares que se componen de:

- Dos cinturones, izquierdo y derecho;
- Dos tirantes de hombros, y
- Una cincha central de entrepierna.

(Ver foto 7 y croquis 3).

Los cinco elementos disponen de hebillas extensoras para ajustar la longitud a las necesidades de cada ocupante y eslabones para su amarre a la estructura del avión. El cinturón izquierdo termina en un herraje macho en el que se introducen las anillas de los extremos de los otros cuatro atalajes. El cierre o broche de todos los atalajes se realiza mediante un pasador que entra por el ojo del herraje macho para mantener prisioneras a las anillas, y que está prendido al cinturón derecho por una trabilla.

Los amarres a la estructura de los tirantes de piloto estaban intactos, mientras que el amarre de la cincha central de entrepierna estaba rota, deduciéndose que el piloto solo iba amarrado de tres puntos: Los dos de cintura y el central de entrepierna.

El atalaje del puesto de pasajero mostraba los anclajes a la estructura de los tirantes rotos y el de cincha de entrepierna, deformado, indicando que estaba sujeto a sus cinco puntos.

La tensión de los amarres no se pudo determinar pues el fuego consumió parcialmente el material de los correajes.

1.16.2.2. Instrumentos y palancas

Los instrumentos indicadores de g's disponen de pínulas, testigos de las máximas aceleraciones, positiva y negativa, alcanzadas durante el vuelo. Los valores que exhibían eran de +4 g y -4 g.

El indicador de potencia del motor estaba en 60-65% y las palancas de gases deformadas por el impacto pero en posición aparentemente de medio gas sin apreciarse ninguna anomalía.

1.16.2.3. Hélice y motor

Las dos palas de la hélice de madera, rotas en sus encastres con el buje, indican potencia del motor en el impacto. Las huellas y marcas en los últimos piñones de la corona de

la reductora confirman giro y con energía en el último instante. Los restos de las palas se recogieron a veinticinco metros a la izquierda y por delante del primer impacto.

Los restos del motor radial presentaban sus dos cilindros inferiores desprendidos. El impacto inicial se hizo con actitud de morro bajo (ver fotos 5 y 6).

1.16.2.4. Mandos de vuelo

El alerón derecho desprendido y roto a la derecha del rastro tras el impacto.

Los otros mandos solo presentaban daños del impacto y giraban libremente.

1.17. Información orgánica y de la dirección

No es pertinente.

1.18. Información adicional

1.18.1. *Referencias a información sobre medicina aeronáutica y efecto de G*

Se reproducen a continuación fragmentos de diversos documentos referidos al vuelo acrobático y a las alteraciones fisiológicas que originan en el cuerpo humano y que pueden tener relación con los hechos que ocurrieron.

Referencias:

- FAA AC No: 91-48
- FAA AC No: 91-61
- FAA AIM Chapter 8 Medical Facts for Pilots
- NTSB Safety Recommendation A-99-1 and 2
- BASI Research Report 872-1017
- Medical Physiology, Guyton & Hall Ed. Saunders

«El efecto principal de las aceleraciones en el eje vertical se ejerce sobre el sistema cardiocirculatorio. El efecto de la aceleración +Gz, que se experimenta al tirar de la palanca en la salida de un picado, desplaza la sangre hacia las extremidades inferiores del cuerpo; así, la cantidad de sangre que entra y sale del corazón se reduce disminuyendo también el suministro de sangre a los ojos y al cerebro, que necesitan un suministro continuo de sangre para su correcto funcionamiento. La disminución del flujo sanguíneo y consecuentemente, de suministro de oxígeno a la cabeza puede ocasionar perturbaciones de la visión, y pérdida de conciencia.»

«La pérdida de conciencia, estudiada experimentalmente en centrífugas humanas, dura un promedio de 15 segundos, seguida de un intervalo adicional de 5 a 15 segundos de incapacitación parcial. Así pues, si se produce una pérdida de conciencia habrá un periodo de 20 a 30 segundos, o mayor, durante el cual el piloto no controla su aeronave.»

«Los vasos sanguíneos a nivel cerebral toleran bien una aceleración negativa de valor mediano, $-G_z$, pero el incremento de presión sanguínea en el pecho y cuello ocasionan una reducción del ritmo cardiaco. En algunos individuos se acentúa tanto la reducción del ritmo cardiaco que el intervalo entre pulsaciones puede llegar a ser de varios segundos. La disminución de la frecuencia cardiaca y las alteraciones del ritmo se suman a una situación de remansamiento de la sangre en el cerebro que puede producir pérdida de conciencia.»

«Aunque debido a los numerosos factores involucrados es difícil predecir qué aceleración puede soportar un individuo, la tolerancia individual se relaciona con la duración, intensidad, dirección y velocidad de comienzo de la aceleración. Otros factores tales como la altura, edad, elasticidad de los vasos sanguíneos, fatiga, entrenamiento, estado físico y de salud, son fundamentales a la hora de determinar la tolerancia de una persona.»

«El umbral de tolerancia a $G_z +$ (aceleraciones positivas en el eje longitudinal) depende del individuo y está sujeto a variaciones entre la población y dentro de un mismo individuo. Los promedios de población van de 4 a 6 g... en exposiciones superiores a cuatro segundos.»

«Estudios recientes han revelado que la pérdida de conciencia instantánea es una posibilidad en individuos médicamente normales a niveles de aceleración tan bajos como 2 a 3 G_z+ .»

«La presión sanguínea, sistólica y diastólica, cae desde unos valores normales —de 120/80 mmHg—, a valores por debajo de 22/22 mmHg en unos pocos segundos cuando se aplica una aceleración positiva de manera repentina y mantenida en el eje vertical de $+3,3 g$ a una persona sentada. Después se recupera a valores de 55/20 mmHg en un periodo de unos 10 a 15 segundos. Esta recuperación secundaria está causada principalmente por una activación refleja de los receptores de presión (baroreceptores).»

«Un aspecto importante de la tolerancia a la aceleración en el eje vertical es el cambio rápido en su dirección de $+G$ a $-G$, o viceversa. Como en las maniobras acrobáticas se producen tales cambios, la disminución de la tolerancia individual puede ser altamente significativa. Se sabe, por ejemplo que cuando uno está sometido a $-G_z$, los baroreceptores sanguíneos de la cabeza y tórax responden a la mayor presión y causan un reflejo de disminución del ritmo cardiaco. Un cambio rápido a $+G_z$ (por ejemplo, cuando el piloto ejecuta un medio tonel) hace caer repentinamente la presión en esos receptores incrementando rápidamente la frecuencia cardiaca para mantener la presión; pero

como el sistema reflejo requiere cierto tiempo para percibir el cambio, el corazón puede retrasarse en su respuesta y así el cerebro se puede encontrar con un riego sanguíneo insuficiente.»

«Cuida lo que comes. El ejercicio adecuado y la dieta ayudan a mantener el nivel de azúcar en niveles adecuados. Un nivel bajo puede disminuir la resistencia a la aceleración. Una comida copiosa puede retraer una cantidad de sangre en el tracto digestivo, y disminuir la tolerancia a las G, reduciendo la cantidad de sangre disponible para la circulación general.»

1.18.2. *Normativa en vigor sobre la operación de aeronaves con matrícula extranjera*

Se reproduce en ANEXO C el AIC nacional de 17 de agosto de 1999, en la que se detalla la operación de aeronaves con matrícula extranjera en el espacio aéreo español.

1.19. Técnicas de investigación útiles o eficaces

No se han empleado.

2. ANÁLISIS

2.1. Desarrollo del vuelo

Por los datos meteorológicos recogidos en el punto 1.7 cabe esperar que en el aeródromo de Casarrubios del Monte el tiempo a la hora del accidente fuese bueno con vientos flojos, predominando los del este, cielos poco nubosos o despejados y visibilidad buena. Las condiciones eran adecuadas para el vuelo VFR.

El avión realmente no contaba con autorización expresa para el vuelo acrobático en el espacio aéreo español por tener un Certificado de Aeronavegabilidad y una matrícula extranjera que solo le permitía hacer un tránsito inocuo. Este tipo de aeronave opera y es aceptado en países de la Unión Europea, en los Estados Unidos de América y en Nueva Zelanda. Con su potente motor radial de 360 HP, poco peso y robusta estructura capaz de soportar +7g y -5g, se le considera un excelente avión acrobático.

En cuanto al estado de mantenimiento de la aeronave en cuestión, no se detectó ningún problema previo de material en los vuelos anteriores ni en el examen de los restos después del accidente. Los mandos de vuelo actuaban bien y el motor tenía potencia. El lanzamiento a veinticinco metros hacia la izquierda de los fragmentos de las palas de la hélice confirma que esta tenía una cantidad de movimiento adicional a la de su traslación con el avión.

Hay evidencias de que el avión estuvo practicando la acrobacia durante algún tiempo en ese vuelo y de que se alcanzaron valores elevados de aceleración, en ese o en vuelos anteriores, de +4g y -4 g, si se puede confiar en las pínulas testigo de los instrumentos recuperados. La inclinación de la trayectoria, de unos 25°, se mantuvo en invertido desde la vertical de la pista a unos 300 m de altura, hasta el punto de impacto, más de 1.000 m hacia el Este. Solamente al final se recuperó la actitud normal de vuelo. La separación del alerón derecho en el impacto puede indicar que estaba todavía deflectado hacia abajo, posiblemente para corregir conscientemente la ligera inclinación a la derecha que tenía el avión antes del impacto, pues lo hizo con todo el plano a la vez en un terreno inclinado a la derecha. El motor iba a poco más de media potencia y la hélice, que gira a la izquierda, se rompió al contactar con el suelo lanzando sus fragmentos todavía más a la izquierda. Las huellas del morro, el motor sin los dos cilindros inferiores, y las tres huellas distintas del tren de aterrizaje indican un impacto violento con ángulo de asiento ligeramente picado.

La velocidad sería de unos 200 km/h pues tardó unos 30 segundos en recorrer los 1.650 m existentes entre la cabecera de la pista 08, donde ascendió después de la pasada, hasta el punto de impacto. Por la aceleración del impacto se rompieron los atalajes, y el cuerpo del piloto que solo usaba sujeción a tres puntos, arrastró fuera del avión. El ajuste de los atalajes, si bien pudo ser suficiente durante las aceleraciones del vuelo no era el adecuado para soportar las del impacto. Aunque el pasajero iba correctamente

atado a su asiento, no sobreviviría al impacto por su gran violencia. El incendio y explosión posterior calcinaron los restos.

Existe la creencia en ambientes aeronáuticos de la aviación general, de que los riesgos del vuelo acrobático provienen principalmente de poder llegar a exceder el límite de resistencia estructural de la aeronave; sin embargo, en esta forma de vuelo, el binomio «Avión + Piloto» puede ser más débil por la parte del piloto que por la de la aeronave. El cuerpo humano no resiste muchas veces las aceleraciones que el avión es capaz de soportar.

En el caso presente, la información recogida de los hechos hace pensar en alguna suerte de incapacitación del piloto durante la fase final del vuelo. No se puede admitir como normal mantener una actitud en invertido durante 20 ó 30 segundos, ni tampoco la falta de reacción y actuación sobre los mandos al acercarse al suelo.

La incapacitación pudo ser simplemente posicional. Durante el prolongado vuelo en invertido el cuerpo del piloto cuelga de los atalajes. La sujeción de tres puntos es suficiente si están bien ajustados y sin holgura los atalajes. Si los cinturones no están tensados el piloto puede verse desplazado respecto de los mandos y sin posibilidad de actuar sobre ellos, produciendo un vuelo incontrolado hasta el suelo.

Se estima mucho más probable que la incapacidad para seguir volando sobreviniera súbitamente por causas fisiológicas. Por las informaciones recordadas en el punto 1.17, que muchas veces no son conocidas por los pilotos comprometidos en los vuelos de acrobacia, se sabe que la falta de riego sanguíneo en el cerebro y su falta de oxigenación conducen a la pérdida de visión y a la pérdida de conciencia. El flujo sanguíneo general disminuye por el estado general de salud del sistema cardiovascular, por aterosclerosis, por falta de elasticidad de las arterias, o bien por desviación del flujo sanguíneo al tracto digestivo durante la digestión. Por razón simplemente hidrostática la aceleración vertical positiva desplaza la sangre hacia las extremidades inferiores y el corazón no recibe sangre que pueda bombear hacia la cabeza. En condiciones normales el límite de aceleración vertical positiva que puede tolerar el cuerpo humano durante más de cuatro segundos se suele establecer en 4 ó 5 g, a partir de los cuales comienzan los trastornos de visión gris y pérdida total de visión, que suelen preceder a la pérdida de conciencia. Las diferencias entre individuos, el entrenamiento, el tabaquismo, la edad, condición física, medicamentos, etc. pueden determinar límites personales de resistencia a la aceleración distintos y más bajos de tan solo +2 ó +3 g. Los datos disponibles del último reconocimiento médico en lo que se refiere a índice de glucosa en sangre no son concluyentes en cuanto a la influencia en el accidente del nivel de azúcar en la sangre del piloto.

La pérdida de conciencia inducida por la aceleración, según ensayos realizados en cámaras de centrifugación, dura una media de 15 segundos, seguida de un intervalo adicional de 5 a 15 segundos de desorientación.

En el caso de este accidente, la pasada y rápido ascenso que describen los testigos presenciales, implican una aceleración vertical positiva fuerte, seguida de una aceleración vertical negativa, en una maniobra ejecutada por un piloto de edad avanzada, fumador y en el curso de una digestión mas o menos pesada. La amplia experiencia del piloto no podía prevenir o suplir la incapacidad por síndrome de pérdida de conciencia. Tras la probable incapacitación del piloto, el avión planearía, él solo, en invertido, durante el lapso de conciencia y cuando, todavía desorientado, la iba recobrando, el piloto únicamente lograría enderezar su actitud a la normal de vuelo sin poder impedir el impacto.

3. CONCLUSIONES

3.1. Compendio

- La aeronave tenía un Certificado de Aeronavegabilidad en vigor expedido por el estado de registro de su matrícula que no le permitía el vuelo acrobático en el espacio aéreo español.
- La meteorología era adecuada para el vuelo visual.
- Había sido realizada una inspección de mantenimiento 4 horas antes de producirse el accidente. En ella no se había detectado ningún problema.
- El avión estaba realizando vuelos acrobáticos que sometieron a la aeronave, al pasajero y al piloto a elevados niveles de aceleración vertical.
- La aeronave describió una trayectoria descendente en invertido, durante un tiempo anormalmente largo de 20-30 segundos, que concluyó con el impacto con el terreno, a alta velocidad, instantes después de que el avión recuperara la actitud normal de vuelo.

3.2. Causas

Se considera como causa probable del accidente una súbita incapacitación del piloto a los mandos de la aeronave al sufrir una pérdida de conciencia inducida por efecto de un alto nivel de aceleración vertical de las maniobras a las que se sometió.

El límite de tolerancia a la aceleración vertical del piloto podía estar mermado por sus particulares condiciones físicas, y de edad, además de la situación transitoria de digestión de la ingesta reciente de alimento.

4. RECOMENDACIONES SOBRE SEGURIDAD

Ninguna.

ANEXOS

ANEXO A

Fotografías



Foto 1. *Aeronave del tipo de la accidentada*



Foto 2. *Cabecera de la pista, al otro lado de la vaguada, vista desde el punto de impacto. Alambrada y retamas próximas sobrevoladas*



Foto 3. *Primer impacto*



Foto 4. *Conjunto principal de los restos*



Foto 5. Restos del motor



Foto 6. Eje de la hélice



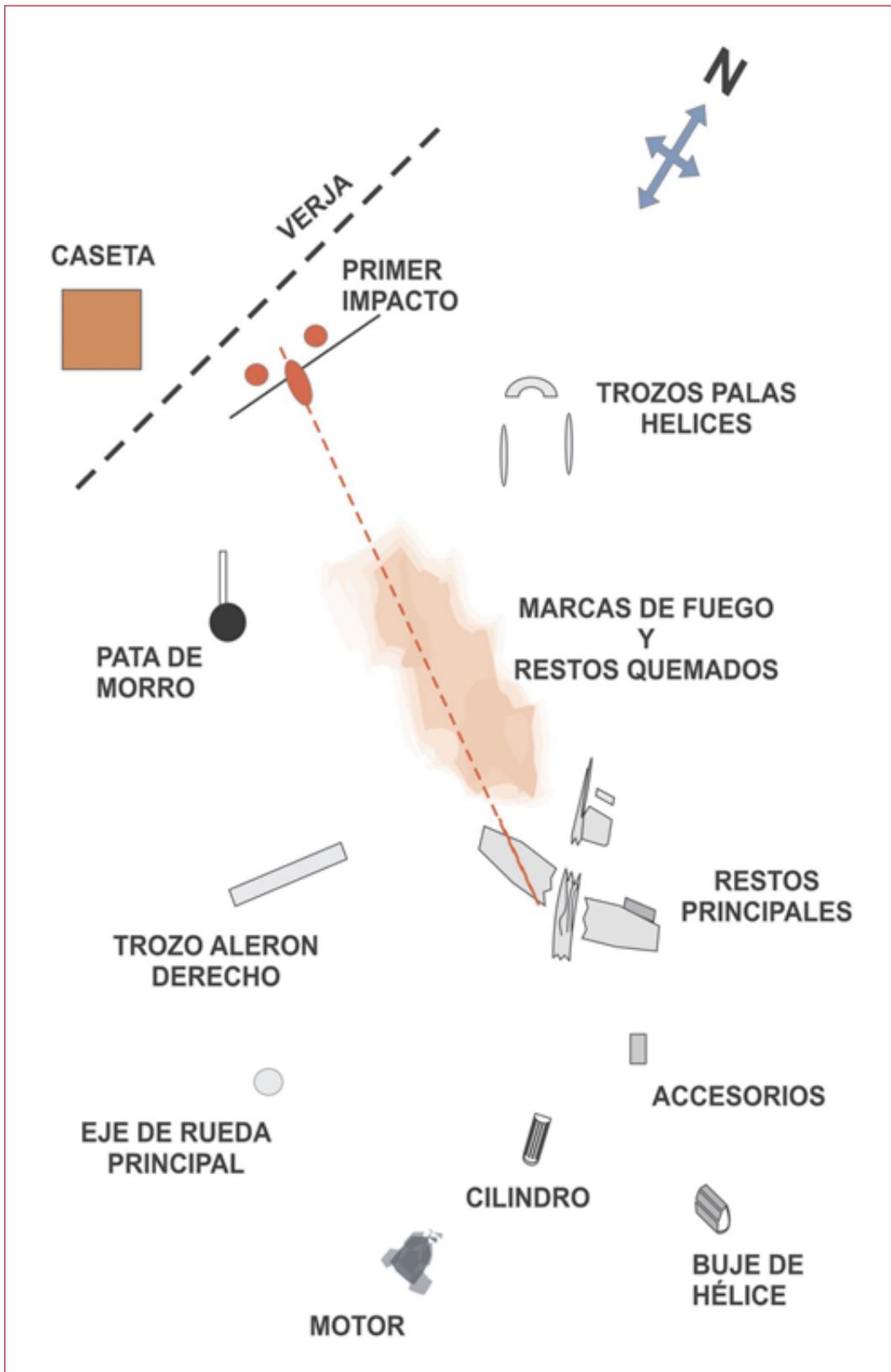
Foto 7. *Atalajes del tipo de los instalados en el avión accidentado*



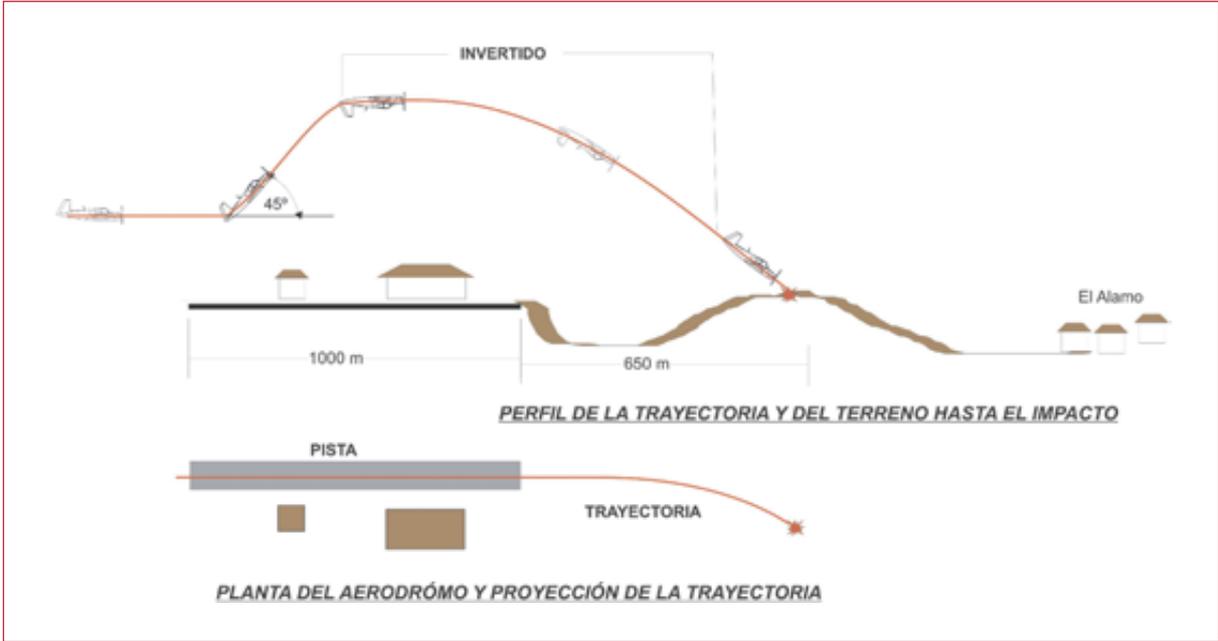
Foto 8. *Indicador de G del tipo que portaba el avión accidentado*

ANEXO B

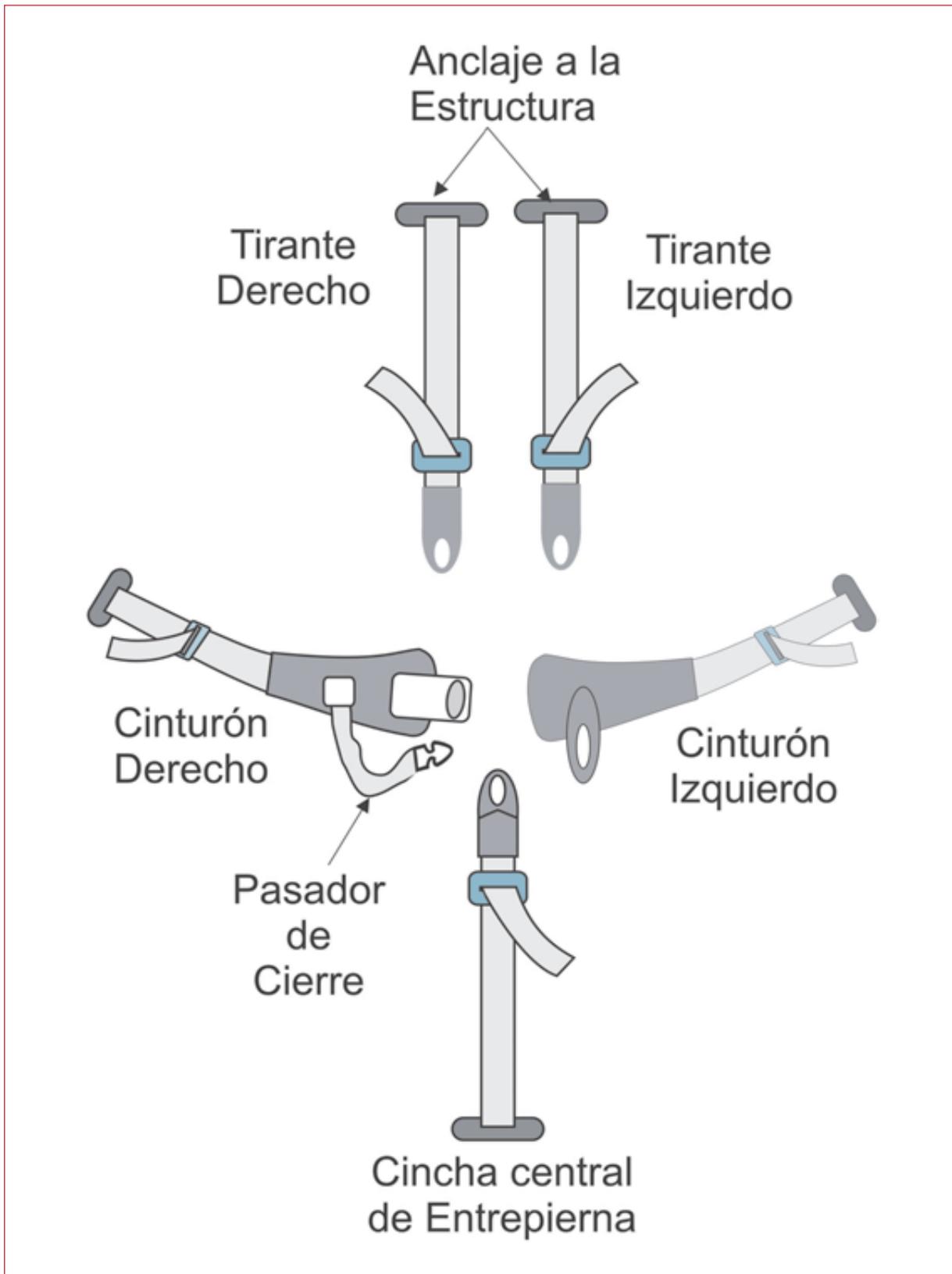
Planos y croquis



Croquis 1. Situación final de los restos

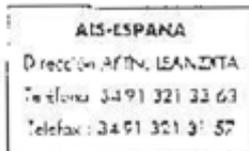


Croquis 2

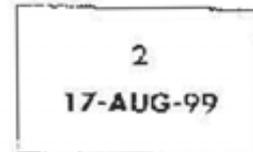


Croquis 3. *Atalajes*

ANEXO C
AIC NACIONAL,
de 17 de agosto de 1999



Decreto Legal: M-23551 - 1994

ESPAÑA
AEROPUERTOS ESPAÑOLES Y NAVEGACIÓN AÉREA
 DIVISIÓN DE INFORMACIÓN AERONÁUTICA
 Juan Ignacio Luca de Tena, 14 - 28027 MADRID
AIC NACIONAL

OPERACIÓN DE AERONAVES CON MATRÍCULA EXTRANJERA EN EL ESPACIO AÉREO ESPAÑOL

De acuerdo con el artículo 1 "Soberanía" del Convenio sobre Aviación Civil Internacional, de 7 de diciembre de 1944, todo Estado tiene soberanía plena y exclusiva en el espacio aéreo situado sobre su territorio. Así mismo la Ley 48/1960 sobre Navegación Aérea, reserva a "las aeronaves nacionales la utilización del espacio aéreo español" las aeronaves extranjeras podrán hacer tránsito inocuo en el espacio aéreo español, en virtud de Convenios con otros Estados, Tratados o mediante permisos especiales.

Por otro lado, los operadores españoles de aeronaves están obligados a inscribirlos en el Registro de Matrícula de Aeronaves, según establece el Artículo 20 de dicha Ley 48/1960. En definitiva, la situación quedaría resumida de la siguiente forma:

1. Las aeronaves extranjeras solo pueden hacer un "tránsito inocuo" sobre el territorio nacional, no estando permitidas por tanto, salvo autorización especial, ninguna operación distinta a aquella. No se considera "tránsito inocuo" las operaciones de lanzamiento de paracaidistas, acrobacia, etc., realizadas con aeronaves extranjeras en espacio aéreo español.

Hacen excepción a dicha norma las aeronaves registradas en un Estado de la Unión Europea, en virtud de las obligaciones derivadas del Tratado de la Unión Europea, reservándose, en cualquier caso, a la Dirección General de Aviación Civil el derecho a efectuar eventuales inspecciones de las mismas, sin perjuicio de las obligaciones que corresponden al Estado de matrícula.

2. Los operadores españoles vienen obligados a registrar sus aeronaves en el Registro de Matrícula de Aeronaves de la Dirección General de Aviación Civil, siendo necesario para ella la previa expedición del Certificado de Aeronavegabilidad que exige la Ley 48/1960 en su artículo 36.

CONCLUSIÓN

La importación de aeronaves requiere por tanto, para su operación en el espacio aéreo español, estar inscrita en el Registro de Matrícula de Aeronaves. Para evitar situaciones confusas y aportar las mayores garantías, la Dirección General de Aviación Civil viene informando a todo aquel que lo solicita, sobre la viabilidad de la expedición o convalidación del Certificado de Aeronavegabilidad, como paso previo a la inscripción registral, en:

DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL
 Servicio de Aviación General y Deportivo
 Pº de la Castellana, 67
 28071 MADRID
 TEL: 34-915 97 87 01
 FAX: 34-915 97 86 65